



Master

Physique Théorique

Programme pédagogique

Programme de la formation Master par semestre

Semestre 1

Tableau1 : synthèse des Unités d'Enseignement

	UE1	UE2	UE3	Total
Code de l'UE	UEF11	UEF12	UEM 1	
Type	Fondamentale	Fondamentale	Méthodologique	
VHH	12h	06h	04h30	22H30
Crédits	16	08	06	30
Coefficient	08	04	03	

Tableau2 : la répartition en matières pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH(heures)				Crédits matières	Coeff.
		C	TD	TP	Travail Personnel		
UEF 11							
Théorie des champs I : Théorie des champs classique	PhysTh15	3	3	//	6	08	4
La seconde Quantification : Le formalisme générale et applications	PhysTh16	3	3	//	6	08	4
UEF 12							
Géométrie différentielle I : Géométrie des variétés	PhysMath7	3	3	//	6	08	4
UEM 1							
Symétries et invariances	PhysTh17	3	1,5	//	4,5	06	3
Total							
		12	10,5	//	22,5	30	

Semestre 2 :

Tableau1 : synthèse des Unités d'Enseignement

	UE1	UE2	UE3	Total
Code de l'UE	UEF21	UEF22	UEM2	
Type	Fondamentale	Fondamentale	Méthodologique	
VHH	14h	10h	4h	24h
Crédits	17	13	05	30
Coefficient	10	07	03	

Tableau2 : indiquer la répartition en matières pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH (heures)				Crédits matières	Coeff.
		C	TD	TP	Travail Personnel		
UEF21							
Théorie des champs II : Théorie des champs Quantique	PhysTh18	3	3	//	6	07	4
Physique des Particules I	PhysTh21	2,5	1,5	//	4	05	3
UEF22							
Géométrie différentielle II : Formes différentielles et applications	PhysMath8	3	2	//	5	07	4
Relativité Générale	PhysTh20	3	2	//	5	06	3
UEM2							
Physique statistique Quantique II: Méthodes et Applications	PhysTh19	2,5	1,5	//	4	05	3
Total		14	10	//	24	30	

Semestre 3 :

Tableau1 : synthèse des Unités d'Enseignement

	UE1	UE2	UE2	Total
Code de l'UE	UEF31	UEF32	UEM3	
Type	Fondamentale	Fondamentale	Méthodologique	
VHH	02h30	05h	02h30	10h
Crédits	7	14	09	30
Coefficient	4	8	06	

Tableau2 : indiquer la répartition en matières pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH (heures)				Crédits matières	Coeff.
		C	TD	TP	Travail Personnel		
UEF31							
Géométrie différentielle III : Formes différentielles et applications	PhysMath9	2,5	//	//	12	07	4
UEF32							
Théorie des champs III : Renormalisation	PhysTh22	2,5	//	//	12	07	4
Physique des Particules II	PhysTh23	2,5	//	//	12	07	4
UEM3							
Classification des Algèbres de Lie Semi-simples	PhysTh24	1h15	//	//	6	04	3
La supersymétrie	PhysTh25	1h15	//	//	6	05	3
Total		10	//	//	48	30	

Semestre 4 :

Durant ce semestre les étudiants s'initieront à la recherche au sein des équipes de recherche du laboratoire de physique théorique d'Oran et soutiendront un mémoire à la fin du stage.

Tableau1 : synthèse des Unités d'Enseignement

	UE1	UE2	Total
Code de l'UE	Mémoire et stage		
Type			
VHH	40		
Crédits	30		30
Coefficient	6		

Tableau2 : indiquer la répartition en matières pour chaque Unité d'Enseignement

Matières	Code	VHH (heures)				Crédits matières	Coeff.
		C	TD	TP	Travail Personnel		
Mémoire et stage							
Mémoire de fin d'étude		//	//	//	40	30	6
Total		//	//	//	40	30	

Récapitulatif global : Le VHG est calculé en supposant que le semestre s'étale effectivement sur environ 15 semaines.

UE VHG(h)	Fondamental	Méthodologique	Découverte	Transversal	Total
Cours	420	120,0			
TD	240	45			
TP	//	//			
Travail Personnel	1110 + 600 (Pour la préparation du mémoire)	307,5			
Total	2370	472,5 h			
Crédits	70 + 30 (pour le mémoire)	20			120
% en crédits pour chaque type d'UE	58,33% + 25% (pour le mémoire)	16,6%			100%

Détails des Programmes des matières proposées

SEMESTRE 1

« THEORIES DES CHAMPS I : Théories des champs classique »

Code : PhysTh15

Semestre : 1

Unité d'Enseignement 1 : Unité d'enseignement fondamental 11

Code : UEF 11

Enseignant responsable de l'UE : Prof. LAGRAA Mohammed

Enseignant responsable de la matière: Prof. LAGRAA Mohammed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3 h

TD : 3h

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 08

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : accompagner l'étudiant pour aborder les questions de la physique fondamentale avec un raisonnement et un esprit adéquat.

