Catalogue des cours sélectionnés

1 : Biophysique
2 : Cosmologie
3 : Equation de Schrödinger non linéaire : des condensats de Bose Einstein aux supersolides
4 : Génie nucléaire
5 : Introduction à la mécanique quantique
6 : Mécanique 1 - Milieux continus
7 : Mécanique des milieux continus
8 : Mécanique quantique
9 : Nanomatériaux
10 : Optique quantique 2 : photons
11 : Physique
12 : Physique 3 - Noyaux et radioactivité
13 : Physique des particules élémentaires
14 : Physique des performances du pneu
15 : Physique du Solide
16 : Physique du Solide - Introduction
17 : Physique et exploitation des réacteurs REP
18 : Physique Quantique
19 : Physique quantique et statistique
20 : Projet de Physique
21 : Relativité et Electromagnétisme
22 : Relativité et principes variationnels
23 : Rhéophysique et matière molle
24 : Thermodynamique Statistique
25 : Un monde chaotique

Biophysique

Ce cours traitera les bases physiques et les méthodes d'investigation physiques de la vie à l'échelle de la cellule biologique. Une sélection de techniques expérimentales et de concepts théoriques est considérée, pour illustrer l'apport de la physique aux études des objets, des assemblages et des processus biologiques et aux applications correspondantes, qui vont de la technologie au diagnostic médical.
Le cours de biophysique est aussi une introduction à un domaine de recherche importante en pleine expansion. L'enseignement se servira des différents préacquis de l'élève, notamment en biologie moléculaire, physique expérimentale et physique statistique.

Contenu
Constituants et principes physiques de la cellule biologique.
Techniques de mesure sur molécule unique.
Biopuces, biocapteurs et nanotechnologie à base d'ADN.
Moteurs moléculaires.
Réseaux de régulation.
Préceptorat
Dénaturation de l'ADN.
Mouvement d'une bactérie.
Evolution des génomes et grands réseaux biologiques.

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 16
Crédits ECTS : 1
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : mercredi 17 avril 2013

Cosmologie

La cosmologie est un champ d’application de l’astrophysique qui porte sur l’Univers dans son ensemble, son contenu matériel ou énergétique, son histoire passée et son évolution dynamique. Cette science relativement jeune a connu des progrès extraordinaires au cours des dernières décennies grâce à la mise en œuvre d’outils observationnels toujours plus sensibles et performants (observatoires au sol ou spatiaux). Les diverses prédictions du modèle théorique du « big-bang chaud », qui fut avancé vers le milieu du vingtième siècle, ont été vérifiées depuis avec un degré de précision sans cesse croissant.

Ainsi on peut aujourd’hui retracer dans ses grandes lignes l’histoire de l’Univers depuis sa première seconde (par référence à un temps zéro correspondant au big-bang dans le cadre du modèle ci-dessus) jusqu’à maintenant, quelques quatorze milliards d’années plus tard. L’extrapolation de l’histoire passée de l’Univers en deçà de cette première seconde reste le sujet de nombreuses recherches actuelles. On comprend également que les grandes structures de l’Univers, galaxies, amas de galaxies ou superamas de galaxies, résultent de l’instabilité gravitationnelle opérant dans un milieu initialement composé de perturbations de densité de très faible ampleur. Mais l’origine de ces perturbations de densité, ou même le

mécanisme détaillé de la formation d'une galaxie comme la nôtre, restent à élucider. Pour donner un dernier exemple des avancées dans ce domaine, citons enfin l'observation selon laquelle la majeure partie du contenu énergétique de l'Univers est composé de « matière noire » (invisible) et d' « énergie noire », dont la nature et l'origine restent incomprises. Les réponses à ces questions nous fourniront de précieuses informations sur nos origines et sur le passé de notre Univers, bien sûr, mais aussi sur la physique fondamentale des lois de la gravitation et des autres interactions.

Cet enseignement d'approfondissement propose donc une introduction à la cosmologie moderne par le biais d'une série de six cours d'environ deux heures chacun, complétée par des travaux de recherches personnels sur un sujet d'approfondissement au choix de l'élève. Ces travaux seront de nature bibliographique mais pourront comporter une partie de modélisation numérique si l'élève le souhaite et si le sujet le permet.

Référence bibliographique :
Principes de la Cosmologie par James Rich (2002)
Fiche détaillée
Table des matières
Ouvrage disponible auprès des Editions de l'Ecole Polytechnique.

Niveau requis
PHY432 – Physique quantique et statistique

Période : Automne
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mardi 03 janvier 2012

on de Schrödinger non linéaire : des condensats de Bose Einstein aux supers

Le but de ce cours est de montrer comment l'étude d'un même modèle mathématique peut apporter des informations pertinentes pour des phénomènes aussi variés que la physique de la matière condensée, l'optique non linéaire, la mécanique ou les phénomènes d'invasion biologiques.

Nous introduirons certains outils d'analyse mathématique non linéaire: calcul des variations, analyse spectrale, théorie des perturbations, étude d'ondes progressives, principe du maximum, théorie des fonctions holomorphes. Nous nous intéresserons tout particulièrement au cas des fluides quantiques (condensats de Bose Einstein) pour lesquels nous décrirons quelques expériences récentes portant sur l'observation de tourbillons quantiques.

