

Université de Gabès
Faculté des Sciences de Gabès

Master de Recherche, régime LMD
en
Physique des matériaux et nanomatériaux

Descriptif détaillé des programmes de formation

M1, premier semestre

Université : Gabes	Etablissement : Faculté des Sciences de Gabes	Mastère	Professionnel	Recherche
Domaine de formation : Sciences et techniques		Mention	De recherche	
			Physique	

Semestre 1

N°	Unité d'enseignement	Nature de l'UE (Fondamentale / Optionnelle)	Elément constitutif d'UE	Volume horaire semestriel (14 semaines)				Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
				Cours	TD	TP		ECUE	UE	ECUE	UE	Contrôle continu	Régime mixte
UEF 1-1	Physique des semiconducteurs et des dispositifs	Fondamentale	Physique des semiconducteurs et des dispositifs	1,5	1,5	1		6	6		4		x
UEF 1-2	Physique des solides1	Fondamentale	Physique des solides1	1,5	1	1		6	6		4		x
UEF 1-3	Interaction rayonnement matière	Fondamentale	Interaction rayonnement matière	1,5	1			5	5		3		x
UEF 1-4	Analyse numérique et informatique	Fondamentale	Analyse numérique et informatique	1,5	1,5 (TD-TP)			6	6		4		x
UEO	Module optionnel							5	5		3		x
		Optionnelle		1,5	1,5								
UET	Langue	UET	Anglais	1,5				2	2		1	x	

Volume horaire/semaine : 16heures

Volume horaire semestriel : 224heures

M1, deuxième semestre

Université : Gabes	Etablissement : Faculté des Sciences de Gabes	Mastère	Professionnel	Recherche
Domaine de formation : Sciences et techniques			De recherche	
			Mention	Physique

Semestre 2

N°	Unité d'enseignement	Nature de l'UE (Fondamentale / Optionnelle)	Elément constitutif d'UE	Volume horaire semestriel (14 semaines)				Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
				Cours	TD	TP		ECUE	UE	ECUE	UE	Contrôle continu	Régime mixte
UEF2-1	Physique des solides 2	Fondamentale		2	1,5	1		6	6		4		X
UEF2-2	Physique statistique et transition des phases	Fondamentale		2	1	1		6	6		4		X
UEF2-3	Théorie des groupes et symétrie en physique	Fondamentale		1,5	1			5	5		3		X
UEF2-4	Nanomatériaux et nanotechnologie	Fondamentale		1,5	1			6	6		4		X
UEO2	Module optionnel	Optionnelle		1,5	1			5	5		3		X
UET2	Langue	UET	Anglais	1,5				2	2		1	X	

Volume horaire/semaine : 16heures

Volume horaire semestriel : 224heures

M2, premier semestre

Université : Gabes	Etablissement : Faculté des Sciences de Gabes	Mastère	Professionnel	Recherche
Domaine de formation : Sciences et techniques		Mention	De recherche	
			Physique	

Semestre 3

N°	Unité d'enseignement	Nature de l'UE (Fondamentale / Optionnelle)	Elément constitutif d'UE	Volume horaire semestriel (14 semaines)		Crédits		Coefficients		Régime d'examen	
				Cours	TD	ECUE	UE	ECUE	UE	Contrôle continu	Régime mixte
UEF3-1	Nanostructures semiconductrices et applications	Fondamentale	Nanostructures semiconductrices	2		3	6	2	4		
			Dispositifs optoélectroniques nanométriques	1,5		3		2			
UEF3-2	Méthodes d'élaboration et de caractérisation	Fondamentale	Méthodes d'élaboration	2		3	6	2	4		
			Méthodes de caractérisation	2		3		2			
UEF3-3	Nanomatériaux	Fondamentale	Nanomagnétisme et électronique de spin	1,5		3	6	2	4		
			Nanoélectronique et électronique moléculaire	1,5		3		2			
UEF3-4	Modélisation et simulation en physique	Fondamentale	Modélisation et simulation en physique	1.5		4	4	2	2		X
UEO3	Module optionnel	Optionnelle	Module optionnel	3		6	6	4	4		X
UET	Anglais	Transversale	Anglais	1		2	2	1	1	X	

Fiches descriptives des unités d'enseignement (UE)

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Physique des semiconducteurs et des dispositifs

Nombre des crédits: ..6...
Code UE : ...UEF 1-1

Université : Gabes.....	Etablissement : Faculté des Sciences.
--------------------------------------	---

Domaine de formation : ... Sciences et technologie	Mention : Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre1.....
MR X... Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

Rappels

Structure cristalline; états électroniques dans les semiconducteurs; statistiques et fonction de distribution des électrons; semiconducteur à l'équilibre et hors équilibre.