Connaissances préalables recommandées :

-*mécanique analytique* : formalisme Lagrangien et principe variationnel, formalisme Hamiltonien, crochets de Poisson...

-*mécanique quantique* : maîtrise des principes de la mécanique quantique, spin et moment cinétique...

-*relativité restreinte et électromagnétisme* : transformations de Lorentz, équations de Maxwell...

-*Mathématiques* : méthode variationnelle, intégration et théorème de Stock...

Contenu de la matière :

I- ESPACE DE MINKOWSKI

- 1- Transformations des coordonnées
- 2- Groupe de Lorentz et de Poincaré
- 3- Algèbre de Lie du groupe de Lorentz et de Poincaré
- 4- Représentations vectorielle et spinorielle.
- 5- Correspondance $SL(2,C)$ avec $SO(1,3)$

II- SYSTEMES DYNAMIQUES DISCRETS

- 1- Formalisme Lagrangien non dégénéré
Symétries et lois de conservation
- 2- Formalisme Hamiltonien
- 3- Systèmes dégénérés. Contraintes.
Catégorisation des contraintes- Procédure de Dirac
Contraintes et transformations de jauge.

III- SYSTEMES CONTINUS - CHAMPS

- 1- Formalisme Lagrangien,
Symétries et lois de conservation, Théorème de Noether
- 2- Formalisme Hamiltonien
Champs E, M et ses contraintes.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- *Introduction of Spinors : Moshe Carmeli and Shimon Malin, World Scientific.*
- *P. A. M. Dirac, Lectures on quantum mechanics, Belfer Graduate School of Science, Yeshiva University Press, New York, 1964.*
- *A. Hanson, T. Regge and C. Teitelboim, Constrained Hamiltonian systems, Accademia Nazionale dei lincei, Roma, 1976*

« LA SECONDE QUANTIFICATION : Le formalisme général et applications »

Code : PhysTh 16

Semestre : 1

Unité d'Enseignement 1 : Unité d'enseignement fondamental 11

Code : UEF 11

Enseignant responsable de l'UE : Prof. LAGRAA Mohammed

Enseignant responsable de la matière: Prof. BALASKA Smain

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3 h
TD : 3h
TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 08

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : L'enseignement de cette matière permettra à l'étudiant de découvrir le formalisme de la seconde quantification et son application à l'étude de la quantification du champ électromagnétique (en volume fini) *et du comportement d'un système de bosons en faible interaction (la superfluidité)*

Connaissances préalables recommandées : Formalisme Mathématique de la Mécanique quantique, théorie des perturbations, électromagnétisme

Contenu de la matière :

Chap. 0 : Introduction

Chap I : Les systèmes de particules identiques et le groupe des permutations

Le groupe S_N des permutations, construction des fonctions d'onde symétriques et antisymétriques, déterminant de Slater.

Chap II : Le formalisme général de la seconde Quantification

Le formalisme général de la seconde quantification, règles de quantification pour les particules de Bose et les particules de Fermi (algèbre des opérateurs de création et d'annihilation, l'espace de Fock, construction des fonction d'onde à plusieurs particules), les opérateurs et les observables dans le formalisme de seconde quantification (représentation nombre d'occupation et opérateur à n-corps), calcul des éléments de matrice et théorème de Wick, formalisme particule-trou.

Chap III : Théorie quantique du champ électromagnétique libre :

Rappel des équations de Maxwell, les ondes planes du champ E-M, Description lagrangienne et hamiltonienne du champ E-M classique, quantification du champs E-M libre (jauge de Coulomb), l'Hamiltonien et les états du champ E-M, l'opérateur impulsion du champs E-M, étude des états cohérents du champ E-M

Chap.IV : Etude quantique de l'interaction du champ électromagnétique avec la matière

Hamiltonien quantique de l'interaction photon-matière (atomes, particules chargées,...), l'approximation dipolaire, calcul perturbatif des probabilités de transitions, calcul des sections efficaces.