Le niveau de ce cours est introductif et ne nécessite aucun prérequis particulier. Il est destiné aussi bien à des étudiants venant d'autres disciplines et souhaitant apprendre un peu de mathématiques, qu'à des gens souhaitant compléter leur connaissance des équations aux dérivées partielles, grâce aux nombreuses

pistes d'approfondissement qu'ouvre ce cours. Le polycopié a été rédigé en collaboration avec Jean Dalibard (Physique) et Christophe Josserand (Mécanique). Jean Dalibard interviendra dans ce cours.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : vendredi 18 novembre 2011

Génie nucléaire

Contenu
Physique nucléaire Structure de l'atome & Eléments chimiquesStructure du noyau & IsotopesRadioactivité & Types de rayonnement, Cinétique de la radioactivitéDéfaut de masse & Energie nucléaireRéactions nucléaires Caractéristiques des neutrons & Domaines d'énergieInteractions des neutronsSections efficacesPrincipe des réacteursFusion et Fission & Energie dégagéeProduits de fissionRéaction en chaînes & Facteur de multiplicationChoix du combustibleChoix du modérateurRapport de modération & Réacteur sous modérésChoix du caloporteurFilières des réacteursCinétique des réacteurs RéactivitéNeutrons retardés & PrécurseursTemps de vie des neutronsEquations de la cinétiqueCinétique en neutrons prompts (hypothétique)Cinétique à 1 groupe de neutrons retardésRelation et courbe de NordheimEvolution de la population neutronique en fonction de la réactivitéTemps de doublement Principes de pilotage des réacteurs Poisons neutroniques & Xénon et SamariumEffet en réactivité induit par les variations de températureApproche sous-critique avant démarrage du réacteurLa filière des réacteurs à eau sous pressionPrincipe de fonctionnement et description : bâtiments, circuits primaire, secondaire et tertiaire, piscines, salle de commande. Présentation de certains circuits auxiliaires et de sauvegarde.L'EPREuropean Pressurized water Reactor : Présentation des particularités de l'EPR par rapport aux réacteurs actuels.Les acteurs du nucléaire en FranceLes acteurs du nucléaire en France : Gouvernement, DGEMP, ASN, IRSN, ANDRA, CEA, AREVA, ALSTOM et EdFCycle du Combustible Nucléaire et Gestion des DéchetsCombustible nucléaire pour filière REP Uranium ; aspects de chimie et de physique nucléaire U, élément chimique ; famille actinides, configuration électronique, multiplicité des degrés d'oxydation,… U radio-élément ; ses isotopes et leurs périodes, descendants, fissile/fertile, uranium nature/enrichi/appauvri, filière réacteurs/isotopie. Uranium ; dans le cœur des REPQuelle forme chimique ? Pourquoi ?Quel conditionnement ? L'assemblage, le crayon, la pastille, la poudre UO2.Besoins du parc électronucléaire français.L'industrie de la fabrication du combustible ; quelques aspects.Du combustible neuf au combustible usé ; réactions nucléaires, production de nouveaux éléments chimiques, aspects de corrosion,…De la mine à la fabrication du

combustible ; l'amont du cycle du combustible nucléaire De la mine à la fabrication du combustible ; une simple logique d'enchaînement d'étapesObjectifs des 3 étapes ; extraction- concentration, conversion, enrichissement.L'uranium sous plusieurs formes chimiques et dans plusieurs états.Ressources minières mondiales, usines de conversion et enrichissement. L'enrichissement de l'uranium ; un procédé de séparation physiquePrincipes de séparation par procédé diffusion gazeuse ; opération unitaire, cascade, l'UTS.Composition d'un module de DG.Comparaison procédé DG / procédé ultracentrifugation gazeuse. L'usine Georges Besse 1 et le projet Georges Besse 2.Devenir du combustible usé et gestion des déchets ultimes; l'aval du cycle du combustible nucléaire Des étapes qui dépendent d'une stratégie de fin de cycleCycle ouvert / cycle fermé ; éclairage sur le choix de quelques pays.Stratégie retraitement & recyclage : les implications industrielles. Industrie du retraitement et du recyclage ; combustibles MOX, l'URT, l'URE).Stratégie retraitement & recyclage : les implications en matière de gestion des déchets de fin de cycle. La situation aujourd'hui. Procédé de traitement des combustibles usés : les grandes lignes du procédé PUREX Gestion des déchets radioactifs : la situation aujourd'hui en FranceOrigine, classification, production annuelle.Stockage en surface des déchets très faible et faible activité à vie courte (TFA, FA/MA vie courte).R&D associée à la gestion des déchets de haute activité et moyenne activité à vie longue (HMA-VL). Gestion des déchets radioactifs HMA-VL : les perspectives en France, les stratégies développées par nos voisins

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 27 mai 2010

Introduction à la mécanique quantique

L’objectif de ce cours est l’introduction des principes fondamentaux de la mécanique quantique.

1. Introduction
2. Mécanique ondulatoire
3. Notations de Dirac
4. Grandeurs physiques et mesures
5. Principes de la Mécanique Quantique
6. Commutation des observables
7. L'oscillateur harmonique.

Modalités d'évaluation

Examen écrit, 3 heures, tout documents autorisés

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 3
École : Institut d'Optique Graduate School
Dernière mise à jour : mardi 28 avril 2009

Mécanique 1 - Milieux continus

Objectifs: Mise en place des outils de modélisation en thermomécanique des milieux continus. Formulation générale des lois de comportement des matériaux. Résolution de problèmes aux limites d’élasticité linéarisés.

Programme: Présentation du milieu continu. Lois de conservation. Schématisation des efforts intérieurs (contraintes). Histoires lagrangienne et eulérienne de la déformation.Notions générales sur les lois de comportement (principe d'indifférence matérielle ; groupes de parité). Description du solide élastique et des fluides.Formulation complète et résolution des problèmes de l'équilibre d'un corps élastique dans l'hypothèse des petites perturbations.

Niveau requis
Algèbre linéaire, analyse fonctionnelle, mécanique du point et du solide rigide

Modalités d'évaluation
Examen écrit.

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 2
École : MINES ParisTech
Dernière mise à jour : vendredi 13 juillet 2012

Mécanique des milieux continus

Permettre d'aborder des problèmes simples d'écoulement et de transferts. Les transferts de matière, de quantité de mouvement et d'énergie sont en effet omniprésents dans la nature (cycle de l'eau, circulation sanguine, bioclimatologie...) et les équipements (drainage, culture sous serres, procédés agro-alimentaires).

On présentera un formalisme unique pour écrire les bilans de matière, de quantité de mouvement et d'énergie, que ce soit sur des systèmes macroscopiques (équations différentielles ordinaires) ou des volumes élémentaires (équations aux dérivées partielles).