Diodes à semi-conducteurs

Équilibre thermodynamique et potentiel de jonction : zone de charge d'espace, polarisation d'une jonction, jonction d'une diode « longue » polarisée en direct, diode à base « courte » polarisée en direct, photosensibilité, modélisation de la diode, capacités de la jonction, mécanismes de génération – recombinaison dans la zone de charge d'espace; jonction en régime transitoire.

Transistors bipolaires

Effet transistor; équations fondamentales du transistor bipolaire: équations d'Ebers - Moll, phénomènes limitant la fonction des transistors, régimes de fonctionnement du transistor; effet Early; Commutation du transistor; commutation d'un montage Darlington; commutation du transistor de puissance

Transistors à effet de champ

Fonctionnement du transistor à l'effet de champ MOS, montages de base à transistor MOS, modélisation du MOS, commutation du MOS, optimisation de la commutation du transistor MOS.

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Physique des solides 1

Nombre des crédits: ...6...
Code UE : UEF 1-2

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences....
-------------------------------------	---

Domaine de formation : Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	Semestre
MP Parcours :1.....
MRX.....Parcours :

Contenu du programme

Théorie classique des métaux : - Modèle de Drude

Théorie quantique des électrons libres : Modèle de Sommerfeld; surface de Fermi et densité d'états; propriétés des gaz électroniques quantiques

Structure de bandes

Electrons dans un potentiel périodique

Fonctions de Bloch, notion de bandes; vitesse moyenne, masse effective, métaux, semiconducteurs et isolants; modèle de Kronig-Penney; modèle des électrons presque libres; modèle des liaisons fortes, fonctions de Wannier, densité d'états, masse effective

Propriétés de transport électroniques

Dynamiques des électrons de Bloch, approximation du temps de relaxation, magnéto-transport,

Propriétés optiques des solides

Relations de Kramers-Kronig ; transitions électroniques ; excitons : excitons libres et excitons liés ; effet Raman.

Vibration des réseaux

Introduction, quantification des vibrations d'un réseau périodique, relations de dispersion pour les phonons, interaction électron - phonon

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Interaction rayonnement - matière

Nombre des crédits: 5
Code UE : UEF 1-3

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre1.....
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

Approches phénoménologiques ; approche semi-classique : l'atome isolé, effet de l'environnement : équations de Bloch, généralisation des équations de Bloch, interaction avec un champ non monochromatique, force d'oscillateur.

Description quantique du champ électromagnétique

Interaction entre atome et champ quantique

Emission spontanée : approche perturbative, approche non perturbative de Wigner-Weisskopf, relaxation de l'atome par émission spontanée.

Interactions quasi-résonnantes dans les systèmes à deux niveaux

Systèmes à trois niveaux : pompage optique, piégeage cohérent de population, déplacements lumineux, sauts quantiques.

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Analyse numérique et informatique

Nombre des crédits: 6

Code UE : UEF 1-4

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux1.....

Contenu du programme

Techniques d'interpolation

Interpolation polynomiale; méthode des moindres carrés

Intégration numérique

Formules de quadrature de Newton-Cotes; formules de Gauss

Dérivation numérique

Résolution des systèmes d'équations linéaires

Méthode de Gauss-Jordan. Matrices bandes; méthode de Crout. Calcul d'un déterminant; calcul des valeurs propres et vecteurs propres ; résolution de l'équation caractéristique, méthode de la puissance itérée ; déflation de la matrice; méthode d'orthogonalisation de Gram-Schmidt

.Résolution des systèmes d'équations non linéaires et des équations différentielles

Résolution des équations aux dérivées partielles

Transformation de Fourier discrète

Méthodes de Monte-Carlo

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

<b style="color: blue;">Intitulé de l'UE Physique des solides 2

Nombre des crédits: 6
Code UE : UEF 2-1

Université : Gabes.....	Etablissement : Faculté des Sciences.
--------------------------------------	---

Domaine de formation : ... Sciences et technologie	Mention : Physique.....
Diplôme et Parcours MP Parcours : MR X... Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	Semestre2.....

