

COLLECTION
LE COURS
DE PHYSIQUE

UNIVERSITE D'ORAN ES-SENIA
INSTITUT DE PHYSIQUE

A.E.F. DJEMAI
Chargé de cours

F. BEKKOUCHE
N. BOUKHOULDA

COURS DE PHYSIQUE GENERALE :

«Notion de Quantification»



OFFICE DES PUBLICATIONS UNIVERSITAIRES



TABLE DES MATIERES

A : MECANIQUE CLASSIQUE

I. INTRODUCTION.....	2
II. CINEMATIQUE.....	3
1. Repère, vecteur-position, trajectoire et abscisse curviligne...	3
2. Vecteur-vitesse et vecteur-accélération.....	6
3. Relativité Galiléenne.....	1 3
4. Mouvement vibratoire.....	1 6
4.1. Notions fondamentales.....	1 6
4.2. Les oscillations harmoniques (sinusoïdales).....	1 7
4.3. Superposition de deux oscillations harmoniques.....	1 9
4.3.1. Oscillations de même fréquence.....	1 9
4.3.2. Oscillations de fréquences peu différentes (Battements)...	2 0
4.3.3. Oscillations de fréquences quelconques.....	2 1
4.3.4. Théorème de Fourier.....	2 2
4.4. Oscillations Amorties.....	2 3
III. DYNAMIQUE.....	2 4
1. Masse, force, poids et quantité de mouvement.....	2 4
1.1. Masse.....	2 5
1.2. Force.....	2 5
1.3. Poids.....	2 5
1.4. Quantité de mouvement.....	2 7
2. Centre d'inertie.....	2 7
3. Lois fondamentales de la mécanique.....	2 8
3.1. 1-ère Loi de NEWTON (principe d'équilibre).....	2 8
3.2. 2-ème Loi de NEWTON (loi fondamentale de la dynamique).....	2 8
3.3. 3-ème Loi de NEWTON (principe d'action et de réaction).....	2 9
4. Equation fondamentale de la mécanique classique.....	2 9
5. Moment cinétique (moment de la quantité de mouvement).....	3 0
6. Moment d'inertie.....	3 0
7. Travail et énergie mécanique.....	3 5
7.1. Energie.....	3 5
7.2. Travail.....	3 6
7.3. Fonction de forces (potentiels).....	3 7
7.4. Energie cinétique.....	3 8
7.5. Energie potentielle.....	3 9
7.6. Energie mécanique.....	4 0
IV. STATIQUE.....	4 1
1. Introduction.....	4 1
2. Centre de gravité.....	4 1
3. Conditions générales d'équilibre d'un solide.....	4 3
4. Frottements.....	4 4
4.1. Liaisons.....	4 4
4.2. Actions de contact.....	4 4
4.3. Réaction du plan.....	4 4
4.4. Equilibre d'un point mobile sur un plan.....	4 4
4.4.1. Sans frottements.....	4 4
4.4.2. Avec frottements.....	4 5
5. Equilibre d'un solide.....	4 6
5.1. Frottement de glissement.....	4 6
5.2. Frottement de roulement.....	4 7
6. Stabilité de l'équilibre.....	4 7

V. ANALYTIQUE.....	4 8
1.Introduction.....	4 8
2.Notions fondamentales et définitions.....	4 8
2.1.Coordonnées et vitesses généralisées.....	4 8
2.2.Liaisons.....	4 8
2.3.Degrés de liberté.....	4 9
3.Formalisme Lagrangien (principe de moindre action).....	4 9
3.1.Méthode variationnelle.....	5 0
4.Conservation de l'énergie.....	5 2
5.Formalisme canoniques de HAMILTON et HAMILTON-JACOBI.....	5 2
5.1.Moments conjugués ou impulsions généralisées.....	5 3
5.2.Equations canoniques de HAMILTON.....	5 4
5.3.Equations de HAMILTON-JACOBI.....	5 4
6.Des équations de LAGRANGE-HAMILTON aux équations de NEWTON...	5 4
6.1.Lagrangien d'une particule libre.....	5 4
6.2.Lagrangien d'un système de particules en interaction.....	5 5
6.3.L'équation fondamentale de la dynamique déduite des équations de LAGRANGE.....	5 5
6.4.L'équation fondamentale de la dynamique déduite des équations de HAMILTON.....	5 6
7.Crochets de Poisson.....	5 8
8.Formulation géométrique de la mécanique classique.....	5 9

