

量子力学Ⅲ・Ⅳ

中村正明

2021年11月25日

目次

1	球対称ポテンシャル中の粒子	3
1.1	極座標での Schrödinger 方程式	3
1.2	球面調和関数	4
1.3	実数調和関数	5
2	角運動量	6
2.1	角運動量演算子の交換関係	6
2.2	角運動量代数の導出	7
2.3	角運動量演算子の極座標表示	8
2.4	Schrödinger 方程式の書き換え	9
2.5	球面調和関数の再導出	10
2.6	Schwinger ボゾン表示	12
3	水素原子	13
3.1	2粒子系	13
3.2	水素原子の動径関数	14
3.3	水素原子の波動関数の性質	15
3.4	水素原子の波動関数の具体的表式	17
3.5	多電子原子の電子配置と周期律表	18
3.6	昇降演算子による動径波動関数の再導出	19
4	極座標系での自由粒子	21
4.1	円筒の中の自由粒子	21
4.2	動径方向の解	22
4.3	球の中の自由粒子	24
4.4	動径波動関数の再導出	25
4.5	球対称井戸型ポテンシャル	26
5	極座標系での調和振動子	28
5.1	直交座標系における3次元調和振動子	28
5.2	3次元調和振動子	29
5.3	2次元調和振動子	31
6	電磁場中の荷電粒子	33
6.1	電磁場中の荷電粒子のハミルトニアン	33
6.2	局所ゲージ変換と荷電粒子の Schrödinger 方程式	34
6.3	原子に対する磁場の効果 (Zeeman 効果)	35
6.4	自由電子に対する磁場の効果 (Landau 準位)	36
7	角運動量とスピン	39
7.1	Stern-Gerlach の実験	39
7.2	軌道角運動量とスピン	40
7.3	角運動量の行列表示	41
7.4	スピンの回転	43
7.5	角運動量の合成とその固有関数	44
7.6	3スピンの合成とカイラリティ	48
8	摂動論 (時間に依存しない場合)	49
8.1	注目する準位に縮退がない場合	49
8.2	注目する準位に縮退がある場合	50
8.3	原子に対する電場の効果 (Stark 効果)	53

9 摂動論 (時間に依存する場合)	57
9.1 遷移確率	57
9.2 Fermi の黄金律	58
9.3 エネルギーと時間の不確定関係	59
9.4 水素原子における状態遷移	60
10 変分法	61
10.1 変分原理と Schrödinger 方程式	61
10.2 近似法としての変分原理	62
10.3 調和振動子	63
10.4 電場中の水素原子	64
11 散乱問題	65
11.1 古典力学における散乱問題	65
11.2 量子力学における散乱問題	66
11.3 Green 関数による散乱振幅の計算	67
11.4 球対称ポテンシャルの場合の微分断面積	68
11.5 Coulomb ポテンシャルによる散乱	69
11.6 Green 関数	70
12 多体系の波動関数と統計性	72
12.1 同種粒子系	72
12.2 Fermi 粒子と Bose 粒子	73
12.3 Slater 行列式とパーマメント	74
12.4 2 粒子系の波動関数の例	75
12.5 Hartree-Fock 方程式	76
A ベクトル解析	1
A.1 ベクトル解析の復習	1
A.2 Levi-Civita テンソルを用いたベクトル解析	4
B 座標変換	10
B.1 直交曲線座標における座標変換	10
B.2 ラプラシアン of 極座標表示	11
C Hermite 多項式	14
D Legendre 多項式	16
D.1 双極子ポテンシャルと Legendre 関数	16
D.2 Legendre 陪関数	19
E Laguerre 多項式	23
E.1 Laguerre 陪関数	23
E.2 Laguerre 陪関数の直交規格化積分の変形	25
F Bessel 関数	26
F.1 Bessel 関数の性質	26
F.2 球 Bessel 関数	29
G 電磁気学における単位系	31
H 期待値の計算	32
I 動径波動関数の同等性 (3.72) の証明	33
J 解析力学	35
J.1 古典力学	35
J.2 Schrödinger 方程式の「量子化」	36
K 各表示の関係	37
L Lagrange の未定乗数法	39
L.1 2 次元の場合	39
L.2 n 次元の場合	39
L.3 連続自由度の場合	40