Contenu du programme

Magnétisme

Systèmes de spin sans interaction : introduction, paramagnétisme, diamagnétisme atomique, diamagnétisme de Landau, Effet de Has-van Alphen

Ferromagnétisme : origine et théorie du champ moyen : systèmes de spins en interaction, ferromagnétisme dans l'approximation du champ moyen, anisotropie magnétique.

Théorie de magnons dans les ferromagnétiques : traitement classique, théorie quantique, propriétés magnétiques d'un ferromagnétique à basse température.

Antiferromagnétisme et ferrimagnétisme : antiferromagnétisme, théorie des magnons, ferrimagnétisme.

Supraconductivité

Température critique, propriétés thermoélectriques, effet Meissner, champs critiques, chaleur spécifique, équation de London, théorie BCS, théorie de Landau-Ginzburg, quantification du flux, courants persistants, effet Josephson

Diamagnétisme et paramagnétisme

Interaction des solides avec les champs magnétiques, diamagnétisme de Larmor, règles de Hund, paramagnétisme de Van-Vleck, loi de Curie pour les ions libres, loi de Curie dans les solides, désaimantation adiabatique, paramagnétisme de Pauli, diamagnétisme des électrons de conduction,

Matériaux diélectriques et matériaux ferroélectriques

Les types de comportement diélectrique; polarisation électronique et constante diélectrique. Cristaux ferroélectriques: thermodynamique de la ferroélectricité (théorie de Landau), transition ferroélectrique; écrantage diélectrique et oscillations plasma; ondes de Alfvén; méthodes de Thomas-Fermi et de Debye-Hückel

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Physique statistique et transition de phases

Nombre des crédits: 6
Code UE : UEF 2-2

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre2.....
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

Modèle d'Ising à une dimension et à deux dimensions

Transitions de phase

Symétrie brisée, modèle de Landau; recherche des paramètres d'ordre; ordre des transitions, modes de Goldstone, rigidité généralisée

Phénomènes critiques

Exposants critiques, lois d'échelle, universalité ; hypothèse d'homogénéité, groupe de renormalisation

Transition de Kosterlitz-Thouless

Applications aux cristaux liquides, à la percolation, aux polymères

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE Théorie des groupes et symétrie en physique

Nombre des crédits: 5

Code UE : UEF 2-3

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
-------------------------------------	--

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours MP Parcours : MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	Semestre2.....

Contenu du programme

Notions générales sur les groupes

Définition et propriétés d'un groupe ; classe et relation entre classes

Théorie des représentations et table de caractères

Représentation d'un groupe, représentations réductibles et irréductibles; théorème d'orthogonalité, lemme de Schur, théorie d'orthogonalité; décomposition d'une représentation réductible, produit direct de représentations, application en mécanique quantique

Groupes continus de rotation et moments angulaires

Groupes continus; représentations des rotations; coefficients de Clebsh – Gordan; opérateurs tensoriels; théorème de Wigner - Eckart

Application aux atomes, molécules et solides

Termes spectraux, termes de structure fine et structure hyperfine; effet Zeeman; règles de sélection; orbitales moléculaires; spectroscopies de vibration, de rotation et électronique; propriétés de symétrie dans les solides; effet du champ cristallin; structure de bandes.

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE Nanomatériaux et Nanotechnologie
--

Nombre des crédits: 6

Code UE : UEF 2-4

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
-------------------------------------	--

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours MP Parcours : MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	Semestre2.....

