Université de Sherbrooke

FACULTÉ DES SCIENCES

Maîtrise en physique

Les sections *Présentation*, *Structure du programme* et *Admission et exigences* (à l'exception de la rubrique intitulée « Document(s) requis pour l'admission ») constituent la version officielle de ce programme. La dernière mise à jour a été faite le 29 septembre 2026. L'Université se réserve le droit de modifier ses programmes sans préavis.

PRÉSENTATION

Sommaire*

*IMPORTANT : Certains de ces renseignements peuvent varier selon les cheminements ou concentrations. Consultez les sections *Structure du programme* et *Admission et exigences* pour connaitre les spécificités d'admission par cheminements, trimestres d'admission, régimes ou lieux offerts.

CYCLE
2e cycle

CRÉDITS
45 crédits

GRADE
Maître ès sciences

TRIMESTRES D'ADMISSION
Automne, Hiver, Été

RÉGIMES DES ÉTUDES
Régulier, En partenariat

RÉGIMES D'INSCRIPTION
Temps complet, Temps partiel

LIEU
Campus principal de Sherbrooke

À NOTER

NOUVEAU CHEMINEMENT : sciences et technologies quantique

PARTICULARITÉS*

Candidatures internationales en échange

Ouvert aux personnes étudiantes internationales en régime régulier

Stages ou cours à l'étranger

* Peuvent varier pour certains cheminements ou concentrations.

Renseignements

- 819 821-7055
- 819 821-8046 (télécopieur)
- maitrise@physique.USherbrooke.ca

INFORMATION(S) GÉNÉRALE(S)

La maîtrise en physique permet deux cheminements :

- un cheminement de type recherche;
- un cheminement en sciences et technologies quantiques.

Objectif(s) spécifique(s)

Cheminement de type recherche :

Permettre à l'étudiante ou à l'étudiant :

- d'approfondir ses connaissances générales en physique;
- d'amorcer une spécialisation dans un secteur de la physique;
- de s'initier à la recherche.

Cheminement en sciences et technologies quantiques :

Permettre à l'étudiante ou à l'étudiant :

- d'approfondir ses connaissances de base en physique des matériaux et circuits quantiques et en physique de l'information quantique;
- de s'initier aux outils et méthodes, expérimentales ou théoriques, utilisés en sciences et technologies quantiques;
- d'acquérir de bonnes pratiques en gestion de projets et des notions de base en modèle d'affaires et entrepreneuriat, à travers des activités pédagogiques proposant des exemples spécifiques au secteur des sciences et technologies quantiques;
- de s'initier à la recherche dans un domaine au choix du secteur des sciences et technologies quantiques.

DOMAINE(S) DE RECHERCHE

Physique théorique et expérimentale de la matière condensée et de l'informatique quantique. Propriétés électroniques des matériaux avancés : supraconducteurs, systèmes magnétiques, microstructures et nanostructures, composants électroniques et photoniques. Informatique quantique : algorithmes pour ordinateurs quantiques, correction d'erreur quantique, calcul quantique tolérant aux fautes, qubits supraconducteurs et de spin, boîtes quantiques, senseurs quantiques, circuits électriques quantiques, optique quantique.

STRUCTURE DU PROGRAMME

Cheminement en sciences et technologies quantiques

Activités pédagogiques obligatoires - 24 crédits

Code de l'activité pédagogique	Titre de l'activité pédagogique et nombre de crédits
ACT800	Modèles d'affaires de projets entrepreneuriaux de technologies quantiques - 3 crédits
GEI911	Bases en conception et en gestion de projet technologique - 3 crédits
PHY725	Projet de spécialité en physique - 9 crédits
PHY726	Séminaire et rapport de recherche en physique - 3 crédits
PHY733	Information et calcul quantiques - 3 crédits
PHY739	Principes physiques des ordinateurs quantiques - 3 crédits

Activités pédagogiques à option - 21 crédits

Choisies parmi les suivantes, avec l'accord de la direction du programme :

Code de l'activité pédagogique	Titre de l'activité pédagogique et nombre de crédits
GEI777	Mécanique quantique pour ingénieurs - 4 crédits
GEI877	Circuits supraconducteurs quantiques - 3 crédits
IFQ701	Algorithmes quantiques - 3 crédits
PHY708	Architecture des ordinateurs quantiques - 3 crédits
PHY710	Techniques de caractérisation des matériaux II - 3 crédits
PHY724	Physique mésoscopique - 3 crédits
PHY730	Physique de la matière condensée avancée - 3 crédits

Code de l'activité pédagogique	Titre de l'activité pédagogique et nombre de crédits
PHY734	Compléments de mécanique quantique - 3 crédits
PHY735	Nanoélectronique et qubits de spin - 3 crédits
PHY740	Symétries brisées et états cohérents de la matière - 3 crédits
PHY745	Modélisation de la matière et calcul quantique - 3 crédits
PHY756	Physique de l'électronique classique et quantique - 3 crédits
PHY760	Méthodes expérimentales en physique du solide - 3 crédits
PHY777	Photonique et optique quantique - 3 crédits
PHY807	Matière condensée topologique - 3 crédits
PHY892	Problème à « N » corps - 3 crédits

Avec l'approbation du comité des études supérieures du Département de physique, l'étudiante ou l'étudiant peut choisir des activités pédagogiques à option parmi celles offertes par l'Université, dont au plus trois crédits d'activités de 1er cycle.

