

# 目 次

自序 .....	I
----------	---

## 第一部份 水丁格形成法

第 一 章 量子力學的發展小史 .....	3
A. 輻射的粒子論：光子 .....	3
Aa. 黑體輻射、簡諧振元的能量量子化及愛因斯坦的光 量子假設 .....	4
Ab. 光電效應 .....	12
Ac. 康卜吞效應 .....	13
B. 電子的波動論：德布各利波 .....	16
Ba. 戴維生 - 革末實驗和電子的繞射 .....	17
Bb. 德布各利波關係 .....	19
C. 波耳和左末菲的氫原子論 .....	23
Ca. 圓軌道與波耳的氫原子論 .....	23
Cb. 橢圓軌道和左末菲的氫原子論 .....	26
D. 測不準原理 .....	29
Da. 用顯微鏡作對電子的觀察 .....	30
Db. 用狹縫作對電子的觀察 .....	32
第 二 章 運動方程式 .....	35
A. 波動函數的運動方程式 .....	36

## (2) 量子力學導論

Aa. 水丁格波動方程式的尋求	38
Ab. 坐標波動函數的邊界條件	39
Ac. 或然率守恆、或然率流量向量及連續性方程式	40
Ad. 波動函數的水丁格運動方程式和預期值的牛頓運動 方程式間的一致性	42
Ae. 動量波動函數	46
Af. 預期值	48
B. 力學算符	50
Ba. 定義	50
Bb. 厄米特算符和反厄米特算符	52
Bc. 么正算符	57
C. 對易關係	58
D. 算符的運動方程式	60
Da. 時間相關算符及其運動方程式	60
Db. 從算符方程式導水丁格運動方程式	63
E. 么正變換	65
Ea. 波動函數的么正變換	65
Eb. 算符的么正變換	70
Ec. 無窮小么正變換	72
Ed. 對稱性和守恆定律	76
F. 在外電磁場中的帶電質點	79
Fa. 水丁格運動方程式	79
Fb. 或然率流量向量	80
Fc. 與牛頓方程式的一致性	81
Fd. 經一規範變換運動方程式的不變性	83

## 第三章 量子量度論

A. 測不準原理	87
Aa. 特殊形式	87
Ab. 一般形式	91
B. 波包的擴張	93
Ba. 極小波包	93
Bb. 波包的擴張	95
C. 本徵值和本徵函數	99
Ca. 定義	99
Cb. 厄米特算符的本徵值和本徵函數	100
Cc. 以一厄米特算符 $A$ 的本徵函數來表示，一任意波動 函數的展式	102
Cd. 對易厄米特算符和其共本徵函數	103
D. 量子量度論和最大量子資訊	105

## 第四章 運動方程式的解

A. 水丁格波動方程式的解	113
B. 算符方程式的解	115
Ba. 算符方程式的解法	115
Bb. 一自由質點	117
Bc. 簡諧振元	119
C. 量子力學的均功定理	120
D. 兩個簡單的例子：自由電子和限制在盒內的電子	122
Da. 自由電子	122
Db. 限制在盒內的電子	125