Contenu du programme

Introduction générale; Nanomatériaux et sécurité, santé ; Nanomatériaux et environnement

Quelques généralités relatives aux petites dimensions : définitions, spécificités (structure cristalline et électronique, thermodynamique,...), surface/volume

Principales voies de synthèse : phase vapeur : vapeur-solide, vapeur-liquide-solide; en solution : précurseur organométallique, micelles et micelles inverses; broyage mécanique

Propriétés des nanoparticules individuelles

Nanoclusters métalliques ; nombres magiques ; Structures géométriques ; Structure électronique ; Réactivité

Transition du massif vers le nanométrique.

Nanoparticules semiconductrices

Propriétés optiques ; Photofragmentation ; Explosion coulombienne

Nanostructures de carbone

Nature des liaisons carbone ; Nouvelles structures du carbone ; Découverte du carbone 60 ; Structure du C60

Supraconductivité du C60 ; Les fullerènes

Nanotubes de carbone : Fabrication ; Structure ; Propriétés électriques ; Propriétés vibrationnelles

Applications des nanotubes de carbone : Emission du champ et blindage ; Piles à combustible ; Capteurs chimiques ; Catalyse

Matériaux massifs nanostructurés

Nanostructures solides désordonnées : Méthodes de synthèse ; Propriétés mécaniques

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Nanostructures semiconductrices et applications

Nombre des crédits: 6
Code UE : UEF 3-1

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours MP Parcours : MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	Semestre3.....

Contenu du programme

Propriétés électroniques des nanostructures

Modèle k.p et fonctions enveloppes, masse effective et impuretés. Dopage, modulation de dopage, effets des champs électrique et magnétique. Hétérostructures de semiconducteurs, structures à 2D, 1D et 0D.

Propriétés de transport

Transport parallèle et perpendiculaire dans les nanostructures, transport diffusif et transport ballistique, formule de Landauer, conductance quantifiée.

Propriétés optiques

Modèles classique et semi classique, absorption optique : massif et systèmes à dimension réduite (2D, 1D et 0D), excitons. Polaritons. Interaction électron-phonon et relaxation.

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Méthodes d'élaboration et de caractérisation

Nombre des crédits: 6

Code UE : UEF 3-2

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre3.....
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

UCUE1 : Méthodes d'élaboration

Rappels de thermodynamique.

Equilibre entre deux phases binaires. Epitaxie en phase vapeur. Epitaxie en phase liquide. Phases hors équilibre. Loi de Hertz-Knudsen. Activité. Epitaxie par jets moléculaires.

Régimes de croissance (couche par couche, formation d'îlots).

Désaccord de maille. Couches pseudomorphiques et relaxées. Epaisseur critique. Mécanismes de relaxation des contraintes.

Energie de surface. Relaxations atomiques et reconstructions de surface.

Température de sublimation congruente.

Adatomes et diffusion surfacique. Marches atomiques. Energie et rigidité de ligne.

Rôle des marches et des crans. Vers une compréhension microscopique de l'épitaxie.

Notions de nucléation et mécanisme de croissance: rôle de défauts;

Diagrammes d'équilibre de phases et leur application à la synthèse des matériaux.

Principe et mise en œuvre des principales méthodes de croissance; Ségrégation des impuretés

Critères de choix des différentes méthodes de dépôt ...

Méthodes de dépôt chimique: Méthodes de dépôt en solution; Synthèses sol gel et hydrothermale; Dépôt chimique en phase vapeur

Méthodes de dépôt physique: Evaporation; Epitaxie par jet moléculaire; pulvérisation cathodique, ablation laser.

UCUE2 : Méthodes de caractérisation

Microscopie à effet tunnel (STM)

Principe et modes de fonctionnement ; Interprétation des images de résolution atomique

Spectroscopie tunnel, Manipulation d'atomes à l'aide d'une pointe STM

Microscopie de force atomique (AFM)

Présentation de l'AFM : Tête optique, leviers AFM, pointes AFM, céramique piézoélectrique

Description du mode contact : Modes asservi et non asservi, Résolution latérale, résolution moléculaire ; Phénomènes perturbant l'information recueillie par une pointe AFM, Courbes de force.

