

Cours de physique générale : notion de quantification

Auteur : **A.E.F. Djemai** (avec F. Bekkouche & N. Boukhoulda) | Année : **1993** | Éditeur : **OPU**

A. MÉCANIQUE CLASSIQUE

I. INTRODUCTION

II. CINÉMATIQUE

- Repère, vecteur-position, trajectoire, abscisse curviligne, vecteur-vitesse et vecteur-accélération.
- Relativité Galiléenne.
- Mouvement vibratoire (notions fondamentales, oscillations harmoniques/sinusoïdales, superpositions d'oscillations de fréquences égales, peu différentes [battements] ou quelconques, théorème de Fourier, oscillations amorties).

III. DYNAMIQUE

- Masse, force, poids, quantité de mouvement et centre d'inertie.
- Lois fondamentales de la mécanique (1ère loi d'équilibre, 2ème loi fondamentale de la dynamique, 3ème loi d'action et de réaction de Newton).
- Équation fondamentale de la mécanique classique.
- Moment cinétique (moment de la quantité de mouvement), moment d'inertie.
- Travail et énergie mécanique (énergie, travail, fonction de forces [potentiels], énergie cinétique, énergie potentielle, énergie mécanique).

IV. STATIQUE

- Introduction et centre de gravité.
- Conditions générales d'équilibre d'un solide.
- Frottements (liaisons, actions de contact, réaction du plan, équilibre d'un point mobile sur un plan sans et avec frottements).
- Équilibre d'un solide (frottement de glissement, frottement de roulement, stabilité de l'équilibre).

V. MÉCANIQUE ANALYTIQUE

- Introduction, notions fondamentales et définitions.
- Coordonnées et vitesses généralisées, liaisons, degrés de liberté.
- Formalisme Lagrangien (principe de moindre action, méthode variationnelle).
- Conservation de l'énergie.
- Formalisme canonique de Hamilton et Hamilton-Jacobi (moments conjugués ou impulsions généralisées, équations canoniques de Hamilton, équations de Hamilton-Jacobi).
- Des équations de Lagrange-Hamilton aux équations de Newton (Lagrangien d'une particule libre, Lagrangien d'un système de particules en interaction).
- L'équation fondamentale de la dynamique déduite des équations de Lagrange et de Hamilton.
- Crochets de Poisson.

- Formulation géométrique de la mécanique classique.

| B. MÉCANIQUE QUANTIQUE

I. INTRODUCTION

II. LES LIMITES DE LA MÉCANIQUE CLASSIQUE ET LE PRÉLUDE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

- Rayonnement du corps noir, l'effet photoélectrique, effet Compton (diffusion des rayons X par la matière).

III. NOTION DE QUANTA ET LOI DE PLANCK

- Le rayonnement du corps noir, l'effet photoélectrique, l'effet Compton.

IV. DUALITÉ ONDE-CORPUSCULE

- Optique physique (théorie de l'émission, théorie des ondulacions, l'expérience de Foucault, la théorie électromagnétique de Maxwell, la théorie de Planck et la mécanique ondulatoire).
- L'expérience des fentes d'Young.
- Mécanique ondulatoire.

V. PRINCIPE DE CORRESPONDANCE ET ÉQUATION DE SCHRÖDINGER

- Nécessité d'une équation d'onde, équation de Schrödinger indépendante du temps, équation de Schrödinger pour une particule libre.

VI. PRINCIPE D'INCERTITUDE

VII. MODÈLES ATOMIQUES

- Introduction et étude des différents modèles atomiques (modèle planétaire, modèle globulaire, modèle de Rutherford, modèle de Bohr, modèle de Sommerfeld).
- Spectroscopie atomique.

VIII. FORMALISME MATHÉMATIQUE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

- Espace des fonctions d'onde, principe de superposition, produit scalaire, opérateurs linéaires.
- Représentation dans l'espace des fonctions d'onde et exemples de représentation.
- Algèbre de Heisenberg (les opérateurs $\hat{R}$ et $\hat{P}$, relations de commutations des opérateurs $\hat{R}$ et $\hat{P}$).
- Principe de correspondance.
- Formalisme de Dirac (l'espace des états quantiques, l'espace dual, opérateurs linéaires [représentation opératorielle], algèbre des opérateurs, bases).
- Équation aux valeurs propres, observables (valeurs propres et vecteurs propres d'un opérateur hermitique, observables-ECOC, bases).

IX. LES POSTULATS DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

- Description de l'état quantique, grandeurs physiques, mesure d'une grandeur physique.
- Principe de décomposition spectrale (spectre discret, spectre continu [système non dégénéré]).
- Évolution des systèmes dans le temps.
- Règles de quantification.

X. MOMENT CINÉTIQUE

XI. RÉOLUTION DE L'ÉQUATION DE SCHRÖDINGER

- Introduction, particule dans un champ central, mouvement dans un champ Coulombien, cas d'un Hydrogénoïde (coordonnées paraboliques).

XII. EFFET ZEEMAN

- Définition (effet longitudinal, effet transversal).
- Effet Zeeman normal (cas où $S = 0$, règles de sélection, cas où $L = 0$).
- Effet Zeeman anormal.
- Effet Paschen-Back.
- Effet intermédiaire (cas d'un champ faible).

XIII. EFFET STARK

- Définition et cas de l'atome d'Hydrogène (résolution de l'équation de Schrödinger à l'aide des coordonnées paraboliques).

XIV. SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE

- Hamiltonien moléculaire.
- Vibration moléculaire classique (méthode de la mécanique analytique : énergie cinétique en coordonnées normales, énergie potentielle en coordonnées normales, équation différentielle de la vibration moléculaire).
- Vibration moléculaire en mécanique quantique.
- Rotation moléculaire (quelques types de molécules).

C. SECONDE QUANTIFICATION

I. INTRODUCTION

II. REPRÉSENTATION "NOMBRE D'OCCUPATION"

- Fonctions d'onde, opérateurs de création et d'annihilation, opérateurs "nombre d'occupation".

III. FORMALISME PARTICULE-TROU

IV. OPÉRATEURS CHAMPS

- Hamiltonien d'un système à N particules identiques, les opérateurs champs.

V. OPÉRATEUR D'ÉVOLUTION

- Différents modèles de description (description de Schrödinger, description de Heisenberg, description d'interaction).
- Opérateur d'évolution et son équation différentielle.
- L'expression analytique de l'opérateur d'évolution.
- Équation d'évolution de l'opérateur.
- Hypothèse adiabatique.
- État fondamental (système sans interaction, système avec interaction, calcul perturbatif au premier ordre).

VI. GRAPHES DE FEYNMAN

- Introduction.
- Opérateurs de création et de destruction dans la représentation d'interaction.
- Terme d'interaction et énergie de l'état fondamental.
- Graphes de Feynman.

Ce manuel de référence de l'Office des Publications Universitaires (OPU) constitue une transition pédagogique complète et rigoureuse entre la physique classique macroscopique, la théorie quantique standard et l'introduction à la théorie quantique des champs.