Exemples :

Etude de l'absorption et de l'émission d'un photon par un électron libre, le Bremsstrahlung non relativiste, désintégration du niveau 2s de l'atome d'hydrogène avec émission de 2 photons, la section efficace de Rutherford à l'ordre 1 et 2

Chap V : Système de Bosons interagissant faiblement : La superfluidité

Théorie microscopique de la superfluidité, Transformation de Bogolioubov

Chap IV : Système de Fermions en interaction et Méthode d'Approximation de Hartree-Fock.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « Mécanique Quantique : Théorie non relativiste », L. Landau et E. Lifchitz, ed. Mir
- « Quantum mechanics (special chapters) », W. Greiner, Springer Verlag
- « Mécanique Quantique », C. Cohen-Tannoudji, B. Diu et F. Laloë, Hermann editions
- « Advanced Quantum Mechanics », F. Schwabl, Springer

« GEOMETRIE DIFFERENTIELLE I: Géométrie des variétés »

Code : PhysMath7

Semestre : 1

Unité d'Enseignement 2 : Unité d'enseignement fondamental 12

Code : UEF 12

Enseignant responsable de l'UE : Prof. TAHIRI Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. TAHIRI Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3 h

TD : 3h

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 08

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : Acquisition des notions de base en topologie et géométrie différentielle. Ce qui permet de se familiariser avec les rudiments de l'appareil mathématique particulier à ces domaines

Connaissances préalables recommandées : Structures algébriques. Calcul différentiel sur \mathbb{R}^n

Contenu de la matière :

Chap. 1: Introduction, rappels et compléments.

Chap. 2 : Espaces topologiques.

Définition. Applications continues. Homéomorphismes. Propriétés des espaces topologiques. Invariance topologique. Homotopie des Lacets. Revêtements. Relèvement des homotopies.

Chap. 3 : Variétés différentiables.

Définition. Propriétés des variétés différentiables. Applications différentiables. Espaces tangents. Algèbre de Lie des champs vectoriels. Algèbre des champs tensoriels. Algèbre graduée des formes différentielles. Dérivations. Anti-dérivations.

Chap. 4 : Groupes de Lie.

Définition. Champs vectoriels invariants à gauche. Algèbre de Lie d'un groupe de Lie. Sous-groupes à un paramètre. Application exponentielle. Représentation adjointe. Action d'un groupe de Lie sur une variété. Espaces homogènes

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « **Analysis, Manifolds and Physics** », Y. Choquet-Bruhat et C. De Witt-Morette, North Holland.(Tome 1 et 2)
- « **Modern Differential Geometry for Physicists**», C. J. Isham, World Scientific.

« SYMETRIES ET INVARIANCES »

Code : PhysTh 17

Semestre : 1

Unité d'Enseignement 3 : Unité d'enseignement Méthodologique 1

Code : UEM 1

Enseignant responsable de l'UE : Prof. IDDIR Farida

Enseignant responsable de la matière: Prof. IDDIR Farida

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3 h
TD : 1h30
TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 04,5 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 06

Coefficient de la Matière : 3

Objectifs de l'enseignement : Permettre aux étudiants de maîtriser l'application de la théorie des groupes (finis et de Lie) en mécanique quantique, en physique des particules et en physique théorique d'une manière générale

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique,

Contenu de la matière :

I – Transformations conservant les propriétés physiques

1) La notion de symétrie

- Les symétries d'objet géométrique
- Symétrie des lois de la nature (symétrie interne et symétrie externe)

2) Transformation physique et Opérateur de transformation dans l'espace de Hilbert

- Définitions
- Propriétés de conservation sur les observables
- Unicité de l'opérateur de transformation

II - Groupes d'opérateurs de transformation - Notions de théorie des groupes

- Définitions
- Homomorphisme et isomorphisme.

1) Groupes finis

- Exemples : Groupe S_n des permutations
- Représentation des groupes finis
 - Définitions
 - Représentations matricielles
- Représentation réductible et irréductible d'un groupe
 - Lemmes de Schur
 - Théorème d'orthogonalité
- Représentation régulière
- Les caractères d'un groupe
 - Relation d'orthogonalité des caractères
 - Table des caractères
- Réduction d'une représentation et critère d'irréductibilité
 - Décomposition de la représentation régulière

Exemple du groupe C_{3V}

- Produit direct de deux représentations d'un même groupe
- Représentation du produit direct de deux groupes

2) Groupes de Lie et Algèbres de Lie

- Définitions (Groupe topologique, Groupe compact, Groupe connexe, Groupe simplement connexe)

Exemples : $GL(n, \mathbb{R})$, $SL(n, \mathbb{C})$, $U(n)$, $SU(n)$, $O(n, \mathbb{C})$, $SO(n)$, $O(p, q)$, $SO(p, q)$

- Les générateurs infinitésimaux d'un groupe de Lie, Constantes de structure, rang