B : MECANIQUE QUANTIQUE

I.INTRODUCTION.....	6 2
II.LES LIMITES DE LA MECANIQUE CLASSIQUE ET LE PRELUDE DE LA MECANIQUE QUANTIQUE.....	6 5
1.Rayonnement du corps noir.....	6 5
2.L'effet photoélectrique.....	6 9
3.Effet Compton (diffusion des rayons X par la matière).....	7 3
III.NOTION DE QUANTA ET LOI DE PLANCK.....	7 7
1.Le rayonnement du corps noir.....	7 7
2.L'effet photoélectrique.....	8 0
3.L'effet Compton.....	8 1
IV.DUALITE ONDE-CORPUSCULE.....	8 2
1.Optique physique.....	8 2
1.1.Théorie de l'émission.....	8 2
1.2.Théorie des onduations.....	8 3
1.3.L'expérience de FOUCAULT.....	8 3
1.4.La théorie électromagnétique de MAXWELL.....	8 3
1.5.La théorie de PLANCK et la mécanique ondulatoire.....	8 4
2.L'expérience des fentes d'YOUNG.....	8 5
3.Mécanique ondulatoire.....	8 7
V.PRINCIPE DE CORRESPONDANCE ET EQUATION DE SCHRODINGER.....	9 2
1.Nécessité d'une équation d'onde.....	9 2
2.Equation de Schrödinger indépendante du temps.....	9 4
3.Equation de Schrödinger pour une particule libre.....	9 6
VI.PRINCIPE D'INCERTITUDE.....	10 0
VII.MODELES ATOMIQUES.....	10 1
1.Introduction.....	10 1
2.Les différents modèles atomiques.....	10 1
2.1.Modèle planétaire.....	10 1
2.2.Modèle globulaire.....	10 2
2.3.Modèle de Rutherford.....	10 2
2.4.Modèle de Bohr.....	10 2
2.5.Modèle de Sommerfeld.....	11 0
3.Spectroscopie atomique.....	11 2