Cheminement de type recherche

Activités pédagogiques obligatoires - 36 crédits

Code de l'activité pédagogique	Titre de l'activité pédagogique et nombre de crédits
PHY702	Rencontre avec le comité de suivi I - 1 crédit
PHY703	Rencontre avec le comité de suivi II - 1 crédit
PHY704	Rencontre avec le comité de suivi III - 1 crédit
PHY711	Séminaire - 2 crédits
PHY713	Activités de recherche I - 10 crédits
PHY714	Activités de recherche II - 10 crédits
PHY790	Mémoire - 11 crédits

Activités pédagogiques à option - 9 crédits

Choisies parmi les suivantes :

Code de l'activité pédagogique	Titre de l'activité pédagogique et nombre de crédits
GEI877	Circuits supraconducteurs quantiques - 3 crédits
GMC760	Nanocaractérisation des semiconducteurs - 1 crédit
GMC761	Genèse et caractérisation des couches minces - 2 crédits
PHY708	Architecture des ordinateurs quantiques - 3 crédits
PHY724	Physique mésoscopique - 3 crédits
PHY730	Physique de la matière condensée avancée - 3 crédits
PHY732	Information quantique théorique - 3 crédits
PHY733	Information et calcul quantiques - 3 crédits
PHY735	Nanoélectronique et qubits de spin - 3 crédits
PHY739	Principes physiques des ordinateurs quantiques - 3 crédits
PHY740	Symétries brisées et états cohérents de la matière - 3 crédits
PHY745	Modélisation de la matière et calcul quantique - 3 crédits
PHY756	Physique de l'électronique classique et quantique - 3 crédits
PHY760	Méthodes expérimentales en physique du solide - 3 crédits
PHY777	Photonique et optique quantique - 3 crédits
PHY807	Matière condensée topologique - 3 crédits
PHY874	Supraconductivité - 3 crédits
PHY889	Sujets de pointe - 3 crédits
PHY892	Problème à « N » corps - 3 crédits

ADMISSION ET EXIGENCES

LIEU(X) DE FORMATION ET TRIMESTRE(S) D'ADMISSION

Pour le cheminement de type recherche :

- Sherbrooke : admission aux trimestres d'automne, d'hiver et d'été

Pour le cheminement en sciences et technologies quantiques :

- Sherbrooke : admission aux trimestres d'automne et d'hiver

Condition(s) générale(s)

Détenir un grade de 1er cycle en physique ou l'équivalent.

Condition(s) particulière(s)

Avoir obtenu une moyenne cumulative d'au moins 2,7 dans un système où la note maximale est de 4,3 ou avoir obtenu des résultats scolaires jugés équivalents.

La Faculté peut néanmoins admettre une candidate ou un candidat ne satisfaisant pas à cette condition particulière d'admission. Dans un tel cas, la Faculté peut, conformément au *Règlement des études*, imposer à l'étudiante ou à l'étudiant des activités pédagogiques d'appoint.

Pour le cheminement de type recherche :

- la candidate ou le candidat doit s'assurer qu'une professeure ou un professeur habilité accepte de superviser la recherche;
- les personnes détenant un grade de baccalauréat en sciences de l'information quantique peuvent être admises à ce cheminement si elles ont obtenu 30 crédits d'activités pédagogiques de sigle PHQ, dont PHQ224 *Électricité et magnétisme*.

Document(s) requis pour l'admission

- Relevés de notes universitaires (peuvent être numérisés afin d'accélérer le processus, toutefois les originaux doivent être acheminés au Bureau de la registraire);
- Trois lettres de recommandation selon le formulaire Rapport confidentiel. Les répondantes et répondants doivent faire parvenir leur rapport par courriel à l'adresse indiquée sur le formulaire. **Pour être jugés « valides », les rapports doivent être transmis d'une adresse courriel professionnelle. Aucune lettre en provenance d'adresses Gmail, Hotmail ou d'autres adresses personnelles ne sera reconnue.**
- Une lettre d'intention/motivation;
- Un curriculum vitæ selon ce modèle : http://www.usherbrooke.ca/sciences/fileadmin/sites/biologie/documents/Programmes_d_etudes/Admission/Modele_de_curriculum_vitae_MEI.pdf;
- Ces documents et les formulaires remplis doivent être envoyés à l'adresse suivante : vdr-sciences@usherbrooke.ca.

RÉGIME(S) DES ÉTUDES ET D'INSCRIPTION

Régime régulier à temps complet

Régime en partenariat à temps complet

POURQUOI CE PROGRAMME

Les grandes lignes

Le programme de maîtrise a été conçu pour vous initier à la recherche en approfondissant vos connaissances générales en physique. Il permet aussi d'amorcer une spécialisation dans le secteur de la matière condensée, en particulier les propriétés des électrons dans les matériaux à potentiel technologique : supraconducteurs, nanostructures à semiconducteurs, informatique quantique, etc.

La maîtrise est offerte à temps complet, en régime régulier ou en partenariat, et est ouverte à l'admission aux trimestres d'automne, d'hiver et d'été.