Dc. 完全縮退電子氣體的能階..... 133

第二部份 作用量原理形成法

第五章 線性向量空間論的複習..... 139

A.  $n$  維的線性向量空間論..... 140

    Aa. 線性向量空間的定義..... 140

    Ab. 線性變換..... 141

    Ac. 相似變換..... 150

    Ad. 本徵值和本徵向量..... 153

    Ae. 投影算符..... 158

    Af. 包向量和括向量..... 160

B. 線性向量空間論與量子力學系統的關係..... 161

    Ba. 態向量和力學變數..... 161

    Bb. 系統的時間運動..... 163

第六章 作用量原理..... 167

A. 無窮小轉動..... 167

B. 作用量原理..... 170

    Ba. 作用量積分算符..... 171

    Bb. 各個運動方程式和對易關係..... 172

C. 表象..... 177

    Ca. 坐標表象和水丁格時間相關運動方程式..... 178

    Cb. 動量表象..... 183

    Cc. 能量表象和水丁格時間無關運動方程式..... 184

第三部份 縛態問題

第七章 一維空間的方位能場..... 193

A. 位壘..... 196

    Aa. 方位壘的反射和透射..... 196

    Ab. 單位壘的陷波解..... 205

B. 方位阱和能階..... 209

C. 雙位壘..... 215

D. 週期性方位能和能量帶..... 217

第八章 一維簡諧振元..... 225

A. 能量的量子化規則..... 225

B. 本徵函數..... 230

C. 一些簡諧振元的有趣結果..... 235

    Ca. 均功定理..... 235

    Cb. 波包中心的时间運動和對應原理..... 238

    Cc. 測不準原理..... 240

第九章 球形對稱位能..... 247

A. 球形坐標中的算符..... 248

B. 水丁格運動方程式及其分離..... 250

C. 角向本徵函數..... 254

D. 徑向波動方程式及氫原子..... 264

    Da. 能量的量子化..... 264

    Db. 徑向本徵函數..... 267

    Dc. 均功定理..... 277

(6) 量子力學導論			
Dd. 測不準原理	278		
De. 古典極限的電子軌道	279		
Df. 原子核運動對能量階的修正	281		
E. 徑向波動方程式和方位能阱	284		
F. 徑向波動方程式及諧位能	288		
Fa. 能量的量子化	288		
Fb. 徑向本徵函數	291		
G. 選擇定則	292		
Ga. 純量算符	293		
Gb. 向量算符	294		
Gc. 張量算符	298		
H. 在拋物坐標中的庫侖位能	299		
<b>第十章 一維空間的近似方法——WKB 近似法</b>	311		
A. 位壘的反射和透射	311		
Aa. 各區域的解	312		
Ab. 在交點鄰近的解	316		
Ac. 波動函數的配合和積分常數的決定	320		
Ad. 對金屬的電子發射的應用	324		
B. 位阱的縛態	325		
Ba. 能量量子化規則和縛態波動函數	325		
Bb. 對簡諧振元的應用	330		
<b>第十一章 三維空間的近似方法——時間無關微擾論和虛變法</b>	335		
A. 時間無關微擾論	335		
Aa. 本徵值和本徵函數法——非簡併情況	338		
Ab. 在一外電場中的一維簡諧振元	343		
Ac. 氦原子的基態	345		
Ad. 本徵值和本徵函數法——簡併情況	348		
Ae. 則曼效應	356		
Af. 史他克效應——球形坐標	359		
Ag. 史他克效應——拋物坐標	362		
Ah. 革忍函數	365		
Ai. 革忍函數法——非簡併情況	367		
Aj. 革忍函數法——簡併情況	374		
B. 虛變法	378		
		<b>第四部份 散射論</b>	
		<b>第十二章 時間無關散射論</b>	385
		A. 散射幅	385
		Aa. 微分散射截面和散射幅間的關係	385
		Ab. 散射幅的波恩級數展開	388
		Ac. 湯川位能	398
		Ad. 波恩近似的有效性	406
		B. 球形對稱位能和分波散射幅	407
		Ba. 分波幅和相移	408
		Bb. 由解徑向波動方程式而決定相移及其對方位能阱的應用	413
		Bc. 徑向波動函數的積分方程式	422
		Bd. 徑向波動函數另一形式的積分方程式	427
		Be. 虛變法	432

(8) 量子力學導論	
C. 庫侖散射	435
Ca. 相移的不存在	435
Cb. 拋物坐標中	438
第十三章 時間相關散射論	445
A. 波動函數的運動方程式及無擾系統的革忍函數	447
Aa. 微擾波動函數方程式的解	447
Ab. $S$ -矩陣論	453
B. 時間相關散射論	455
Ba. 盒規一化	455
Bb. $S$ -矩陣元素	457
Bc. 散射幅和散射截面	462
C. 波動函數的運動方程式及微擾系統的革忍函數	465
D. 算符運動方程式	468
E. 波動函數的運動方程式而沒有一革忍函數	473
F. 變換係數作為 $S$ -矩陣元素	476
第十四章 躍遷論和非彈性散射論	487
A. 躍遷論	487
Aa. 感生吸收及受激發射二者的每單位時間的躍遷或然率	488
Ab. 雙極近似	494
Ac. 電四極和磁雙極近似	497
Ad. 自發射	499
Ae. 對正常則曼效應的應用	503
B. 非彈性散射論	505
Ba. 理論的形成	505

Bb. 對電子為一氫原子的散射的應用	507
--------------------	-----

## 數學附錄

M1. 匯合超比級數	513
A. 定義	513
B. 漸近形式	513
C. 一有用關係	514
M2. 厄米特多項式	514
A. 定義和正規化積分	514
B. 循環公式和厄米特的微分方程式	516
C. 厄米特多項式與匯合超比級數間的關係	517
M3. 勒讓得多項式與勒讓得相伴函數	517
A. 定義和正規化積分	517
B. 循環公式與勒讓得多項式滿足的微分方程式	519
C. 勒讓得相伴函數	520
M4. 拉各耳多項式與拉各耳相伴多項式	523
A. 定義與正規化積分	523
B. 循環公式、拉各耳多項式滿足的微分方程式，及拉各耳多項式與匯合超比級數間的關係	526
M5. 球形貝色、諾以曼和韓克耳函數	528
A. 微分方程式	528

(10) 量子力學導論

- B. 球形函數在無窮遠處和原點的行為..... 530
- C. 循環公式與積分性質..... 531

英中名詞對照表..... 533

812 ..... 雙重波函數 ..... B

813 ..... 函數 ..... A

816 ..... 交換性 ..... B

817

818 ..... 波函數的歸一化 ..... B

819 ..... 波函數的歸一化 ..... A

819 ..... 波函數的歸一化 ..... B

820 ..... 波函數的歸一化 ..... C

821 ..... 波函數的歸一化 ..... B

822 ..... 波函數的歸一化 ..... A

823 ..... 波函數的歸一化 ..... B

824 ..... 波函數的歸一化 ..... B

825 ..... 波函數的歸一化 ..... B

826 ..... 波函數的歸一化 ..... A