

量子力学第 3

2006.8.22 版

2005 年冬学期

初頁

目次

第I部 散乱理論	6
1 一次元の散乱理論	6
1.1 転送行列の方法	6
1.1.1 転送行列と散乱状態、束縛状態	6
1.1.2 転送行列と散乱行列	12
1.2 グリーン関数と散乱の積分方程式	16
1.3 1次元におけるレビンソンの定理	22
2 三次元の散乱理論	29
2.1 散乱振幅と微分断面積	29
2.2 リップマン-シュインガーの式と散乱振幅	33
2.3 ボルン近似	35
2.4 部分波分解	37
2.4.1 球対称場中でのシュレディンガー方程式	37
2.4.2 位相のずれ	44
2.4.3 対数微分と位相のずれ	46
2.4.4 Jost 関数と束縛状態	49
3 時間依存の散乱理論	53
3.1 リップマン-シュインガー方程式	53
3.2 光学定理	58
第II部 相対論的量子力学	61
4 特殊相対論 (古典論)	61
4.1 ローレンツ変換	62
4.2 自由粒子の作用	65
4.3 電磁場中の粒子の運動 (ラグランジェ形式)	69
4.4 電磁場中の粒子の運動 (ハミルトン形式)	75
5 ディラック方程式	79
5.1 ディラック方程式の導出	79
5.2 ディラック方程式の対称性	82
5.2.1 ローレンツ不変性	85
5.3 自由ディラック方程式の平面波解	90
5.3.1 $m \neq 0$ の場合	92

5.4	非相対論的極限	93
第 III 部 多粒子系の量子力学		99
6	相互作用と第二量子化	99
6.1	1つの粒子の古典的運動方程式	99
6.2	1つの自由粒子の(第一)量子化	100
6.3	多粒子系の第一量子化	101
6.4	多粒子系の量子力学と粒子の入れ替えに関する対称性	103
6.5	第一量子化による N 個の自由粒子系	105
6.6	第二量子化	107
6.7	第二量子化における演算子と相互作用	110
7	フェルミ粒子系の一粒子状態と平均場近似	114
7.1	フェルミ演算子のユニタリ変換と一粒子軌道	114
7.2	一粒子状態の全エネルギー	116
7.3	平均場の方程式: ハートリーフォック方程式	120
8	スピンを持つ電子系での一粒子状態と平均場近似	125
8.1	多電子系のハミルトニアン	125
8.2	スピン軌道関数	125
8.3	一粒子状態の全エネルギー	126
8.4	電子系のハートリーフォック方程式	127
第 IV 部 多電子原子の電子構造		129
9	原子の1電子準位と周期律表	129
9.1	水素類似原子の1電子準位構造	129
9.2	多電子原子のハミルトニアン	137
9.3	元素の周期律と遮蔽効果	138
10	電子配置と多重項構造	142
10.1	多重項と摂動論	142
10.2	角運動量演算子とスピン軌道関数, 第二量子化	149
10.3	具体的な多重項の幾つかと対角和の方法	152
10.3.1	$(1s)(2s)$	152
10.3.2	$(1s)(1s)$	156
10.3.3	$(1s)(2s)(3s)$	156
10.3.4	$(2p)(3p)$	157

10.3.5	$(2p)^2$	159
10.3.6	pd	161
10.3.7	pds	161
10.4	電子-正孔変換と多重項 $(nl)^x$	161
10.4.1	多重項 $(nl)^x$	161
10.4.2	電子-正孔変換	162
10.5	フントの規則	165
10.6	スピン軌道相互作用	165

第 V 部 光と物質の相互作用 172

11 電磁場の古典論 172

11.1	Maxwell の方程式	172
11.2	ベクトルポテンシャルとスカラーポテンシャル	175
11.3	古典場の方程式	180
11.4	場の運動量	183
11.5	場の角運動量	185

12 場の量としての電磁場と相互作用する粒子系 186

12.1	ラグランジアン密度と運動方程式	186
12.2	エネルギー運動量テンソルと保存則	189

13 荷電粒子と電磁場の系の量子化 191

13.1	Hamiltonian	193
13.2	運動量	194

14 電磁場と物質の相互作用 195

14.1	フェルミの黄金律	197
14.2	遷移の行列要素と双極子遷移	199
14.3	光の放出	202
14.4	光の吸収	203

第 VI 部 付録 204

A ヘルムホルツ方程式の極座標での変数分離 204

B 球関数 205

B.1	Legendre の微分方程式	205
B.2	Legendre の陪微分方程式	206

B.3 球関数	206
C 球ベッセル関数	207
C.1 球ベッセル関数	207