Les avantages UdeS

Secteur d'excellence

Les sciences quantiques représentent l'un des secteurs d'excellence de l'UdeS. Il y a près de 40 ans, nous nous sommes lancés dans une aventure scientifique avant-gardiste et nous nous sommes adjoint, au fil des années, des chefs de file mondiaux de la recherche et de la formation en sciences et en technologies quantiques. L'une de nos forces : la formation pluridisciplinaire et l'encadrement du parcours étudiant pour former une relève réellement outillée et prête à faire carrière dans le domaine.

La possibilité de choisir parmi des cheminements

Deux cheminements sont offerts à la maîtrise en physique :

1. Cheminement en sciences et technologies quantiques
2. Cheminement général de type recherche

Le cheminement en sciences et technologies quantiques vise à préparer une relève forte, apte à contribuer au transfert des connaissances en technologies quantiques vers le milieu industriel. Pour parvenir à cette préparation, notre approche propose aux personnes étudiantes de d'abord consolider les bases théoriques et expérimentales acquises durant leur formation initiale en physique, puis grâce à des activités expérientielles, d'apprendre à maîtriser concrètement des techniques avancées de conception, fabrication et caractérisation des matériaux et dispositifs quantiques. Au terme de la formation, les personnes diplômées connaîtront les différentes plateformes intégrant des technologies quantiques et faisant appel au traitement des signaux de contrôle et à la lecture de l'information. Elles seront familières avec les modèles théoriques principaux décrivant les interactions au sein des nouveaux matériaux et circuits quantiques et seront aptes à développer des habiletés à la programmation scientifique via l'utilisation de divers algorithmes classiques et quantiques.

Le cheminement a été conçu pour répondre réellement aux besoins du marché. Une bonification de l'offre des activités pédagogiques est ainsi prévue pour tenir compte à la fois des progrès récents, mais aussi de l'évolution constante des connaissances dans ce domaine.

Les forces du programme

- Plusieurs domaines de recherche offerts
- Professeurs-chercheurs en physique quantique de renommée internationale
- Laboratoires mondialement reconnus consacrés à l'étude des matériaux quantiques
- Département de physique à dimension humaine

LA RECHERCHE

Environnement de recherche

La Faculté des sciences de l'Université de Sherbrooke possède des infrastructures et équipements de première catégorie, dont la grappe d'ordinateurs Mammouth, capable d'effectuer 6888 milliards de multiplications par seconde grâce à ses 2024 processeurs. Il s'agit de l'une des capacités de calcul parmi les plus puissantes au Canada.

Le Département de physique abrite des laboratoires mondialement reconnus consacrés à l'étude des matériaux quantiques. Des physiciens expérimentateurs y soumettent des matériaux à des conditions extrêmes de température, de champ magnétique, de pression, afin de révéler le comportement collectif des électrons qui déterminent leurs propriétés et leurs applications. Des physiciens théoriciens utilisent des superordinateurs afin de prédire ou d'expliquer ces propriétés à partir de modèles simples de ces matériaux.

- Infrastructures de recherche
- Laboratoires des chercheurs au Département de physique
- Publications scientifiques produites par le Département de physique

Vous visez l'excellence?

Poursuivez vos études supérieures à l'UdeS et bénéficiez d'un environnement de recherche incomparable, notamment grâce à l'Institut quantique (IQ), un institut de recherche qui se concentre principalement sur la science et les technologies quantiques. Nous réunissons des scientifiques spécialistes en matériaux quantiques, en information quantique et en ingénierie quantique dans le but d'effectuer des travaux en recherche fondamentale de grande qualité et de développer les technologies quantiques du futur. Notre institut possède une infrastructure de recherche expérimentale et de calcul numérique à la fine pointe de la technologie, gérée par des équipes technique et professionnelle qualifiées. Nous offrons un environnement de recherche dynamique qui inclus des écoles d'été attirant une population étudiante des quatre coins du monde ainsi que des séminaires hebdomadaires et des ateliers annuels sur les matériaux quantiques, l'information quantique, la physique mésoscopique ou les méthodes numériques. La recherche à l'Institut quantique se fait dans un esprit de collaboration renforcé par de nombreux liens bien établis avec des scientifiques provenant d'autres pays.

Explorez les projets de recherche pour lesquels nous recrutons

Consultez régulièrement notre Répertoire des projets de recherche dans lequel les professeures et professeurs affichent leurs projets pour lesquels ils souhaitent recruter de nouvelles personnes candidates à la maîtrise ou au doctorat. Une façon simple de trouver sa place au sein d'un des groupes de recherche de l'UdeS!

Financement et bourses

Des bourses pour faciliter vos études aux cycles supérieurs :

- Bourses pour la maîtrise en physique
- Répertoire des bourses de l'UdeS
- Pour doctorats en sciences, génie et médecine seulement : Bourses d'exemption pour candidatures internationales
- Autres possibilités de financement

Expertise du corps professoral

Vous cherchez un professeur en particulier? Une personne qui s'intéresse à un sujet qui vous passionne particulièrement? Consultez le Répertoire des professeurs de l'UdeS. Entrez un ou des mots-clés et trouvez la personne qui pourra encadrer votre projet de recherche!

