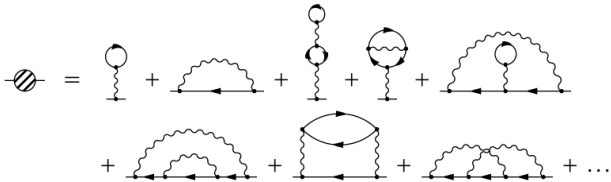


Quantum many-body physics

Plan détaillé des cours et des TDs



Plan du cours 1: fonctions d'ondes à N corps

1. Introduction: fonctions d'ondes à N particules
 - 1.1 Pourquoi travailler avec $\Psi(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N)$?
 - 1.2 Espace des configurations
 - 1.3 Complexité de $\Psi(\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N)$
2. Hamiltonien à N particules
 - 2.1 Equation de Schrödinger
 - 2.2 La théorie du tout... ou presque
 - 2.3 Séparation des variables
3. Déterminants de Slater
 - 3.1 Statistique quantique
 - 3.2 Construction des déterminants
 - 3.3 Théorème de complétude
 - 3.4 Complexité de $|\Psi\rangle$
 - 3.5 Calcul de la densité locale
 - 3.6 Traitement du spin
 - 3.7 Exemples de quelques fonctions d'onde à N-corps

Plan du cours 2: seconde quantification

1. Représentation des états

- 1.1 Motivation
- 1.2 Espace de Fock
- 1.3 Opérateurs de création/annihilation
- 1.4 Représentation nombre d'occupation
- 1.5 Opérateurs de champ
- 1.6 Cas des bosons

2. Représentation de l'Hamiltonien

- 2.1 Idée générale
- 2.2 Opérateurs à un corps
- 2.3 Opérateurs à deux corps
- 2.4 Traitement du spin
- 2.5 Base des ondes planes
- 2.6 Formalisme particule-trou
- 2.7 Densité locale et fonction de corrélation de paires

Plan du cours 3: théorie de champ moyen

1. Théorie Hartree-Fock

- 1.1 Dérivation par le principe variationnel
- 1.2 Equivalence avec le champ moyen
- 1.3 Equivalence avec Schrödinger non-linéaire
- 1.4 Equivalence avec le "vide" Hartree-Fock
- 1.5 Construction des excitations
- 1.6 Extension du champ moyen à température finie
- 1.7 Succès et échecs du champ moyen

2. Rappels de théorie des bandes

- 2.1 Théorème de Bloch
- 2.2 Orbitales de Wannier
- 2.3 Modèles de liaisons fortes
- 2.4 Chaleur spécifique des électrons libres
- 2.5 Ecrantage dans les métaux

Plan du cours 4: réponse linéaire quantique

1. Dérivation générale

- 1.1 Mesure d'un système à N corps
- 1.2 Evolution quantique
- 1.3 Calcul de la susceptibilité: formule de Kubo
- 1.4 Représentation spectrale de Lehmann
- 1.5 Relations de Kramers-Kronig

2. Théorème fluctuation/dissipation quantique

- 2.1 Puissance dissipée
- 2.2 Théorème fluctuation/dissipation
- 2.3 Relation de bilan détaillé
- 2.4 Fluctuations d'équilibre: étude sur un modèle jouet

3. Applications

- 3.1 Réponse à N corps dans le cas sans interaction
- 3.2 Conductivité optique
- 3.3 Exemples de différents couplages

Plan du cours 5: fonctions de corrélation à N corps

1. Fonctions de corrélation à température nulle
 - 1.1 Motivation
 - 1.2 Représentation d'interaction
 - 1.3 Fonctions de corrélation ordonnées en temps
 - 1.4 Théorème de Gell-Mann Low
 - 1.5 Fonctions de corrélation en représentation interaction
2. Fonctions de Green fermioniques
 - 2.1 Origine physique
 - 2.2 Représentation spectrale et densité d'états
 - 2.3 Etude du cas sans interaction
 - 2.4 Interprétation physique
3. Formalisme de température finie
 - 3.1 Concept de temps imaginaire
 - 3.2 Continuation analytique des fonctions de Green de Matsubara
 - 3.3 Point de départ des calculs diagrammatiques

Plan du cours 6: calculs diagrammatiques

1. Théorie de perturbation à N corps

- 1.1 Plan d'attaque
- 1.2 Ordre normal
- 1.3 Contractions
- 1.4 Théorème de Wick pour les moyennes d'opérateurs
- 1.5 Théorème de Wick pour la fonction de Green ordonnée en temps
- 1.6 Diagrammes de Feynman
- 1.7 Théorème "linked-cluster"
- 1.8 Règles de Feynman pour la fonction de Green ordonnée
- 1.9 Représentation diagrammatique de l'énergie du fondamental
- 1.10 Self-énergie et équation de Dyson

2. Applications

- 2.1 Formulation diagrammatique d'Hartree-Fock
- 2.2 Self-énergie du gaz d'électrons
- 2.3 Théorie microscopique du liquide de Fermi
- 2.4 Formulation diagrammatique de la RPA

TDs: phénomènes remarquables en matière condensée

- ▶ TD1: effet Hall quantique entier et fractionnaire, Hamiltoniens parents
- ▶ TD2: origine du magnétisme quantique, échange ferromagnétique et antiferromagnétique
- ▶ TD3: excitations élémentaires des aimants quantiques, magnons, chaîne de Bethe
- ▶ TD4: fonctions de réponse du gaz d'électron libre, continuum électron-trou
- ▶ TD5: instabilité de Stoner dans les métaux, son "zéro"
- ▶ TD6: impuretés quantiques, blocage de Coulomb, effet Kondo, liquide de Fermi local