

もくじ

はじめに.....	3
-----------	---

第1章 物理量と演算子.....	9
------------------	---

1.1. 磁性	10
1.1.1. 電流と磁場	10
1.1.2. 円電流	11
1.2. 量子力学的アプローチ	12
1.3. 演算子とは	12
1.3.1. 線形演算子	13
1.3.2. 交換子	15
1.3.3. 逆演算子	16
1.3.4. 固有関数と固有値	16
1.4. 量子力学における演算子	18
1.4.1. 運動量演算子	19
1.4.2. 位置演算子	19
1.4.3. 交換関係	22
1.4.4. ハミルトニアン	22
1.5. 固有値と期待値	24
1.5.1. 固有値と内積	24
1.5.2. 期待値	26
1.6. 磁性に対応した演算子	31

第2章 角運動量演算子.....	33
------------------	----

2.1. 角運動量とは	33
2.2. 量子力学における角運動量演算子	37

2.3.	$ \vec{L} ^2$ に対応した演算子	40	4.3.	相互作用演算子	121
2.4.	極座標表示	43	4.4.	昇降演算子	122
2.5.	角運動量演算子 \hat{L}_z の固有関数	48	4.5.	演算子 $\hat{L} \cdot \hat{s}$ の作用	129
2.6.	演算子 \hat{L}^2 の極座標表示	50	4.6.	Na 原子の D 線分裂 — 謎の解明	140
2.7.	演算子 \hat{L}^2 の固有値	53	4.7.	演算子 \hat{J}^2	142
2.8.	ゼーマン分裂	57	4.8.	演算子 \hat{J}_z	148
2.9.	昇降演算子	59	4.9.	合成角運動量の昇降演算子	150
2.10.	演算子の行列表示	71	4.10.	まとめ	153
2.11.	まとめ	85			
第3章	スピン	86	第5章	異常ゼーマン効果	155
3.1.	電子の自転とスピン	86	5.1.	固有関数と縮重	155
3.1.1.	奇妙な現象	86	5.2.	外部磁場による付加項	157
3.1.2.	新たな電子の自由度	87	5.3.	固有値 $(1/2)\hbar^2$ に属する波動関数の変化	159
3.2.	スピン角運動量	88	5.3.1.	固有関数の変化	162
3.3.	スピン座標	93	5.3.2.	固有関数ではない場合	162
3.4.	ベクトル表示	94	5.4.	固有値 $-\hbar^2$ に属する波動関数	164
3.4.1.	演算子と行列	95	5.5.	固有値が異なる波動関数の混合	166
3.4.2.	スピンの昇降演算子	96	5.5.1.	波動関数 $\psi_{-1/2}$ と $\chi_{-1/2}$ の場合	166
3.4.3.	直交座標の演算子の導出	98	5.5.2.	波動関数 $\psi_{+1/2}$ と $\chi_{+1/2}$ の場合	171
3.5.	スピン角運動量の期待値	102	5.6.	磁場に関する演算子	174
3.6.	スピンによるゼーマン効果	106	5.6.1.	波動関数 $\psi_{-1/2}$ と $\chi_{-1/2}$	175
3.7.	まとめ	107	5.6.2.	外部磁場がない場合	177
補遺 3-1	パウリ行列	109	5.6.3.	外部磁場が大きい場合	178
A3.1.	パウリ行列の性質	109	5.6.4.	$\psi_{-1/2}$ と $\chi_{-1/2}$ の中間状態	179
A3.2.	ディラック行列	112	5.6.5.	波動関数 $\psi_{+1/2}$ と $\chi_{+1/2}$	181
			5.6.6.	$\psi_{+1/2}$ と $\chi_{+1/2}$ の中間状態	184
第4章	スピン軌道相互作用	115	5.7.	異常ゼーマン効果	186
4.1.	Na 原子の D 線の分裂	115	5.8.	パウリの排他律	189
4.2.	角運動量の合成	117			

第 6 章 交換相互作用	193
6.1. 2 電子系のシュレーディンガー方程式	193
6.2. 反対称波動関数	196
6.3. クーロン相互作用	200
6.3.1. 電子間相互作用	200
6.3.2. クーロン積分	203
6.3.3. 交換積分	204
6.3.4. 2 電子系のエネルギー	206
6.4. 2 電子系のスピン状態	207
6.4.1. 対称と反対称波動関数	207
6.4.2. 合成スピン角運動量	209
6.4.3. スピン-スピン相互作用	211
6.4.4. 合成スピン角運動量絶対値の 2 乗	216
6.5. スピンを含む 2 電子波動関数	222
6.6. 交換相互作用と強磁性	224
6.7. 2 電子系のエネルギー	225
おわりに	228