Regroupements de recherche

- Chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de signaux quantiques
- Chaire de recherche du Canada en matériaux quantiques
- Chaire de recherche en théorie des matériaux quantiques
- Équipe de recherche en physique de l'information quantique (ÉPIQ)

Mémoires et thèses d'étudiantes et d'étudiants

Parfois, un tour d'horizon des thèses et mémoires qui ont été déposés par les étudiantes et étudiants peut devenir une source d'inspiration pour votre projet d'études supérieures. Consultez Savoir UdeS et découvrez toute la recherche signée UdeS!

INDEX DES ACTIVITÉS PÉDAGOGIQUES

ACT800 - Modèles d'affaires de projets entrepreneuriaux de technologies quantiques

Sommaire

CYCLE

3e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

École de gestion

Cible(s) de formation

Développer l'esprit, l'attitude et le langage entrepreneurial en menant une idée de projet de technologie quantique vers un modèle d'affaires. Ce faisant : s'approprier une technologie quantique à faire migrer vers un modèle d'affaires; introduire les premières hypothèses et actions de validation de composantes du modèle d'affaires; s'initier à la logique de structure de découpage de projet (SDP) et la mettre en pratique; démontrer l'interrelation et la fluidité entre toutes les composantes; établir les éléments et la manière de communiquer son modèle d'affaires.

Contenu

Définition de la raison d'être, des objectifs et du caractère unique du projet; appropriation d'un outil d'exploration et de validation d'hypothèses à la base d'un projet d'affaires; outils de communication et techniques d'entrevues de validation des composantes du modèle d'affaires; planification de la gestion du modèle d'affaires; apprentissages par l'interaction avec les pairs et coaching avec accompagnement personnalisé selon les besoins.

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

GEI777 - Mécanique quantique pour ingénieurs

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

4 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté de génie

Cible(s) de formation

Modéliser un système quantique en utilisant les postulats et règles de quantification de la mécanique quantique; effectuer des calculs relatifs à un système quantique et prédire les résultats possibles de mesures sur ce système en utilisant la notation mathématique et les postulats de la mécanique quantique; concevoir et valider par simulation un système quantique simple pour des applications technologiques; reconnaitre les limitations des systèmes quantiques pour leur intégration dans des systèmes plus grands incorporant aussi des composantes classiques et pour leur utilisation dans des applications technologiques.

Contenu

Notions de physique classique sous-jacentes à la physique quantique (mécanique lagrangienne et hamiltonienne, ondes, électromagnétisme), phénomènes et idées de base qui ont mené à la physique quantique (rayonnement d'un corps noir, effet photoélectrique, raies d'émission d'un atome, dualité onde-corpuscule, quantification spatiale), équation de Schrödinger et mécanique ondulatoire, fonction d'onde, interprétation probabiliste de la fonction d'onde, mathématiques de la mécanique quantique, notation de Dirac (bras, kets), produit tensoriel d'espaces vectoriels, postulats de la mécanique quantique, règles de quantification, relations d'incertitude de Heisenberg, préparation d'un état quantique, règles de sélection, spin 1/2 et systèmes à deux niveaux, oscillateur harmonique, applications technologiques : puits/marches/barrières de potentiel et applications dans les dispositifs électroniques, méthodes numériques de base pour résoudre l'équation de Schrödinger, métrologie quantique avec oscillateur mécanique quantifié, éléments de résonance magnétique et d'informatique quantique, portes logiques quantiques.

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en génie mécanique

Maîtrise en génie informatique

Maîtrise en génie mécanique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

GEI877 - Circuits supraconducteurs quantiques

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté de génie

Cible(s) de formation

Analyser et caractériser un circuit micro-ondes classique. Quantifier un circuit micro-ondes et simuler son comportement quantique. Concevoir des circuits supraconducteurs pour le traitement

d'information quantique et pour la mesure quantique.

Contenu

Supraconductivité, circuits micro-ondes linéaires, jonction Josephson, quantification de circuits, description quantique de systèmes ouverts, représentation d'un état quantique dans l'espace des phases, effet tunnel inélastique, amplificateurs opérant à la limite quantique de bruit, bits quantiques, sources et détecteurs de photons uniques.

Préalable(s)

(GEI777 ou GEI825 ou PHQ434)

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en génie informatique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en informatique

Maîtrise en physique

GEI911 - Bases en conception et en gestion de projet technologique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté de génie

Cible(s) de formation

Choisir, élaborer, mettre en place et exécuter un processus de conception complet avec la documentation associée pour un projet d'ingénierie de haute technologie d'ampleur limitée. Mettre en place et exécuter un processus de gestion de projet adéquat avec la documentation requise pour un projet de conception technologique d'ampleur limitée.

Contenu

Définition d'un problème de conception à la suite d'une requête d'un client; analyse des besoins du client et des exigences; cahier des charges fonctionnel; conception préliminaire – conception système; spécification d'un système; conception détaillée; tests; gestion de la conception; revue de conception; historique des paradigmes de conception; gestion de projet; cycle de vie de la gestion d'un projet; groupes de processus dans la gestion d'un projet : démarrage, planification (définition du travail, description des tâches, livrables, estimation des ressources, échéancier, évaluation des coûts), lancement et exécution; surveillance et maîtrise, clôture; conception et gestion de projet dans un contexte de complexité et d'incertitude - méthodes agiles et extrêmes.

