

# 高等量子論與量子多體理論

(Advanced Quantum Theory and  
Quantum Many-Body Theory)

王順金 著

四川大學出版社

二〇〇五年一月

# 課程簡介

教科書：王順金 <<高等量子論與量子多體理論>>，

四川大學出版社，2005.

## 1. 課程定位：

高等量子論(碩士生，減內容或要求)

量子多體理論(博士生，加內容或專題)

## 2. 課程內容

高等量子論與量子多體理論的基本理論與方法，包括

量子力學的理論架構，量子力學與經典力學的對應關係，

對稱性理論和守恆定律，

量子多體理論中的平均場理論及其主要應用，

二次量子化表象，

密度矩陣和格林函數等非微擾理論方法，

相對論性量子力學，

量子力學的積分形式與路徑積分，

量子力學中的幾何相位，

量子工程系統理論

包含了作者的研究成果和對量子論基本問題的觀點

強調對物理概念和原理闡述的清晰度及其數學表述的簡潔性，

## 3. 課程目的

- 1) 為物理學研究生從事物理學理論研究提供必要的高等量子論和量子多體理論基礎
- 2) 對量子論的本質及其的發展前景有一個深入的看法
- 3) 兼顧來自理論物理、粒子物理與核物理、凝聚態物理和量子光學等專業研究生的需要

## 為各專業提供的基礎理論

### I. 粒子物理

量子力學理論架構

對稱性理論與守恆定律, 動力學對稱性

凝聚態理論, 核理論, 量子光學理論基礎

密度矩陣與格林函數等非微擾理論, 關聯動力學

二次量子化及其場論形式, 場的量子化

相對論性量子力學, QED初步, QHD初步

碰撞, 散射與回應理論, S-矩陣理論

路徑積分, 量子力學幾何相位, 非自治系統量子力學, 代數動力學

量子力學前沿問題

### II. 凝聚態物理與材料科學

能帶論與密度泛函理論, 從頭計算分子動力學,

時間有關的Kohn-Sham理論

超越能帶論的各種模型: Heisenberg模型, Anderson模型,

Hubbard模型, BCS理論

強關聯電子系統: 密度矩陣與格林函數等非微擾理論, 關聯動力學

量子統計初步: 非平衡態統計: 主方程與BUU

平衡態統計: 統計熱力學微擾論, 溫度不為零的平均場理論

相變: 對稱性理論與動力學對稱性

理論工具: 二次量子化, 路徑積分

### III. 量子光學

鐳射與原子相互作用, 腔場量子電動力學

量子工程系統與非自治系統量子力學

代數動力學, 量子主方程

幾何相位

理論基礎與工具: 二次量子化 密度矩陣與格林函數等非微擾理論量子統計

初步: 非平衡態統計, 主方程與BUU

# 目錄

## 第一章 量子力學的理论架構

§1-1 量子力學的理论架構

§1-2 量子力學的幾種形式及其與經典力學的對應

§1-3 量子力學的主要應用

§1-4 量子力學的近期發展

參考文獻

## 第二章 對稱性理論與守恆定律

§2-1 物理系統的對稱性與守恆律

§2-2 空間各向同性和系統的轉動對稱性-角動量守恆 角動量理論精要

§2-3 時空平移對稱性和反射對稱性

§2-4 全同粒子系統的置換對稱性與統計性守恆

§2-5 量子系統哈密頓量 $\hat{H}$ 的動力學對稱性

§2-6 對稱性與群論

參考文獻

## 第三章 多體理論: (I) 平均場理論

§3-1 量子力學多體問題

§3-2 平均場理論: 最簡單的非微擾理論和處理多體問題的出發點

§3-3 原子的平均場理論: 原子的殼層架構

§3-4 原子核的平均場理論: 原子核的殼層架構

§3-5 晶體的平均場理論: 固體的能帶架構

§3-6 平均場理論的改進: 密度泛函理論與局域密度近似

§3-7 散射與回應問題的平均場理論--光學模型

參考文獻

## 第四章 多體理論: (II) 剩餘相互作用與二次量子化表象

§4-1 多粒子系統量子態的單粒子態描述

§4-2 二次量子化表象

§4-3 原子核的組態混合模型

§4-4 固體物理中的幾個模型

參考文獻

## 第五章 多體理論: (III) 超越平均場近似的非微擾理論:

密度矩陣理論和Green函數理論

§5-1 純態與混合態、多體系統的關聯等級描述

§5-2 密度矩陣理論: 多體關聯密度矩陣動力學

§5-3 Green 函數理論: 多體關聯Green函數動力學

§5-4 量子統計力學初步

參考文獻

第六章 碰撞、散射和回應問題：光學模型與S-矩陣

§ 6-1 碰撞、散射和回應問題

§ 6-2 Lippmann-Schwinger方程

§ 6-3 光學模型和勢場散射

§ 6-4 S-矩陣

參考文獻

第七章 相對論性量子力學

§7-1 微視粒子的相對論性動力學

§7-2 Klein-Gordon方程

§7-3 自由粒子的Dirac方程

§7-4 電磁場中電子的Dirac方程

§7-5 量子場論初步：量子電動力學（QED）

量子強子動力學（QHD）與Walecka模型

參考文獻

第八章 量子力學的積分形式與路徑積分

§8-1 量子力學的路徑積分形式

§8-2 量子場論的路徑積分方法

§8-3 統計物理學中的路徑積分

參考文獻

第九章 量子力學的幾何相位

§9-1 引言

§9-2 AB效應、AS效應與磁通量子化

§9-3 Berry 相位

§9-4 物理空間的幾何效應與規範場

參考文獻

第十章 非自治系統量子力學

§10-1 量子工程系統與非自治量子系統

§10-2 代數動力學

§10-3 量子工程系統與量子光學系統的理論研究：代數動力學的應用

§10-4 討論與展望

參考文獻

第十一章 量子力學前沿問題

§11-1 量子Hall效應

§11-2 Bose-Einstein凝聚

§11-3 Josephson效應

§11-4 van der Waals力與 Casimir效應

§11-5 Bell定理與實驗

§11-6 量子態糾纏與退相干

§11-7 拓撲量子力學

§11-8 量子訊息與量子通訊

§11-9 量子編碼與量子計算

參考文獻

第十二 結語: 量子力學問題

附錄

I. 一般參考書目

II. 關於各專業研究生學習重點的建議

III. 關於《高等量子論與量子多體理論》習題的建議