- Sous-groupe invariant, groupe de Lie simple et semi-simple

Définitions

Générateurs d'un sous-groupe invariant

- Les Algèbres de Lie

Définitions

Homomorphisme et isomorphisme d'Algèbre de Lie

Sous-Algèbre de Lie

Somme directe et semi-directe de Sous-Algèbre de Lie

- Algèbre de Lie simple et semi-simple

Théorème

Critère de Cartan (critère de semi-simplicité)

Exemples : Groupe Euclidien, Algèbre de Heisenberg, Algèbre somme directe de deux Algèbres simples

- Les Opérateurs de Casimir

Construction des Casimirs

Théorème de Racah

Exemple de $SO(3)$

- Représentation des groupes de Lie et Algèbres de Lie

Définitions

Représentations unitaires d'un groupe de Lie

Cas des groupes compacts

Cas des groupes non compacts

Représentation régulière (ou adjointe) d'une Algèbre de Lie

Ex : $SO(3)$, $SO(2,1)$

III – Applications

1) Les Rotations

- Lois de transformation des fonctions d'onde et des observables
- Calcul de l'opérateur de rotation des angles d'Euler
- Transformation des harmoniques sphériques dans une rotation
- Lois de composition des rotations.

2) La translation

3) Réflexion ou Symétrie par rapport à un point, Parité

Réflexion par rapport à un plan

4) Importance de $SU(n)$

- Le groupe $SU(2)$ et l'algèbre des moments cinétiques,
- $SU(2)$ d'isospin,
- $SU(n)$: groupe de classification des particules (saveur),
- Importance de $SU(n)$ comme groupe d'invariance de jauge.

IV – Lois de conservation

- Invariance par Translation et conservation de l'impulsion
- Invariance par Rotation
- Invariance par Réflexion
- Invariance par Permutation
- Indépendance de charge
- Invariance par translation du temps

V - Invariance par renversement du sens du temps

1) Opérateurs antilinéaires

- Définition, Propriétés (produit, inverse, adjoint)
- Opérateurs et transformations antiunitaires
- Opérateurs de conjugaison dans une représentation $\{N\}$

Définition, propriétés

Changement de représentation

2) Propriétés de l'opérateur renversement du temps

- Particule sans spin
- La particule a un spin

3) Microréversibilité pour système conservatif

Dégénérescence de Kramers

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « **Quantum mechanics (symmetries)** », W. Greiner, Springer Verlag
- « **Mécanique Quantique : Théorie non relativiste** », L. Landau et E. Lifchitz, ed. Mir

SEMESTRE 2

« THEORIES DES CHAMPS II : THEORIES DES CHAMPS QUANTIQUES »

Code : PhysTh 18

Semestre : 2

Unité d'Enseignement 1 : Unité d'enseignement Fondamentale 21

Code : UEF 21

Enseignant responsable de l'UE : Prof. LAGRAA Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. LAGRAA Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3h

TD : 3h

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 7

Coefficient de la Matière :4

Objectifs de l'enseignement : acquisition des outils de la physique théorique

Connaissances préalables recommandées : Programme de la théorie des champs du S1

Contenu de la matière :

I- THEORIE QUANTIQUE DES CHAMPS, CHAMPS LIBRES

- 1- Champs scalaires réels
- 2- Fonctions de Green et Propagateur de Feynman
- 3- Champs scalaires complexes, symétrie U(1) et charge électrique.
- 3- Champs spinoriels , équation de Dirac
- 4- Champ électromagnétique. Quantification à la Gupta-Bleuler.

II- INTERACTION - THEORIE PERTURBATIVE

- 1- Matrice S
 - 2- Théorème de Wick
 - 3- Section efficace
- Exemples: Q.E.D.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- *Quantum Field Theory, C. Itzykson and J-B Zuber, McGraw Hill Inter Editions.*
- *The Quantum Theory of Fields Vol I et II, S. Weinberg, Cambridge University Press.*
- *Relativistic Quantum Mechanics, Greiner, Springer Verlag.*

«PHYSIQUE DES PARTICULES I»

Code : PhysTh 21

Semestre : 2

Unité d'Enseignement 2 : Unité d'enseignement Fondamentale 21

Code : UEF 21

Enseignant responsable de l'UE :

Enseignant responsable de la matière: Prof. IDDIR Farida

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h30

TD : 1h30

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 04 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 5

Coefficient de la Matière : 3

Objectifs de l'enseignement :

Ce cours a pour objectif premier de donner des informations sur les méthodes utilisées dans les processus expérimentaux en physique des particules. Puis de se familiariser avec le calcul de détermination des états des systèmes (ex : à 2 particules).