Préalable(s)

Détenir un baccalauréat en sciences

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en génie informatique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

GMC760 - Nanocaractérisation des semiconducteurs

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

1 crédit

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté de génie

Cible(s) de formation

Se familiariser avec les méthodes de caractérisation des matériaux utilisés en micro-ingénierie, afin de permettre une sélection éclairée dans le cadre d'un projet de recherche. Développer une approche critique et utilitaire de la caractérisation des semiconducteurs. Élargir ses connaissances fonctionnelles d'un maximum de techniques de caractérisation.

Contenu

Théorie des matériaux cristallins. Mesures optiques : photoluminescence, interférométrie, ellipsométrie, diffusion Raman, diffraction des rayons-X, mesures optiques de surface. Mesures par faisceaux de particules chargées : microscopie électronique, diffractions des électrons, faisceaux d'ions.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Baccalauréat en génie mécanique

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Doctorat en génie mécanique

Maîtrise en chimie

Maîtrise en génie mécanique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

Microprogramme de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

---

GMC761 - Genèse et caractérisation des couches minces

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

2 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté de génie

Cible(s) de formation

Développer une connaissance générale de la croissance épitaxiale de couches minces de semi-conducteurs. Comprendre les principes physicochimiques gouvernant le processus de croissance. Reconnaître les principales différences entre les techniques de

croissance épitaxiale.

Contenu

Rudiments de cristallographie. Reconstruction de surfaces. Modes de croissance. Nanostructures. Boîtes quantiques. Fils quantiques. Caractérisation des couches. Applications spéciales. Nitrures. Oxydes. Couches magnétiques. Autres techniques de dépôt. Épitaxie assistée par laser. Épitaxie en phase vapeur aux hydrures (HVPE). Dépôt par laser pulsé.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Baccalauréat en génie mécanique

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Doctorat en génie mécanique

Maîtrise en chimie

Maîtrise en génie mécanique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

Microprogramme de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

---

IFQ701 - Algorithmes quantiques

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

S'initier à plusieurs paradigmes d'algorithmes quantiques et aux principales techniques de conception et d'analyse pour ceux-ci. Déterminer la complexité et la correction d'algorithmes quantiques à l'aide d'outils mathématiques.

Contenu

Introduction aux algorithmes quantiques. Analyse approfondie de sous-routines quantiques : amplification d'amplitude, estimation de phase et simulation d'Hamiltoniens. Paradigmes de conception d'algorithmes quantiques : algèbre linéaire quantique, marches quantiques et apprentissage quantique. Introduction à la théorie de la complexité quantique. Outils mathématiques pour l'analyse de la complexité et la correction des algorithmes quantiques.

Préalable(s)

(IFT436 et MAT199)

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Baccalauréat en informatique

Baccalauréat en informatique et sciences de l'image

Baccalauréat en sciences de l'information quantique

Doctorat en informatique

Maîtrise en informatique

Maîtrise en physique

PHY702 - Rencontre avec le comité de suivi I

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

1 crédit

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Établir l'échéancier des activités pédagogiques de la maîtrise, définir les activités de formation requises (cours, techniques de laboratoire, sécurité, etc.) et le cadre de déroulement de la maîtrise ainsi que discuter des projets pouvant être ciblés.

Contenu

Utilisation du plan de formation et de son échéancier pour définir avec la directrice ou le directeur les conditions dans lesquelles se dérouleront les travaux et les activités requises pour obtenir le diplôme. Confirmation de l'échéancier convenu en rencontre avec le comité de suivi.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY703 - Rencontre avec le comité de suivi II

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

1 crédit

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Présenter le projet de recherche, les acquis de formation, la bibliographie reliée ainsi que les résultats les plus prometteurs. Établir un échéancier de conclusion du projet.

Contenu

Discussion avec le comité de la problématique de recherche et des résultats des travaux, du suivi de la littérature et de l'atteinte des objectifs du projet. Considérer la possibilité d'un passage direct au doctorat. Rédaction d'un court rapport d'une page sur les progrès du projet en cours et d'une autre page résumant la littérature explorée et pertinente pour le projet.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY704 - Rencontre avec le comité de suivi III

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

1 crédit

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Présenter les résultats du projet de recherche, la bibliographie reliée ainsi que les résultats du projet. Établir un échéancier de rédaction du mémoire.

Contenu

Discussion avec le comité de la problématique de recherche et des résultats des travaux, du suivi de la littérature et de l'atteinte des objectifs du projet. Préparation à la présentation du séminaire et à la rédaction du mémoire. Rédaction d'un court rapport d'une page sur les résultats du projet en cours et d'une autre page résumant la littérature explorée et pertinente pour le projet.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY708 - Architecture des ordinateurs quantiques

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-1-5

Cible(s) de formation

S'approprier les principes de fonctionnement des différentes architectures d'ordinateurs quantiques et de calculateurs analogiques quantiques, en particulier dans l'ère NISQ. Comprendre les particularités des différentes architectures, les types de problèmes traitables pour chacune d'elles ainsi que leurs limitations. Distinguer les calculs quantiques universels et non universels.