Pour formaliser de tels problèmes puis pour résoudre les équations (dans des cas simples) il est nécessaire de maîtriser un certain nombre d'outils mathématiques. Il est demandé aux étudiants de réviser les notions élémentaires de géométrie et d'analyse du niveau du baccalauréat scientifique : géométrie euclidienne, vecteur, matrice, analyse de fonction, dérivée, intégrale. Un test de niveau sera effectué en début de séquence.

Partant de ces bases on introduira des notions sur les fonctions de plusieurs variables, les champs scalaires et vectoriels et la résolution des équations différentielles ordinaires. On se limitera aux coordonnées cartésiennes et on s'appuiera le plus possible sur des images géométriques.

Puis alterneront cours et travaux dirigés sur les transferts de matière, de quantité de mouvement et d'énergie. Ces 3 points seront traités selon le même plan :
- équation de conservation sur un système macroscopique ouvert
- équation de conservation sur un volume élémentaire
- loi d'état / loi de transfert / conditions aux limites
- combinaison et adimensionnalisation des équations

On abordera de façon un peu plus détaillée le cas particulier des écoulements en charge des fluides incompressibles, domaine très utile pour l'ingénieur.

Modalités d'évaluation
Travail écrit à rendre.

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 2
École : AgroParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 24 septembre 2008

Mécanique quantique

La mécanique quantique est probablement une des aventures intellectuelles les plus fertiles de l’humanité. Elle a permis de déterminer la structure des noyaux, des atomes, des molécules, d’élucider la nature de la lumière, et elle constitue un outil indispensable pour comprendre la physique moderne, des particules élémentaires jusqu'aux étoiles et au Big Bang. Son impact économique est tout aussi important : la plupart des produits de haute technologie (électronique, lasers et optronique, nanotechnologies, télécommunications) sont directement issus de concepts quantiques.

Le but du cours PHY311 est de proposer à l'ensemble des élèves une initiation à la mécanique quantique

et à quelques unes de ses applications. Il traitera d'abord de la mécanique ondulatoire. Après avoir présenté les bases de la théorie, on étudiera quelques problèmes à une dimension, comme le mouvement d'une particule dans un puits carré et l'oscillateur harmonique. Cela permettra de dégager la notion d'état quantique et d'introduire les principes généraux de la mécanique quantique en utilisant le formalisme de Dirac. Le fonctionnement des masers et la cryptographie quantique serviront d'illustration à ces principes. Ce cours aura des liens étroits tant avec le cours de mathématiques qu'avec celui de probabilités.

Référence bibliographique :
Mécanique quantique par Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard (2002).
Fiche détaillée
Table des matières
Ouvrage disponible auprès des Editions de l'Ecole Polytechnique.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 28
Crédits ECTS : 5
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : lundi 27 juin 2011

Nanomatériaux

Dans le domaine des nanomatériaux, la question qui préoccupe les ingénieurs et les industries est souvent: comment peut-on améliorer la résistance d'un matériau en contrôlant son procédé de fabrication et sa structure à l'échelle du nanomètre? Mais on ne peut envisager de répondre à cette question sans au préalable comprendre comment l'échelle nanométrique détermine les propriétés macroscopiques de matériaux. Dans un souci de cohérence, c'est donc d'abord cette seconde question qui est au coeur de ce cours.
Le cours s'orientera donc autour des deux types essentiels de réponse mécanique, que sont la ductilité et la fragilité.

1.Introduction:
qu'y a-t-il de particulier à l'échelle du nanomètre?
2.Matériaux ductiles et superplastiques:
rappel sur les cristaux: dislocations, énergie d'interaction et propagation de dislocations

défaut dans les nanomatériaux: grains, joints de grains, relation de hall-petch
ductilité, fluage des métaux, superplasticité des céramiques
3.Matériaux fragiles:
bilan énergétique en rupture dynamique: coût énergétique de création de surface, forces de Van Der Walls, vitesse de rupture.
modes de rupture; traitement élastique linéaire des discontinuité, facteur de concentration de contrainte statique et dynamique.
écoulement plastique en point de fissure. Détermination de la ténacité et structure nanométrique.
conception de nouveaux matériaux à haute résistance.
4.Procédés de fabrication:
introduction: procédés physiques (évaporation/condensation), procédé mécaniques, auto-organisation, recuit,...
rappel de thermodynamique d'un mélange : décomposition spinodale.
deux exemples d'applications:
fabrication d'un alliage métallique par contrôle de la croissance de grains
fabrication du verre : courbe de superposition temps-température

Niveau requis
Mécanique physique des matériaux

Modalités d'évaluation
6 séances de 3 heures.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 21
Crédits ECTS : 2
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 02 novembre 2011

Optique quantique 2 : photons

Le cours d'Optique Quantique 2 (PHY 562) traite de la quantification du champ électromagnétique, de la notion de photons, et de l'interaction entre la matière et le rayonnement quantifié. Il permet d'aborder les sujets au cœur de l'optique quantique moderne, des états comprimés de la lumière aux sources à un seul photon et aux paires de photons intriqués, qui jouent un rôle essentiel dans le domaine nouveau de l'information quantique.

Sujets traités :

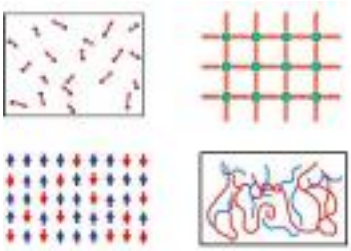
Quantification du champ électromagnétique : formalisme hamiltonien, quantification canonique.
Le rayonnement libre quantifié : états quasi classiques, états comprimés, états à un photon.
Equations de Heisenberg, interférométrie avec des champs quantiques.
Interaction atome-rayonnement quantifié ; émission spontanée
Optique non-linéaire : traitement classique, traitement quantique, paires de photons jumeaux.

Matrice densité et équations de Bloch optiques.
Notion d'intrication, application en information quantique.
Effets quantiques dans l'interaction atome-laser : fluorescence de résonance, dégroupement de photons.
Exemples d'applications en optoélectronique.