Puis il y est présentée une introduction au Modèle des quarks, base de la classification des hadrons ; dans cette partie, l'interaction forte sera abordée, notamment dans le domaine non perturbatif.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

I – Les dispositifs expérimentaux et leurs principes de fonctionnement

- Accélérateurs de particules, faisceaux et cibles

Accélérateur linéaire, ex : LEP

Synchrotron, ex : SPS

- Détecteurs de particules

Chambres à bulles

Compteurs à scintillation

Compteurs Cerenkov

II – Nombres quantiques des particules

1) Propriétés des systèmes N-N

Nombres quantiques des systèmes nn, np et pp (Parité, spin, isospin)

Détermination des états permis.

Etude de quelques réactions, ex : $NN \rightarrow \pi d$

2) Les systèmes fermion-antifermion, boson-antiboson

Détermination des nombres quantiques.

III - Spectroscopie hadronique dans le modèle des quarks

1) - La classification des particules : quarks et leptons

Hypothèses du modèle

Introduction de la couleur, Chromodynamique Quantique

Symétries internes: hypercharge, isospin, couleur.

2) - Construction des multiplets d'isospin dans le modèle des quarks

- Symétrie SU(2)
- Symétrie SU(3)

3) - Description des états excités et classification

IV - Les transitions hadroniques dans le modèle des quarks

1) - Description des interactions

- Interactions faibles (Désintégrations leptoniques, semi-leptoniques, hadroniques...)
- Interactions fortes, La règle OZI

2- Les modèles phénoménologiques

- Modèles de potentiels, traitement du confinement
 - Le modèle de création de paires...
-

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

1. I.S. Hughes : Elementary particles, Cambridge Univ. Press
2. D. Griffiths, Introduction to Elementary particles, J. Wiley & Sons
3. T.D. Lee, Particle Physics and Introduction to Field Theory, Harwood Acad. Pub.
4. F. Iddir & S. Safir, Introduction au Modèle des quarks, polycopié (LPTO)

« GEOMETRIE DIFFERENTIELLE II:Formes différentielles et Applications »

Code : PhysMath8

Semestre : 2

Unité d'Enseignement 2: Unité d'enseignement Fondamentale 22 Code : UEF 22

Enseignant responsable de l'UE : Prof. TAHIRI Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. TAHIRI Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3h
TD : 2h
TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 7

Coefficient de la Matière :4

Objectifs de l'enseignement : Perfectionnement dans l'utilisation du concept de la forme différentielle avec applications à la physique.

Connaissances préalables recommandées : Calcul différentiel sur les variétés. Intégration sur \mathbb{R}^n . Mécanique Analytique. Electromagnétisme. Mécanique quantique

Contenu de la matière :

Chap. 1: Introduction, rappels et compléments.

Chap. 2 : Opérations sur les formes différentielles.

Différentiation extérieure. Théorème de Poincaré et son inverse. Produit intérieur par un champ vectoriel. Dérivée de Lie. Formes invariantes sur les groupes de Lie. Orientation des variétés et intégration des formes. Théorème de Stokes.

Chap. 3 : Cohomologie de de Rham.

Définition du groupe de de Rham. Opérateur de Hodge. Codifférentiation extérieure. Opérateur de Laplace-Beltrami. Formes harmoniques. Théorème de décomposition. Dualité de Poincaré.

Chap. 4 : Systèmes Hamiltoniens.

Formes symplectiques. Systèmes dynamiques. Théorème de Noether. Transformations canoniques.

Chap. 5 : Electromagnétisme.

Formes en électromagnétisme. Equation de Maxwell. Théorème de Poynting. Monopôles magnétiques. Effet Aharonov-Bohm.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « Analysis, Manifolds and Physics », Y. Choquet-Bruhat et C. De Witt-Morette, North Holland.(Tome 1 et 2)
- « Modern Differential Geometry for Physicists», C. J. Isham, World Scientific.

« RELATIVITE GENERALE »

Code : PhysTh 20

Semestre : 2

Unité d'Enseignement 2: Unité d'enseignement Fondamentale 22

Code : UEF22

Enseignant responsable de l'UE : Prof. TAHIRI Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. TAHIRI Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 3h

TD : 2h

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 05 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 6

Coefficient de la Matière : 3

Objectifs de l'enseignement : Acquisition des éléments de base physiques et géométriques de la relativité générale permettant l'étude de l'effet de la gravitation et des ondes gravitationnelles.

Connaissances préalables recommandées : Calcul différentiel sur les variétés. Mécanique classique. Electromagnétisme. Relativité restreinte.

Contenu de la matière :

Chap. 1: Introduction, rappels et compléments.

Chap. 2 : Fondements physiques.

Systèmes inertiels. Systèmes accélérés en relativité restreinte. Principe d'équivalence et conséquences.

Chap. 3 : Fondements géométriques.