VIII.FORMALISME MATHEMATIQUE DE LA MECANIQUE QUANTIQUE.....	1	1	4
1.Espace des fonctions d'onde.....	1	1	4
2.Principe de superposition.....	1	1	4
3.Produit scalaire.....	1	1	5
4.Opérateurs linéaires.....	1	1	6
5.Représentation dans l'espace des fonctions d'onde.....	1	1	6
6.Exemple de représentation.....	1	1	8
7.Algèbre de Heisenberg.....	1	1	8
7.1.Les opérateurs R et P.....	1	1	9
7.2.Relations de commutations des opérateurs R et P.....	1	2	0
8.Principe de correspondance.....	1	2	4
9.Formalisme de DIRAC.....	1	2	4
9.1.L'espace des états quantiques.....	1	2	4
9.2.L'espace dual.....	1	2	3
9.3.Opérateurs linéaires (représentation opératorielle).....	1	2	3
9.4.Algèbre des opérateurs	1	2	6
9.5.Bases.....	1	2	6
10.Equation aux valeurs propres,observables.....	1	2	8
10.1.Valeurs propres et vecteurs propres d'un opérateur hermitique.....	1	2	8
10.2.Observables-ECOC.....	1	3	0
10.3.Bases.....	1	3	2
IX.LES POSTULATS DE LA MECANIQUE QUANTIQUE.....	1	3	3
1.Description de l'état quantique.....	1	3	3
2.Grandeurs physiques.....	1	3	4
3.Mesure d'une grandeur physique.....	1	3	4
4.Principe de décomposition spectrale.....	1	3	5
4.1.Spectre discret.....	1	3	5
4.2.Spectre continu (système non dégénéré).....	1	3	6
5.Evolution des systèmes dans le temps.....	1	3	7
6.Règles de quantification.....	1	3	7
X.MOMENT CINETIQUE.....	1	3	7
XI.RESOLUTION DE L'EQUATION DE SCHRODINGER.....	1	4	2
1.Introduction.....	1	4	2
2.Particule dans un champ central.....	1	4	3
3.Mouvement dans un champ Coulombien.....	1	4	6
4.Cas d'un Hydrogène (coordonnées paraboliques).....	1	4	8
XII.EFFET ZEEMAN.....	1	5	2
1.Définition.....	1	5	2
1.1.Effet longitudinal.....	1	5	2
1.2.Effet transversal.....	1	5	3
2.Effet Zeeman normal.....	1	5	3
2.1.Cas où $S=0$	1	5	4
2.1.1.Règles de sélection.....	1	5	4
2.2.Cas où $L=0$	1	5	6
3.Effet Zeeman anormal.....	1	5	7
4.Effet Paschen-Back.....	1	5	9
5.Effet intermédiaire.....	1	6	0
5.1.Cas d'un champ faible.....	1	6	3
XIII.EFFET STARK.....	1	6	4
1.Définition.....	1	6	4
2.Cas de l'atome d'Hydrogène.....	1	6	4
2.1.Résolution de l'équation de Schrödinger à l'aide des coordonnées paraboliques.....	1	6	5
XIV.SPECTROSCOPIE MOLECULAIRE.....	1	6	8
1.Hamiltonien moléculaire.....	1	6	8
2.Vibration moléculaire.....	1	6	9
2.1.Vibration moléculaire classique (méthode de la mécanique analytique).....	1	6	9
2.1.1.Energie cinétique en coordonnées normales.....	1	7	0

2.1.2. Energie potentielle en coordonnees normales.....	171
2.1.3. Equation differentielle de la vibration moléculaire.....	171
2.2. Vibration moléculaire en mécanique quantique.....	172
3. Rotation moléculaire.....	173
3.1. Quelques types de molécules.....	174

C : SECONDE QUANTIFICATION:

I. INTRODUCTION.....	177
II. REPRESENTATION "NOMBRE D'OCCUPATION".....	180
1. Fonctions d'onde.....	181
2. Opérateurs de création et d'annihilation.....	182
3. Opérateurs "nombre d'occupation".....	183
III. FORMALISME PARTICULE-TROU.....	184
IV. OPERATEURS CHAMPS.....	185
1. Hamiltonien d'un système à N particules identiques.....	185
2. Les opérateurs champs.....	187
V. OPERATEUR D'EVOLUTION.....	188
1. Différents modèles de description.....	188
1.1. Description de Schrödinger.....	188
1.2. Description de Heisenberg.....	188
1.3. Description d'interaction.....	189
2. Opérateur d'évolution.....	190
3. Equation différentielle de l'opérateur d'évolution.....	192
4. L'expression analytique de l'opérateur d'évolution.....	192
5. Equation d'évolution de l'opérateur.....	193
6. Hypothèse adiabatique.....	195
7. Etat fondamental.....	195
7.1. Système sans interaction.....	195
7.2. Système avec interaction.....	196
7.3. Calcul perturbatif au premier ordre.....	197
VI. GRAPHES DE FEYNMAN.....	198
1. Introduction.....	198
2. Opérateurs de création et de destruction dans la représen- tation d'interaction.....	199
3. Terme d'interaction et énergie de l'état fondamental.....	200
4. Graphes de Feynman.....	202