Niveau requis
PHY432 – Physique quantique et statistique

Période : Printemps
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : lundi 19 mars 2012

Physique



Ce cours constitue une introduction à la physique statistique, dont l'objet est de comprendre l'origine microscopique du comportement macroscopique des systèmes constitués d'un grand nombre de particules (états de la matière : solide, liquide ou gaz), jusqu'à des prédictions quantitatives précises. Cette discipline, née avec les développements de la thermodynamique pendant la seconde moitié du dix-neuvième siècle, a reçu un nouvel élan avec l'avènement de la physique quantique au début du vingtième siècle, et a continué à se développer avec succès jusqu'à aujourd'hui, par exemple dans le domaine des transitions de phase, de la matière molle ou des nanomatériaux.

Les premières séances ont pour objet de présenter les outils de base de la description statistique des grands systèmes (dénombrement des micro-états, entropie, fonction de partition). On traite des assemblées de particules sans interaction, isolées puis échangeant de l'énergie ou des particules avec leur environnement. On montre comment l'on retrouve divers comportements thermodynamiques (équation d'état du gaz parfait, élasticité des polymères, défauts dans les solides cristallins, pression osmotique?). On explique ensuite comment cette description doit être adaptée au monde quantique. On discute enfin le rôle des interactions entre particules dans les transitions de phase (liquide-gaz, miscibilité des solutions, magnétisme). Le thème abordé dans la dernière séance est choisi en fonction des attentes des étudiants parmi les sujets suivants : phénomènes de transport, physique des surfaces, propriétés thermiques des matériaux.

Niveau requis
Cours de physique des classes préparatoires.

Modalités d'évaluation
10 séances de 3 h - Cours (1h30) et travaux dirigés (1h30) en petite classe

Période : Automne
Crédits ECTS : 3
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 02 novembre 2011

Physique 3 - Noyaux et radioactivité

Objectifs: Cette dernière partie du tronc commun de physique est consacrée à une rapide introduction aux phénomènes nucléaires. Elle fournit une culture de base permettant de comprendre les phénomènes tels que la désintégration radioactive, les propriétés des noyaux, l'énergie nucléaire, l'antimatière ou les particules fondamentales. Ces connaissances revêtent en effet une importance croissante dans notre environnement scientifique, économique et social. L'accent est mis sur les applications, en particulier à la géologie (datation radioactive, nucléosynthèse) et à l'énergétique (combustibles nucléaires, radioprotection). Le cours constitue un ensemble cohérent pour l'ingénieur généraliste, aussi bien qu'une base solide pour les cours spécialisés de Physique Nucléaire ou de Génie Atomique.

Programme: 1) Matière et antimatière : l'espace, le temps la matière et l'antimatière en physique relativiste et quantique - équations de Klein-Gordon et de Dirac - spin - particules et antiparticules - applications. 2) Constituants de la matière et interactions : les particules élémentaires, leurs charges et leurs interactions - invariance de jauge - le modèle standard. 3) Interaction faible : propriétés générales - désintégrations -symétries discrètes - section efficace - neutrinos. 4) Noyaux et radioactivité : propriétés - réactions nucléaires - énergie de liaison - radioactivité : désintégrations alpha, béta et gamma. 5) Energie nucléaire : matériaux fissiles et fertiles - fission et fusion - protection contre les rayonnements - applications de la radioactivité. 6) Nucléosynthèse : nucléosynthèse stellaire, explosive - effondrement gravitationnel - naines blanches - étoiles à neutrons - expansion de l'Univers - nucléosynthèse primordiale - matière noire - énergie noire.

Niveau requis
L'enseignement s'appuie sur les cours de tronc commun de physique quantique et relativiste et de physique statistique.

Modalités d'évaluation
L'évaluation est faite par un examen écrit.

Période : Printemps
Nombre d'heures : 12
Crédits ECTS : 1
École : MINES ParisTech

Dernière mise à jour : vendredi 08 février 2013

Physique des particules élémentaires

La question de savoir de quoi est constituée la matière à l'échelle la plus élémentaire et quel rôle y jouent les interactions fondamentales a toujours excité la curiosité des hommes. Ceci est d'autant plus vrai depuis que nous savons que le domaine de la physique des particules élémentaires a constitué une étape très importante dans l'évolution de notre univers primordial. Les études de l'infiniment petit doivent aussi permettre de mieux comprendre l'infiniment grand.

Il sera question dans ce cours des constituants élémentaires comme les quarks ou les leptons et des différentes forces qui leur sont associées comme l'électromagnétisme, les interactions fortes et faibles. Cet ensemble que l'on nomme le « modèle standard » ne peut être décrit et compris sans le cadre étrange et fascinant de la théorie quantique à laquelle il faut rajouter les concepts de la mécanique relativiste. Un exemple particulier illustre parfaitement l'aspect mystérieux des particules élémentaires : les neutrinos. Ces particules sont produites en quantité gigantesque aussi bien au cœur du soleil que dans les réacteurs des centrales nucléaires ou dans les couches supérieures de notre atmosphère. Ils n'interagissent avec rien, possèdent une masse quasi nulle et ne sont pas chargés. Ceci n'empêche pas les physiciens d'étudier ces fantômes de l'infiniment petit en les faisant par exemple « osciller » sur des distances de plus de 290 kilomètres.

Une partie importante du cours sera consacrée aux concepts (symétrie, lois de conservation, degrés de liberté interne et dimensions supplémentaires, …) de la physique moderne utilisée avec succès dans l'infiniment petit, aux résultats spectaculaires obtenus auprès des accélérateurs de particules et aux grandes questions fondamentales que l'on continue à se poser après plus de quatre-vingts années de recherche. La mise en évidence expérimentale et sa compréhension théorique de la différence entre la matière et l'antimatière représente un exemple d'enjeu majeur de recherche dans ce domaine de la physique. Notre univers primordial a dû produire une quantité égale de matière et d'antimatière. Se pose alors la question de la « disparition » de l'antimatière dans notre univers actuel qui illustre parfaitement les liens étroits entre la physique des deux infinis.