Variétés de Riemann. Champs tensoriels. Dérivée covariante. Symboles de Christoffel. Tenseur de Courbure. Identité de Bianchi. Tenseur de Ricci. Courbure scalaire.

Chap. 4 : Effet de la gravitation.

Principe de covariance. Géodésiques. Electrodynamique. Equation d'Einstein et sa structure. Limite Newtonienne.

Chap. 5 : Ondes gravitationnelles.

Système de coordonnées harmoniques. Champs gravitationnel faible et ondes planes. Tenseur de polarisation. Tenseur énergie – impulsion.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « Gravitation », C.W. Misner, K. S. Thorne, J. A. Wheeler. Edition W. H. Freeman and company.

«La Physique Statistique Quantique : Méthodes et applications »

Code : PhysTh 19

Semestre : 2

Unité d'Enseignement 3 : Unité d'enseignement Méthodologique 2 Code : UEM 2

Enseignant responsable de l'UE : Prof. BALASKA Smain

Enseignant responsable de la matière: Prof. BALASKA Smain

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h30

TD : 1h30

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 05 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 5

Coefficient de la Matière : 3

Objectifs de l'enseignement : Dans cette matière il s'agit d'approfondir les méthodes de la physique statistique quantique et d'étudier le comportement thermodynamique d'un gaz de particules (bosoniques ou fermioniques) ainsi que les phénomènes liés aux transitions de phase.

Comme application on considère le cas (analytiquement soluble) du modèle d'Ising à 1 et 2 dimensions.

Connaissances préalables recommandées : Mécanique quantique, seconde quantification, thermodynamique et physique statistique

Contenu de la matière :

Chap I : Rappels et compléments:

Description grand canonique des systèmes quantiques parfaits, distribution de Bose-Einstein et de Fermi-Dirac.

Chap II : Gaz de Bosons :

La fonction de partition grand canonique et comportement thermodynamique d'un gaz parfait de bosons. La condensation de Bose. Cas d'un système parfait de photons, Rayonnement du corps noir. Oscillations des réseaux : Modèle d'Einstein et modèle de Debye .

Chap III : Gaz de Fermions:

La fonction de partition grand canonique et comportement thermodynamique d'un gaz parfait de fermions, limite des très faibles températures. Emission photoélectrique, Effet Schottky.

Gaz relativiste de Fermions à $T=0$.

Gaz d'électron dans un champs magnétique extérieur : Paramagnétisme de Pauli et Diamagnétisme de Landau. Susceptibilité magnétique

Chap IV: Les Phénomènes critiques :

Généralités. Classification des transitions de phase, transition de phase de second ordre, discontinuité de la chaleur spécifique, Invariance d'échelle, loi d'échelle et exposants critiques.

Introduction au groupe de renormalisation.

Chap V: Modèle d'Ising à une et à deux dimensions :

Mécanique quantique et réseaux, Matrice de transfert, la chaîne quantique, Fonction de partition, Longueur de corrélation. Fonctions de corrélation. Le Model d'Ising dans l'approximation du champs moyen. Points critiques et changement de phase.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « Physique statistique », L. D. Landau et E. M. Lifshitz, édition MIR
- « Thermodynamics and statistical mechanics », W. Greiner, L. Neise, H. Stöcker, Springer Verlag.

SEMESTRE 3

« GEOMETRIE DIFFERENTIELLE III : Connexions dans les fibrés et théories de Jauge »

Code : PhysMath9

Semestre : 3

Unité d'Enseignement 1: Unité d'Enseignement Fondamental 31 Code : UEF 31

Enseignant responsable de l'UE : Prof. TAHIRI Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. TAHIRI Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h30

TD : //

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 12 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 7

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : Acquisition de connaissances avancées en topologie et en géométrie différentielle et initiation aux remarquables idées sur lesquelles se fondent ces domaines en les appliquant à l'étude de la relativité générale et des théories de jauge.

Connaissances préalables recommandées : Calcul différentiel sur les variétés. Formes différentielles. Théorie des groupes. Théorie des champs. Relativité générale

Contenu de la matière :

Chap. 1: Introduction, rappels et compléments.

Chap. 2 : Fibrés différentiables.

Définition. Fibrés localement triviaux. Fibrés vectoriels et opérations sur ces fibrés. Fibrés principaux et associés. Classification des fibrés. Connexions dans les fibrés. Courbure. Equation de structure et identité de Bianchi. Classes caractéristiques.

Chap. 3 : Connexion de Poincaré.

Fibré principal de Poincaré et fibré vectoriel associé. Connexion, courbure et torsion. Principe d'équivalence de la relativité générale, connexion de Levi-Civita et métrique.

Chap. 4 : Symétries de Jauge.