Contenu

Architectures d'ordinateurs quantiques. Calcul quantique analogique et discret. Avantage quantique. Caractérisation et mitigation d'erreurs. Encodage de données et de systèmes quantiques.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY710 - Techniques de caractérisation des matériaux II

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

2-2-5

Cible(s) de formation

S'initier aux diverses techniques modernes de micro- et nanocaractérisation des matériaux. Apprendre à utiliser et à maîtriser quelques-uns des outils de caractérisation de pointe.

Contenu

Microscopie électronique à haute résolution, cathodoluminescence, microscopie par force atomique et microscopie tunnel (AFM, STM). Microscopie optique en champ proche, microscopie optique confocale, micro-Raman.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Baccalauréat en physique

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Maîtrise en chimie

Maîtrise en physique

Microprogramme de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

---

PHY711 - Séminaire

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

2 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Chaque étudiante ou étudiant, aux 2e et 3e cycles, doit faire chaque année de sa scolarité un exposé d'une heure sur ses travaux de recherche en plus de prendre une part active aux séminaires et colloques du Département de physique.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY713 - Activités de recherche I

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

10 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Mettre en pratique la méthodologie des premières étapes de la recherche scientifique.

Contenu

Définition des objectifs du projet de recherche, proposition des hypothèses de travail, choix des méthodes (théoriques et/ou expérimentales) à utiliser, atteinte des premiers objectifs du projet.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY714 - Activités de recherche II

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

10 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Mettre en pratique la méthodologie des dernières étapes de la recherche scientifique sur un projet donné.

Contenu

Précision de la problématique de recherche et aboutissement des travaux de recherche qui mèneront à la présentation du séminaire ainsi qu'à la rédaction du mémoire.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY724 - Physique mésoscopique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

Maîtriser les concepts physiques nécessaires à la compréhension des mécanismes de transport électronique dans les systèmes mésoscopiques et nanométriques.

Contenu

Introduction. Transmission versus conductance: « un concept important ». Transport quantique et localisation d'Anderson. Cohérence de phase. Blocage de Coulomb : transport à un électron. Nanotubes de carbone et liquides de Luttinger. Effet Hall quantique.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY725 - Projet de spécialité en physique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

9 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Développer un esprit de synthèse par l'expérimentation, l'utilisation de méthodes théoriques ou d'outils de simulations numériques, ainsi que par l'analyse des résultats, et appliquer les connaissances acquises en physique.

Contenu

Le contenu du projet sera déterminé en accord avec la superviseure ou le superviseur du stage de recherche, puis approuvé par la titulaire ou le titulaire du cours.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY726 - Séminaire et rapport de recherche en physique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Approfondir et perfectionner les techniques de communication orale et écrite; faire usage de ces outils pour la diffusion de ses résultats de recherche lors d'une présentation orale et de la présentation d'un court rapport de fin de stage.

Contenu

Préparation et présentation d'une communication scientifique orale dans le domaine de la physique. Préparation d'un rapport scientifique écrit avec revue de la littérature, objectifs de recherche, méthodologie, analyse et interprétation des résultats dans le contexte des connaissances actuelles et des spécificités de la discipline (physique de la matière condensée, matériaux et dispositifs quantiques, information quantique).

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY730 - Physique de la matière condensée avancée

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

Comprendre les concepts fondamentaux et le formalisme théorique permettant de décrire le comportement physique des solides cristallins et être capable d'utiliser ces notions pour résoudre des problèmes complexes.

Contenu

Propriétés thermodynamiques du gaz d'électrons libres; propriétés et méthodes de calcul de la structure de bande d'un cristal; théorie quantique des modes de vibration des cristaux; théorie semi-classique du transport dans les métaux et semi-conducteurs (conductivités thermique et électriques); interaction lumière-matière et théorie de la diffusion des neutrons par les cristaux; gaz d'électrons en interaction (écrantage et théorie des liquides de Fermi).

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY732 - Information quantique théorique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

Acquérir une connaissance approfondie des principaux sujets de l'informatique quantique théorique. Comprendre le formalisme mathématique de la théorie de l'informatique quantique ainsi que ses principaux concepts physiques.

Contenu

Théorie quantique de l'information, incluant la théorie de Shannon classique et quantique, les notions de capacité de canaux et les problèmes d'additivité. Tolérance aux fautes, incluant les techniques de lecture de syndrome de Steane, Shor et Knill, les opérations transverses, les codes concaténés et topologiques. Complexité du calcul, incluant les classes de complexité classiques P et NP et quantiques BQP et QMA et des exemples physiques de problèmes complets pour ces classes. Modèles théoriques du calcul quantique incluant le modèle de circuit, le calcul adiabatique et le calcul topologique. Autres sujets de pointe en informatique quantique théorique.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY733 - Information et calcul quantiques

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

PARTICULARITÉS

Cours offerts à tous

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-1-5

Cible(s) de formation

Acquérir une connaissance des principaux concepts de l'informatique quantique théorique. Comprendre le formalisme mathématique de la théorie de l'informatique quantique ainsi que les principaux algorithmes quantiques.