L'ambition de ce cours est d'introduire de façon simple les concepts de la physique des particules élémentaires sans faire appel à des développements théoriques compliqués. L'enseignement du cours de mécanique quantique de première et deuxième années est suffisant pour suivre ce cours sans effort particulier.

Référence bibliographique :
Introduction à la physique subatomique par André Rougé (2005)
Fiche détaillée
Table des matières
Ouvrage disponible auprès des Editions de l'Ecole Polytechnique.

Niveau requis

PHY431 - Relativité et principes variationnels
PHY432 - Physique quantique et statistique

Période : Automne
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 4
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mardi 10 avril 2012

Physique des performances du pneu

Les thèmes abordés dans ce cours permettent d'apréhender le rôle prépondérant du pneumatique dans l'amélioration de la mobilité des véhicules. Au delà des fonctions de base que sont le port de charge et la maîtrise de la trajectoire, les performances du pneumatique induisent celles du véhicule: comportement général mesuré et perçu, adhérence, consommation de carburant...Le premier cours de Mécanique du pneu a pour objet de décrire les sollicitations de base du pneumatique, qui justifient l'existence des éléments de base de la structure communs à tous les types de pneus.Le second cours présente les différents constituants des mélanges élastomériques et le lien entre les propriétés matériaux et les performances du pneu.Les trois cours suivants abordent certaines des performances principales attendues d'un pneumatique:le comportement du véhicule,l'adhérence,la résistance à l'usure et la résistance au roulement.

Physique des performances du pneu

Modalités d'évaluation
Interrogation écrite

Période : Automne
Nombre d'heures : 18
Crédits ECTS : 1
École : École Nationale Supérieure de Techniques Avancées
Dernière mise à jour : lundi 14 décembre 2009

Physique du Solide

Lorsqu'on cherche à décrire le comportement électrique, magnétique, optique ou thermique des solides, il n'est pas possible, compte tenu du nombre élevé d'atomes par unité de volume d'effectuer une analyse précise à partir du

comportement de chaque atome.
La physique du solide permet de construire des modèles qui, s'ils sont vérifiés par des expériences, peuvent être considérés comme représentatifs.
Le formalisme, construit à cette fin, a de nombreuses applications. Des exemples seront donnés dans des domaines variés et parfois apparemment très éloignés de la physique du solide.

Contenu
Premières approches théoriques des propriétés des solides
Modèle de Drude d'un métal (classique)
Modèle de Sommerfeld d'électrons libres (traitement quantique mais sans potentiel cristallin)
Phonons
Zones de Brillouin
Vibrations du réseau cristallin
Chaleur spécifique d'un cristal
Electrons dans un cristal (traitement quantique)
Théorème de Bloch
Modèle d'électrons presque libres
Modèle de liaisons fortes
Conséquence de l'existence des bandes électroniques
Occupation des bandes. Semi-conducteurs, métaux
Semi-conducteurs intrinsèques
Semi-conducteurs dopés
Conductivité électrique (approximation de temps de relaxation)
Propriétés optiques des solides
Phénomènes optiques dans des matériaux massifs
Propriétés optiques des hétéro-structures
Supraconductivité
Aspects historiques
Approches théoriques
Applications de la supraconductivité
Conclusions
Problématiques actuelles et défis de la physique des Solides
Préceptorat
Les systèmes périodiques
Vibrations et phonons
Chaleur spécifique, susceptibilité paramagnétique, l'électron presque libre
Structure électronique du graphène
Les semi-conducteurs et la jonction PN - applications
Transistor à effet de champ et gaz 2D d'électrons
L'effet Hall quantique

Niveau requis
niveau M1 en physique

Modalités d'évaluation
examen écrit (2-3 heures)

Période : Hiver & Printemps

Nombre d'heures : 38
Crédits ECTS : 5
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : mercredi 15 mai 2013

Physique du Solide - Introduction

L'objectif du cours est d'introduire les connaissances générales en physique de la matière condensée. À partir des modèles microscopiques classiques simples, puis en utilisant des approches quantiques plus élaborées, montrer comment il est possible de remonter aux phénomènes macroscopiques observés : conduction électrique ou comportement isolant, transport de chaleur ou propriétés d'émission-absorption optiques. Le cours se veut un aller-retour continu entre les propriétés et phénomènes de base d écoulant de la nature quantique de solides et les fonctions complexes utiles qui sont au cœur des éléments de l' électronique et de l'optique modernes.

Contenu
Un premier module (2 heures) introduit, à travers le modèle de Drude, la vision classique de la matière. Différents phénomènes de transport d' électrons et de chaleur seront introduits. La conductivité électrique des m étaux sera utilisée pour souligner les points forts et les limites des approches classiques.
Le deuxième module (2 heures) introduit la nature quantique de la matière par l'intermédiaire du modèle des électrons libres de Sommerfeld. Le principe de Pauli débouche sur la statistique Fermi-Dirac et détermine l'ordre électronique. On introduit les notions d'espace réciproque et de niveau de Fermi. L'apparition des bandes interdites est discutée en termes de la diffraction de Bragg des ondes électroniques sur le potentiel périodique cristallin. Les modes de vibrations du cristal (phonons) sont introduits de manière classique. Le module se termine par une conférence (1 heure) sur les spectroscopies modernes des états électroniques.
Le troisième module (3 heures) traite la conséquence de l'existence des bandes interdites sur les propriétés électriques et optiques des semi-conducteurs. Le confinement quantique est proposé comme une voie de contrôle et d'ingénierie des propriétés électroniques de la matière. Le module se termine par une conférence (1 heure) sur les propriétés optiques des semi-conducteurs et le rôle du confinement. Alternativement, une conférence sur le transport d' électrons et de chaleur dans les circuits mésoscopiques est proposée.
La quatrième partie du cours (2 heures dont 1 heure de conférence) traite le phénomène de supraconductivité. Une conférence introductive portera sur la découverte même de ce phénomène extraordinaire. Une démonstration thermodynamique appuiera la nature quantique de l'effet. Une deuxième partie sera consacrée à la réponse du condensat supraconducteur aux excitations extérieures telles que champs magnétique et électrique. Les applications de la supraconductivité seront évoquées.