Principe de jauge. Structure d'une théorie de jauge, fibré principal associé. Connexion et potentiels de jauge. Courbure et champs de jauge. Brisure de symétrie. Réduction du fibré principal. Classification topologique.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « Analysis, Manifolds and Physics », Y. Choquet-Bruhat et C. De Witt-Morette, North Holland.(Tome 1 et 2)
- « Modern Differential Geometry for Physicists», C. J. Isham, World Scientific.

«THEORIES DES CHAMPS III : RENORMALISATION»

Code : PhysTh 22

Semestre : 3

Unité d'Enseignement2 : Unité d'Enseignement Fondamental 32 Code : UEF 32

Enseignant responsable de l'UE :

Enseignant responsable de la matière: Prof. LAGRAA Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h30

TD : //

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 09 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 7

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : Préparer l'étudiant aux sujets de recherche en théorie des champs

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

I- THEORIE DES PERTURBATIONS

1-Formule de réduction

2-Fonction de Green, Développement perturbatif.

3- Diagrammes de Feynmann.

a) Théorie PHI 4

b) Q.E.D.

II- CORRECTIONS RADIATIVES, REGULARISATION DE PAULI-VILARS

1- Calcul du propagateur du photon

2- Calcul du propagateur de l'électron

3- Calcul du vertex électromagnétique

4- Renormalisation de la masse, de la charge et des champs

5- Groupe de renormalisation.

III- .REGULARISATION DIMENSIONNELLE

-exemple du calcul du propagateur du photon et de l'électron.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références

- *Quantum Field Theory, C. Itzykson and J-B Zuber, McGraw Hill Inter Editions.*
- *The Quantum Theory of Fields Vol I et II, S. Weinberg, Cambridge University Press.*
- *Renormalization, J. Collins, Cambridge University Press.*

« PHYSIQUE DES PARTICULES II »

Code : PhysTh 23

Semestre : 3

Unité d'Enseignement2 : Unité d'Enseignement Fondamental 32 Code : UEF 32

Enseignant responsable de l'UE : Prof. TAHIRI Mohamed

Enseignant responsable de la matière: Prof. IDDIR Farida

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h30

TD : //

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 12 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 7

Coefficient de la Matière : 4

Objectifs de l'enseignement : Ce cours présente le Modèle Standard, théorie unifiée de l'interaction électromagnétique et interaction faible, ainsi que quelques applications phénoménologiques.

Un chapitre est dédié à des compléments sur l'interaction forte.

En applications, nous proposons le traitement des processus électron-positron.

Connaissances préalables recommandées :

Contenu de la matière :

I – Le Modèle Standard électrofaible

1- Le modèle de Fermi

 Violation de la Parité et théorie V-A

 Modèle de Cabibbo-Kobayashi-Maskawa

2- Divergence du modèle de Fermi et besoin d'une théorie de jauge

3- Invariance de jauge abélienne

4- Invariance de jauge non-abélienne

5- Unification des forces

6- Le Modèle de Weinberg-Salam

 Courant chargé, courant neutre.

 Le Lagrangien

 Paramètres du Modèle

II - Le Mécanisme de Higgs

1- Notion de brisure spontanée de symétrie

 - Symétrie globale

 - Symétrie de jauge

2- La brisure de symétrie dans le Modèle Standard

 - Le système avant brisure (champ scalaire et les champs vectoriels)

 - Le système après brisure (les champs massifs et le champ de Higgs)

3- La recherche expérimentale du boson de Higgs.

III - Applications phénoménologiques du Modèle Standard

Violation de CP, le système $K^0 - \bar{K}^0$
FCNC et mécanisme de GIM

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

1. R. Nataf, Introduction aux Particules élémentaires
2. D. Griffiths, Introduction to Elementary particles, J. Wiley & Sons
3. T.D. Lee, Particle Physics and Introduction to Field Theory, Harwood Acad. Pub.
4. J. Donoghue, E. Golowich & B. Holstein, Dynamics of the Standard Model, Cambridge Monographs on Part. Phys.
5. F. Iddir, Modèle Standard électrofaible et Applications phénoménologiques, Polycopié (LPTO).

«LA CLASSIFICATION DES ALGÈBRES DE LIE SEMI-SIMPLES»

Code : PhysTh 24

Semestre : 3

Unité d'Enseignement 3 : Unité d'Enseignement Méthodologique 3 Code : UEM 3

Enseignant responsable de l'UE :

Enseignant responsable de la matière: Prof. BALASKA Smain

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 1h15

TD : //

TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 04

Coefficient de la Matière : 3

Objectifs de l'enseignement : Etude des algèbres de Lie semi-simple et de leur classification.