Contenu

Outils mathématiques de l'informatique quantique : états quantiques, mesure et intrication. Algorithmes quantiques et correction d'erreurs quantiques.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY734 - Compléments de mécanique quantique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Maîtriser l'application du formalisme mathématique et des postulats de la mécanique quantique à l'étude de systèmes complexes. S'initier aux méthodes approximatives de calcul en mécanique quantique.

Contenu

Équation de Dirac. Propriétés du spin électronique. Composition de moments cinétiques. Méthodes approximatives en mécanique quantique : hamiltonien de structure fine et hyperfine de l'atome d'hydrogène. Théorie des perturbations dépendantes du temps. Description des systèmes de particules identiques : postulat de symétrisation, bosons et fermions. Théorie quantique de la diffusion par un potentiel.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY735 - Nanoélectronique et qubits de spin

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

PARTICULARITÉS

Cours offerts à tous

Cible(s) de formation

Acquérir les notions essentielles à la compréhension du fonctionnement de dispositifs utilisés en nanoélectronique quantique. Se familiariser avec les aspects fabrication, modélisation et mise à l'échelle.

Contenu

Transistor MOS classique, évolution de la microélectronique et état de l'art, transistor monoélectronique, blocage de Coulomb, qubit de charge, qubit de spin (lecture, manipulation), autres technologies de qubits, tomographie, ESR, NMR, composition des moments, systèmes hybrides pour l'extension à grande échelle : spin-supraconducteur et spin-résonateur mécanique.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY739 - Principes physiques des ordinateurs quantiques

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

PARTICULARITÉS

Cours offerts à tous

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-1-5

Cible(s) de formation

Comprendre les principes physiques à la base des dispositifs de traitement de l'information quantique.

Contenu

Notions de base de l'information quantique. Types de qubits et architectures d'ordinateurs quantiques (supraconducteurs, spins, ions). Couplage avec l'environnement : dissipation et déphasage. Lecture des qubits. Réalisation physique des opérations logiques. Défis de la mise à l'échelle. Notions de capteurs quantiques.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

PHY740 - Symétries brisées et états cohérents de la matière

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

Comprendre le concept fondamental de symétrie brisée et les formalismes théoriques s'y rapportant. Être capable d'utiliser ce concept et ces formalismes pour résoudre des problèmes complexes impliquant les propriétés émergentes et les effets quantiques collectifs dans les systèmes magnétiques, les supraconducteurs, les états cohérents et les états à symétrie brisée en général.

Contenu

Magnétisme atomique, théorie des groupes, phénoménologies des transitions de phase, seconde quantification, modèle de Hubbard, ondes de spin, modes de Goldstone, états cohérents, condensation de Bose-Einstein, supraconductivité, théorie Ginsburg-Landau, théorie BCS, nouveaux supraconducteurs.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY745 - Modélisation de la matière et calcul quantique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

PARTICULARITÉS

Cours offerts à tous

Cible(s) de formation

Maîtriser le formalisme quantique à N corps et les systèmes modèles de spins et de qubits quantiques. Comprendre le rôle de l'intrication dans les matériaux quantiques et le calcul quantique. Implémenter des méthodes numériques pour la simulation de systèmes quantiques en interaction. Étudier les propriétés dynamiques de systèmes quantiques. Apprendre à simuler des algorithmes quantiques sur des ordinateurs classiques.

Contenu

Formalisme quantique à N corps : qubits et systèmes de spins quantiques, opérateurs et espaces d'Hilbert, Hamiltonien de Heisenberg, XXZ, chaines de Kitaev, décomposition de Schmidt, spectre enchevêtré et entropie, opérateur d'évolution unitaire et approximation de Suzuki-Trotter. Modélisation et simulations numériques : introduction aux méthodes de réseaux de tenseurs, techniques de décimation par blocs évolutifs, applications aux systèmes 1D. Propriétés et simulation de circuits quantiques : théorème de Gottesman-Kill et portes logiques de Clifford, croissance de l'enchevêtrement et chaos quantique, simulation d'algorithmes quantiques, échantillonnage et méthodes variationnelles.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY756 - Physique de l'électronique classique et quantique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

PARTICULARITÉS

Cours offerts à tous

Cible(s) de formation

Comprendre le fonctionnement et quelques applications des dispositifs électroniques tant classiques que quantiques, depuis les dispositifs utilisés dans les applications courantes jusqu'à ceux encore au stade de la recherche fondamentale.

Contenu

Dispositifs classiques à base de semiconducteurs (diodes, transistors, etc.). Nanodispositifs à quelques électrons. Dispositifs basés sur les effets physiques suivants : effet tunnel, effet Josephson, confinement quantique, magnétisme orbital et de spin, cohérence de phase électronique.

Préalable(s)

(PHQ260)
et
(PHQ330 ou PHQ334)
et
(PHQ440 ou PHQ444)

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY760 - Méthodes expérimentales en physique du solide

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

S'initier aux divers outils expérimentaux utilisés couramment dans l'étude des propriétés physiques des matériaux.