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 10
Crédits ECTS : 1
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : mercredi 15 mai 2013

Physique et exploitation des réacteurs REP

A l'issue de ce module les élèves connaitront les éléments principaux du cycle du combustible et les points essentiels liés à l'exploitation des réacteurs à eau légère pressurisée.

Le combustible - son évolution dans les REP 3
Le cycle du combustible 3
Chargement et environnement des composants en service dans les REP 6
Chimie primaire 3
Les accidents par perte de réfrigérant primaire 3
Notions de sûreté 6
Les déchets radioactifs 3
Les filières à neutrons rapides 6
La R&D pour GEN IV 3
Economie du nucléaire 3

Modalités d'évaluation
13 séances de 3 heures

Période : Automne
Crédits ECTS : 8
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 14 septembre 2011

Physique Quantique

Le but est de donner une culture de base sur la mécanique à l'échelle des atomes. Cette culture sera ensuite développée dans d'autres cours : en optique, en chimie, en physique des solides, etc. L'esprit du cours consiste à introduire les principes et les concepts qui sous-tendent la physique quantique, et à montrer comment ils s'appliquent pour décrire des expériences.

Contenu
Ondes et particules : niveaux d'énergie
Les principes de la Mécanique Quantique
Les systèmes usuels : oscillateurs, effet tunnel, ...
Les niveaux atomiques
Le moment cinétique et le spin
Préceptorat
Les séances de préceptorat permettront d'aborder de nombreux domaines de la physique contemporaine (fondamentale ou appliquée) où la mécanique quantique joue un rôle majeur.
Dualité "onde - corpuscule". Applications aux sondes de la matière et à l'optique

atomique.
Centres colorés dans les cristaux ioniques (centres F).
Méthode W.K.B.. Applications à l'effet tunnel et au modèle de Gamow de l'émission alpha.
Formation de l'Hydrogène moléculaire interstellaire.
Interférométrie de neutrons. Application à la rotation d'un spin et à l'effet gravitationnel.
Etats quantiques factorisables, états quantiques intriqués. Applications aux principes de la téléportation d'un qubit et à la cryptographie quantique.
Travaux pratiques
Pompage optique du Cs et du Rb
Résonance paramagnétique électronique
Résonance Magnétique Nucléaire : doublet de PAKE
Microscope à effet tunnel : imagerie atomique du graphite
Radioactivité et pouvoir de ralentissement
Microscopie à Force Atomique : imagerie de surfaces
Initiation aux techniques du vide

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 40
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 02 mai 2013

Physique quantique et statistique

En second semestre de deuxième année, le cours de physique de 18 blocs comportera la seconde partie de la Mécanique quantique (7 blocs), suite naturelle du cours de Tronc commun, et la Physique statistique (11 blocs).

La Mécanique quantique et la Physique statistique sont les deux piliers de la physique moderne.

La Physique quantique est la théorie fondamentale des processus à l'échelle microscopique. Elle a permis de déterminer la structure des noyaux, des atomes, des molécules, d'élucider la nature de la lumière, et elle constitue un outil indispensable pour comprendre la physique d'aujourdhui, des particules élémentaires jusqu'aux étoiles et au Big Bang. Son impact économique est tout aussi important : la plupart des produits de haute technologie (électronique, lasers et optronique, nanotechnologies, télécommunications) sont directement issus de concepts quantiques.

Le cours de Physique quantique, enseigné par Manuel Joffre, est dans le prolongement direct du cours d'introduction à la physique quantique proposé en tronc commun (PHY311). Il commence par la présentation du formalisme de base et son illustration sur quelques systèmes simples. Il aborde ensuite les problèmes à plusieurs degrés de liberté, ce qui mène directement à l'étude de la quantification des moments cinétiques et au concept de spin. Ces concepts sont illustrés par des exemples tirés de la

physique atomique et de la résonance magnétique nucléaire, les états intriqués. Le cours se termine par l'étude des systèmes de particules identiques et du principe de Pauli, qui constitue un lien naturel avec le cours de physique statistique.

L'objet de la Physique statistique est d'étudier le comportement collectif de systèmes contenant de très grands nombres de particules. La question fondamentale est d'établir un pont entre les comportements macroscopiques des matériaux et les lois microscopiques qui gouvernent l'évolution de leurs constituants. Tous les solides sont faits d'électrons et d'ions, particules quantiques en interaction Coulombienne ; pourtant certains sont des isolants, d'autres des conducteurs ou des semi-conducteurs, d'autres encore présentent des phases supraconductrices. A l'origine de toutes ces différences on trouve les effets collectifs ; leur compréhension est donc fondamentale pour toute la physique des solides, depuis les composants électroniques jusqu'aux mémoires magnétiques. Dès que l'on traite de grands nombres de constituants, il apparaît des phénomènes nouveaux comme l'apparition des formes, les structures ordonnées, des problèmes de dynamique liés à l'irréversibilité, la vie, qui nécessitent leur propre cadre conceptuel. Initialement développée pour expliquer la thermodynamique, la physique statistique a évolué au cours de ces dernières années vers le modélisation des systèmes complexes, dans lesquels les « particules » peuvent être des agents économiques, des neurones, des « bits » d'information...

Le cours de Physique statistique, enseigné par Marc Mézard et Jean-Philippe Bouchaud, présente les bases de cette matière : description probabiliste, entropie statistique, lien avec la thermodynamique. Puis il aborde la question des particules identiques et les conséquences du principe de Pauli. Les concepts sont illustrés par des exemples allant de la physique des solides (métaux, semi-conducteurs) à l'étude des propriétés thermiques du rayonnement, mais également par des comportements collectifs de systèmes complexes hors de la physique, allant des biomolécules à la théorie de l'information et aux agents en interactions.