Connaissances préalables recommandées : Théorie des groupes (formalisme générale)

Contenu de la matière :

CHAPITRE I : Groupe de Lie et Algèbre de Lie : Rappels et compléments

- Les groupes de Lie
 - Définitions
- Les générateurs infinitésimaux d'un groupe de Lie
 - Les constantes de structures
 - Le rang d'un groupe
- Sous groupe invariant, groupe de Lie simple et semi-simple
 - Définitions
 - Les générateurs d'un sous-groupe invariant
- Les algèbre de Lie
 - Définitions
 - Homomorphisme et isomorphisme d'algèbre de Lie
 - Sous algèbre de Lie
 - L' idéal d'une algèbre de Lie
 - Le centre d'une algèbre de Lie
 - Somme directe et semi directe de sous algèbre de Lie
- Algèbre de Lie simple et semi-simple
 - Théorème
 - Critère de Cartan (critère de semi-simplicité)
- Représentation des groupes de Lie et Algèbre de Lie
 - Définitions
 - Les Représentations unitaires d'un groupe de Lie
 - Cas des groupes compacts
 - Cas des groupes de Lie non-compacts
 - La représentation régulière (ou adjointe) d'une algèbre de Lie
 - Exemple : $so(3)$, $so(2,1)$
- Application : La symétrie $SU(3)$
 - L'algèbre de Lie $su(3)$
 - Les sous-algèbre de $su(3)$
 - La construction des multiplets de $su(3)$
 1. Analyse qualitative

2. Analyse quantitative

- Dégénérescence des états d'un multiplet
- Dimension des représentations de $su(3)$

CHAPITRE II : classification radicielle des Algèbres de Lie semi-simple

- Introduction
- Forme standard des algèbre de Lie semi-simple
 - Forme standard de $su(2)$ et $su(3)$
- Les vecteurs racines et leurs propriétés
- Représentation graphique des vecteurs racines
 - Algèbre de Lie de rang 1
 - Algèbre de Lie de rang 2
 - Algèbre de Lie de rang ≥ 2 (les algèbres de type $A_l, B_l, C_l, D_l, E_6, E_7, E_8, F_4, G_2$)
- Les racines simples d'une algèbre de Lie semi-simple
 - Les diagrammes de Dynkin
 - La matrice de Cartan
 - Détermination de toutes les racines à partir des racines simples et des diagrammes de Dynkin
 - Exemple : $G_2, su(2)$ et $su(3)$
 - Le groupe de Weyl
- Les poids et la classification des représentations irréductibles d'une algèbre de Lie
 - Les poids et l'espace des poids
 - L'espace des poids du produit direct de deux représentations
 - Exemple : $su(2), su(3)$ et G_2
- Réduction du produit de représentations.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références :

- « **Quantum mechanics (symmetries)** », **W. Greiner, Springer Verlag**
- « **Affine Lie algebra and quantum groups** » (capitre 1,2 et 3), **J. Fuchs, CPU**

«LA SUPERSYMETRIE»

Code : PhysTh 25
Semestre : 3

Unité d'Enseignement 3 : Unité d'Enseignement Méthodologique 3 Code : UEM 3

Enseignant responsable de l'UE :

Enseignant responsable de la matière: Prof. LAGRAA Mohamed

Nombre d'heures d'enseignement

Cours : 2h
TD : //
TP : //

Nombre d'heures de travail personnel pour l'étudiant : 06 h hebdomadaires

Nombre de crédits : 5

Coefficient de la Matière :3

Objectifs de l'enseignement : Introduire la notion de supersymétrie et préparer l'étudiant à aborder les sujets de recherche dans ce domaine.

Connaissances préalables recommandées : S1 et S2

Contenu de la matière :

- 1- Le groupe de Lorentz, le groupe de Poincaré, $SL(2,c)$, les spineurs de Dirac et de Majorana.
- 2- Les théorèmes NO-GO et les Algèbres de Lie graduées.
- 3- L'extension supersymétrique de l'Algèbre de Poincaré.
- 4- Les représentations de la super-Algèbre de Poincaré.
- 5- Le formalisme super-espace et super-champs.
- 6- Les super-champs et supermultiplets avec contraintes.
- 7- Les Lagrangiens supersymétriques.
- 8- Le modèle deWess-Zumino
- 9- La brisure spontanée de la supersymétrie.
- 10- Les théories de jauge supersymétriques.

Mode d'évaluation : Examens écrits (une épreuve écrite de moyenne durée + une épreuve de synthèse)

Références

Supersymmetry and Supergravity, J. Wess and J. Bagger, Princeton series in physics
The quantum theory of Field, vol III Supersymmetry