Diffraction des rayons X

Loi de Bragg, Spectroscopie des rayons X; Méthodes de diffraction; Intensité des faisceaux diffractés: diffusion par un atome; diffusion par une cellule primitive; calcul du facteur de structure; intensités des raies du diffractogramme de poudres; Détermination de la structure cristalline, indexage du diffractogramme d'un cristal cubique, indexage du diffractogramme d'un cristal non cubique, détermination du nombre d'atomes par maille primitive; dimensions cristallines: taille du grain, taille des particules;

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Nanomagnétisme et nano-optoélectronique

Nombre des crédits: 6
Code UE : UEF 3-3

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre3.....
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

UCUE 3-3-1. Nanomagnétisme et électronique de spin

Fondements du magnétisme

Transport dépendant du spin dans les métaux

Transport dépendant du spin dans les matériaux magnétiques et non magnétiques, diffusion du spin et longueur de diffusion, notion d'accumulation de spin, Equations de diffusion/relaxation : loi d'ohm généralisé, Effets de magnétorésistance géante (GMR), Formalisme matriciel de la GMR : Application au cas des multicouches

Transport tunnel dans les jonctions tunnel magnétiques

Jonctions tunnel magnétiques, transport tunnel dépendant du spin, Magnétorésistance tunnel et modèle de Jullière, jonctions semiconductrices et transport de trous / Formalisme matriciel, Formalisme à 6 bandes, Problème d'injection de spins dans les semiconducteurs.

Introduction au transport mésoscopique

Conductivité et temps de relaxation, Collisions élastiques et inélastiques, cohérence de phase, Effet Aharonov Bohm, Fluctuations de conductance, Localisation faible et localisation forte

Magnétisme orbital d'un anneau mésoscopique : courants permanents

Spectre d'un anneau mésoscopique 1D en présence d'un flux, Courants permanents : rôle de la température et du désordre, Réponse d'un anneau mésoscopique à une force électromotrice : conductance d'un conducteur quantiquement cohérent isolé.

Transport quantique dans les nanotubes de carbone

Relation entre structure atomique et structure de bande, Particularités du transport cohérent dans le nanotubes de carbone : Rôle du champ magnétique et du couplage aux modes de vibration.

UCUE 3-3-2. Dispositifs optoélectroniques nanométriques

Propriétés optiques des boîtes quantiques auto organisées

Théorie des lasers à boîtes quantiques

Principe des lasers à boîtes quantiques, Fonction de distribution des porteurs, courant de seuil, modulation haute fréquence ; lasers à boîtes quantiques à grande longueur d'onde, LBQ de forte puissance ; transitions inter sous-niveaux et applications.

Physique et applications des boîtes quantiques dans les matériaux photoniques

Fiche descriptive d'une unité d'enseignement (UE) et de ses éléments constitutifs (ECUE)

Intitulé de l'UE
Modélisation et simulation en physique

Nombre des crédits: 4
Code UE : UEF 3-4

Université :Gabes.....	Etablissement :Faculté des Sciences.
------------------------------	---

Domaine de formation : ...Sciences et technologie	Mention :Physique.....
Diplôme et Parcours	
MP Parcours :	Semestre3.....
MRX...Parcours : Physique des matériaux et nanomatériaux	

Contenu du programme

Théorie de la structure électronique

Les particules identiques: Introduction, les atomes multiélectroniques, les solides, la statistique des bosons et des fermions.

Théorie de la fonctionnelle densité (DFT)

Problème à N corps et structure électronique, approximation de Hartree Fock, approximation de la densité locale, solution des équations de Khon Sham, auto coherence.

La méthode des pseudo potentiels

La méthode des ondes planes linéarisées (LAPW)

La base des fonctions LAPW, le rôle de la linéarisation en énergie, représentation du potentiel et de la densité de charges, solution de l'équation de Poisson, le potentiel d'échange corrélation, les éléments de matrice de l'hamiltonien et l'overlap, l'intégration dans la zone de Brillouin, l'énergie totale.

La méthode des projecteurs et ondes planes augmentées (PAW)

Méthodes des orbitales Muffin Tin linéarisées

Méthode linéaire pour une sphère atomique, paramètres du potentiel, erreurs de linéarisation, paramètres de potentiel des électrons libres, indépendance en énergie des orbitales Muffin tin, bandes canoniques et facteurs de structures, éléments de matrice de l'hamiltonien.