Références bibliographiques :

Mécanique quantique par Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard (2002)
Problèmes quantiques par Jean-Louis Basdevant et Jean Dalibard (2004)
Table des matières
Ouvrages disponibles auprès des Editions de l'Ecole Polytechnique
Physique statistique par Antoine Georges et Marc Mézard
Physique statistique - Exercices et corrigés par Claudine Hermann

Période : Printemps
Nombre d'heures : 72
Crédits ECTS : 10
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mardi 10 avril 2012

Projet de Physique

Ce module d?enseignement, ouvert aux étudiants des départements IMI et GMM, constitue une introduction à la mécanique quantique par la simulation numérique.
À l?issue du module, les étudiants sauront calculer numériquement les propriétés électroniques de systèmes modèles : atome et molécule simple. Les étudiants auront également appronfondi, par la réalisation d?un projet numérique, leur compréhension de phénomènes physiques ne pouvant être décrits classiquement: effet tunnel, énergie du point zero et bandes d?énergie des semiconducteurs.

1. cours d?introduction: dualité entre ondes et particules, postulats de la mécanique quantique, particule dans un puit de potentiel.
2. travail dirigé : un sujet à choisir parmi les différents sujets proposés, sous la forme d?un devoir préparant la partie autonome.
3. projet autonome : un sujet à définir en concertation avec les enseignants et à traiter dans la continuité du travail dirigé.
Exemples de sujets traités les années précédentes: maser (microwave amplification by stimulated emission of radiation) à ammoniaque, niveaux quantiques à travers la table périodique, structure de bandes d?alliages semiconducteurs, schémas numériques pour l?équation de Schroedinger forcée.

Niveau requis
Cours de calcul scientifique de première année. Cours d?informatique et logiciels scientifiques de première année.
Cours de mécanique quantique de première année (recommandé). Cours de modélisation, programmation et simulation de deuxième année IMI (recommandé).

Modalités d'évaluation
1 séance d?introduction (3h), 2 entretiens (1h) durant la partie dirigée, 2 à 4 entretiens (1h) durant le partie autonome.

Période : Printemps
Crédits ECTS : 6
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mardi 26 juillet 2011

Relativité et Electromagnétisme

Contenu
Limites de la mécanique de Newton-Galillée
Relativité restreinte
Structure de l'espace temps de Minkowski (quadrivecteurs, causalité)
Cinématique relativiste
Dynamique relativiste
Electromagnétisme
Equation de Dirac (spin de l'électron, antimatière)

Période : Hiver & Printemps

Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : jeudi 02 mai 2013

Relativité et principes variationnels

Le programme comporte : la relativité, les principes variationnels et la mécanique analytique.

Les objectifs de ce cours sont de nature diverse. Objectif culturel, pour les élèves intéressés par des aspects du progrès conceptuel de la physique, sans forcément vouloir continuer des enseignements de physique par la suite. Objectif utilitaire : d'autres disciplines, comme les mathématiques pures et appliquées, ou la mécanique, font appel aux notions abordées dans ce cours. Souci, enfin, d'élargir les connaissances en physique ciblé surtout à ses aspects fondamentaux. Nous avons délibérément choisi pour ce cours une thématique différente et complémentaire à celle du cours de physique de second semestre pour que les élèves aimant la physique puissent en apprendre davantage en suivant ce cours de premier semestre.

Référence bibliographique :

Introduction à la relativité par David Langlois (2011)
Introduction à la relativité par André Rougé (2000)
Ouvrage disponible auprès des Editions de l'Ecole Polytechnique.
Principes variationnels et Mécanique analytique par Jean-Louis Basdevant, Christoph Kopper (2011).

Période : Automne
Nombre d'heures : 36
Crédits ECTS : 5
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : vendredi 20 janvier 2012

Rhéophysique et matière molle

Dans leur jeune âge, les matériaux à base de ciment ou de plâtre se présentent sous la forme de pâtes visqueuses aux propriétés complexes. La facilitation de leur mise en place en toutes conditions, mais aussi la diminution des nuisances environnementales et la qualité de la structure finale, exigent la maîtrise la plus

avancée de leur comportement d'un point de vue physique et mécanique. Les connaissances et les méthodes proposées dans le cadre de ce cours trouvent de nombreuses applications dans la formulation, la mise en forme ou l'utilisation d'un grand nombre de matériaux des industries du génie civil, de l'agroalimentaire, des cosmétiques, ou encore dans la modélisation des écoulements naturels (avalanches, coulées de boue, laves).

1. Bases
   * Colloïdes, tensio-actifs, grains, bulles, gouttes
   * Polymères
   * Rappels de mécanique des milieux continus, principaux comportements mécaniques
2. Applications
   * Rhéophysique des pâtes, des suspensions et des milieux granulaires
   * Rhéophysique des polymères et des tensio-actifs
   * Rhéométrie (plans parallèles, cône-plan, cylindres coaxiaux,…)
   * Ecoulements non-viscosimétriques (étalement, écrasement, mouvement d'un objet) – Rhéométrie « pratique »
3. Compléments
   * Phénomènes particuliers : sédimentation, ségrégation, compaction
   * Séance expérimentale : Rhéométrie par IRM
   * Comportements aux interfaces : mouillage, imprégnation, adhésion

Références bibliographiques :

* R. LARSON, The Structure and Rheology of Complex Fluids , Oxford University Press (1999)
* W.B. RUSSEL, D.A. SAVILLE, W.R. SCHOWALTER, Colloidal Dispersions, (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1989)
* P. COUSSOT, J.L. GROSSIORD, Comprendre la Rhéologie - de la circulation du sang à la prise du béton, (EDP Sciences, Les Ulis, 2002)
* P.G. DE GENNES, F. BROCHARD-WYART, D. QUERE, Capillarity and wetting phenomena: drops, bubbles, pearls, waves, (Springer, New York 2004)

Niveau requis
Physique générale

Modalités d'évaluation
Exposé sur article

Période : Automne
Nombre d'heures : 30
Crédits ECTS : 5
École : École Polytechnique
Dernière mise à jour : mardi 26 juin 2007

Thermodynamique Statistique

Ce cours est une introduction aux idées générales et aux méthodes de la physique statistique. On insistera particulièrement sur les concepts de base (entropie, température) et sur la pertinence des méthodes utilisées dans d'autres disciplines comme la chimie ou la biologie. On discutera certains exemples classiques (gaz parfait, paramagnétisme, élasticité des polymères), ainsi que la physique des transitions de phase et des phénomènes collectifs et les statistiques quantiques. On tentera de maintenir un (difficile) équilibre entre approche intuitive des phénomènes et calculs plus rigoureux.