Contenu

Diffraction : rayons X, neutrons, et électrons. Chaleur spécifique et transitions de phase. Photoémission, effet de Haas-van Alphen, effet tunnel, et effet des corrélations. Transport : résistivité, effet Hall, magnétorésistance, effet Shubnikov-de Haas, pouvoir thermoélectrique, et conductivité thermique, hyperfréquences et micro-ondes. Spectroscopie infrarouge, diffusion Raman, impulsions ultra-courtes, résonance cyclotron. Magnétisme, résonance magnétique nucléaire et résonance paramagnétique électronique. Jonctions Josephson et SQUID.

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Diplôme d'études supérieures spécialisées de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

Doctorat en physique

Maîtrise en chimie

Maîtrise en physique

Microprogramme de 2e cycle en nanomatériaux et caractérisations de pointe

PHY777 - Photonique et optique quantique

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Comprendre les différents aspects de l'interaction lumière/matière ainsi que le contrôle et la mesure de systèmes quantiques (atomes et qubits supraconducteurs). Se familiariser avec divers éléments d'optique avancée, en particulier la photonique, et leurs applications dans le contexte de l'optique quantique moderne avec notamment l'optomécanique quantique.

Contenu

Physique des lasers et propriétés optiques des émetteurs quantiques; concept de densité locale d'états photoniques; mesures de corrélation; notions d'optique quantique chirale; effets mécaniques de la lumière; applications technologiques des systèmes optomécaniques (capteurs et transducteurs).

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en génie électrique

Maîtrise en physique

PHY790 - Mémoire

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

11 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Écrire un mémoire de maîtrise.

Contenu

Rédaction d'un document qui situe le problème, fait la synthèse de la recherche bibliographique sur le sujet retenu, énonce les objectifs ou les hypothèses, le cadre théorique ou conceptuel, décrit les instruments ou méthodes de calcul utilisés et chacune des étapes de la réalisation de la recherche, présente et analyse les différentes données ou les résultats des calculs et, enfin, interprète les résultats en regard de la problématique, des objectifs et du cadre théorique.

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Maîtrise en physique

PHY807 - Matière condensée topologique

Sommaire

CYCLE

3e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Acquérir une connaissance des principaux concepts de la matière condensée topologique. Maîtriser des outils techniques de base pour comprendre la littérature scientifique et mener des recherches dans ce domaine.

Contenu

Théorie topologique des bandes en une, deux et trois dimensions : phase et courbure de Berry, nombre de Chern; pompe de Thouless; modèle de Su-Schrieffer-Heeger et de Kitaev; fermions de Dirac, de Majorana et de Weyl; effet Hall quantique entier et effet Hall quantique de spin; isolants de Semenoff et de Haldane/Chern et modèle de Kane-Mele dans le graphène; supraconducteurs chiraux et hélicaux en deux dimensions; états de bord et de surface; invariants Z; électrodynamique des axions; isolants topologiques cristallins; semi-métaux topologiques; métamatériaux topologiques.

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY874 - Supraconductivité

Sommaire

CYCLE

2e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3 - 0 - 6

Cible(s) de formation

Atteindre une compréhension approfondie des supraconducteurs conventionnels et non conventionnels.

Contenu

Phénoménologie, modèle de London, théorie de Ginzburg-Landau, supraconductivité de type 1 et de type 2, vortex, réseau d'Abrikosov, état mixte, modèle de Bardeen-Cooper-Schrieffer, effet Josephson, jonctions, SQUIDs. Supraconductivité non conventionnelle : organiques, cuprates, pnictures, interfaces.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY889 - Sujets de pointe

Sommaire

CYCLE

3e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

Cible(s) de formation

Connaître les domaines de la physique de la matière condensée et de l'information quantique qui se sont développés récemment; saisir les fondements de ces domaines au point de pouvoir en faire une synthèse.

Contenu

Par définition, les sujets choisis seront portés à évoluer rapidement. À titre d'exemples, les sujets traités pourront être l'effet Hall quantique, la supraconductivité à haute température critique, les systèmes mésoscopiques, les systèmes de Fermi fortement corrélés sur réseaux, les isolants topologiques, les protocoles et implémentations physiques de l'informatique quantique, le calcul quantique tolérant aux fautes, etc.

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique

PHY892 - Problème à « N » corps

Sommaire

CYCLE

3e cycle

CRÉDITS

3 crédits

FACULTÉ OU CENTRE

Faculté des sciences

RÉPARTITION DE LA CHARGE DE TRAVAIL

3-0-6

Cible(s) de formation

Atteindre une compréhension approfondie des systèmes à plusieurs particules quantiques en interaction avec l'aide des fonctions de corrélation et de la théorie des perturbations.

Contenu

Deux principes d'Anderson, symétrie brisée et continuation adiabatique. Fonctions de corrélation, réponse linéaire. Fonctions de Green, opérateur d'ordre chronologique, formalisme de Matsubara, diagrammes de Feynman. Gaz de Coulomb, RPA, polarisation irréductible, écrantage, plasmons. Électrons en présence d'impuretés. Interaction électron-phonon, théorème de Migdal. Supraconductivité, paramètre d'ordre BCS, formalisme de Nambu.

Équivalente(s)

PHY5323

---

* Sujet à changement

Programmes offrant cette activité pédagogique (cours)

Doctorat en physique

Maîtrise en physique