Contenu
Introduction et rappels de thermodynamique
Probabilités et marches aléatoires
Equation de Boltzmann
Physique statistique d'un système isolé: ensemble "microcanonique"
Physique statistique à température constante: énergie libre, ensemble canonique
Physique statistique des sytèmes classiques sans interactions
Physique statistique à potentiel chimique constant: ensemble grand canonique
Gaz parfaits quantiques
Transitions de phase, champ moyen
Equation de Langevin, théorème de fluctuation-dissipation
Préceptorat
Les tuteurs ont une grande liberté de choix des sujets traités. Parmi les thèmes abordés: Le Mouvement Brownien, les phonons, la simulation numérique des transitions de phase. Le but est à la fois d'approfondir les notions du cours (ce qui complète les Travaux Dirigés) et d'explorer des sujets plus pointus.

Travaux pratiques
 Travaux pratiques communs aux cours de Thermodynamique Statistique et de Thermodynamique Physico-Chimique.

Niveau requis
Une bonne connaissance de la thermodynamique et des mathématiques de base sont requises pour ce cours.

Modalités d'évaluation
L'examen comprend deux parties, une question de cours noté sur 8 points et un problème noté sur 12 points. Aucun document n'est autorisé.

Période : Hiver & Printemps
Nombre d'heures : 42
Crédits ECTS : 3
École : École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de la Ville de Paris
Dernière mise à jour : lundi 15 avril 2013

Un monde chaotique

Contexte
Les idées et les applications des systèmes non linéaires, quelquefois chaotiques, se sont répandues dans plusieurs disciplines et ont donné un caractère universel à cette grille nouvelle de lecture de l'Univers. L'impact de cette dernière sur un grand nombre de disciplines est considérable. Qu'il s'agisse de défrichage ou d'études détaillées, il n'est guère de science fondamentale ou appliquée qui reste étrangère aux outils et aux idées des systèmes non linéaires : physique (astrophysique, physique quantique, électromagnétisme, mécanique, ?), chimie, biologie, médecine, économie, sciences de l'ingénieur font partie des sciences concernées.
Il est remarquable que des systèmes structurellement simples puissent exhiber une profusion de comportements compliqués et que, réciproquement, le comportement de systèmes complexes puisse être décrit avec une simplicité inattendue. L'identification et la description de l'évolution d'un système donné est à l'origine de recherches soutenues, de progrès importants et d'applications d'intérêt général élevé. L'essor de ce domaine est soutenu par la sagacité des théoriciens et les possibilités de calcul sans cesse accrues des ordinateurs, ou des réseaux d'ordinateurs.
Objectif pédagogique
Ce cours vise à faire connaître et à mettre au travail, à un niveau plutôt élémentaire, les concepts fondamentaux et quelques applications de la théorie des systèmes dynamiques non-linéaires. L'ensemble aboutit naturellement au chaos et aux phénomènes associés en faisant émerger, au passage, un grand nombre de concepts unificateurs et transdisciplinaires : chaos, bifurcations, fractales, attracteurs, stabilité, espace des phases, sensibilité aux conditions initiales, contrôle et prédiction etc. Il sera ainsi possible de préciser la dynamique qualitative d'un système qui se prête mal à l'analyse quantitative détaillée.
Objectif de formation
Il s'agit d'être capable, en situation, d'identifier la structure d'un système, au-delà des diversités de ses réalisations ; par exemple reconnaître que les équations régissant tel laser et tel écoulement hydrodynamique sont identiques et tout à fait générales ; toute expérimentation sur un système est dès lors " traduisible " en termes de l'autre, ce qui ouvre la possibilité de choisir l'expérimentation physique la plus simple à réaliser. La structure identifiée, il s'agira aussi et surtout de savoir choisir et de savoir utiliser les outils méthodologiques généraux permettant l'étude pratique de ce système.
Quelques autres mots-clés (en vrac) :
Chaos et cosmos, perte de prédictibilité, dimensions non entières, oscillateurs, perturbations, continu et discret, climat, solitons, espace des phases, sections de Poincaré, entropies, automates cellulaires, populations, épidémiologie, déterminisme, crises, universalité, aperçus épistémologiques, transitions de phase ?,

Séances 1 et 2 : Quelques exemples élémentaires
Du linéaire au non linéaire, de la stabilité à l'instabilité.
Premiers exemples : pendules, proies et prédateurs, cinétiques.
Séance 3 et 4 : Généralisations, concepts opérationnels

Sections de Poincaré, attracteurs réguliers ou étranges, dimensions, bifurcations et codimensions, autosimilarité, fractales.
Séance 5 : Présentation de cas
Présentation de projets : par exemple croissance, système mécanique, réseaux de neurones, épidémiologie, astrophysique, solitons, circuits électriques, ? Présentation de réalisations antérieures d'étudiants.
Séance 6 et 7 : Travaux personnels encadrés
TD devant ordinateurs (voir plus bas) : préparation (encadrée) du travail personnel.
Séance 8 : Outils méthodologiques généraux
Méthodes mathématiques d'analyse.
Séances 9 et 10 : Mises en commun et discussions
Présentation des travaux. Bilans.

Niveau requis
Cours de niveau CPGE. Rudiments de calcul scientifique

Modalités d'évaluation
Dix séances de trois heures chacune : Six séances de cours, deux séances de TD et deux séances de présentation de travaux personnels encadrés.

Période : Automne
Crédits ECTS : 3
École : École des Ponts ParisTech
Dernière mise à jour : mercredi 02 novembre 2011