

量子力学Ⅱ

中村正明

2020年2月7日

目次

1	球対称ポテンシャル中の粒子	3
1.1	曲座標での 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	Schrödinger 方程式の書き換え	8
2.4	角運動量演算子の極座標表示	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	23
4.4	昇降演算子による動径波動関数の再導出	24
4.5	球対称井戸型ポテンシャル	25
5	極座標系での調和振動子	27
5.1	直交座標系における3次元調和振動子	27
5.2	3次元調和振動子	28
5.3	2次元調和振動子	30
6	電磁場中の荷電粒子	32
6.1	電磁場中の荷電粒子のハミルトニアン	32
6.2	局所ゲージ変換と荷電粒子の Schrödinger 方程式	33
6.3	原子に対する磁場の効果 (Zeeman 効果)	34
6.4	自由電子に対する磁場の効果 (Landau 準位)	35
7	摂動論 (時間に依存しない場合)	37
7.1	注目する準位に縮退がない場合	37
7.2	注目する準位に縮退がある場合	38
7.3	原子に対する電場の効果 (Stark 効果)	41
8	摂動論 (時間に依存する場合)	45
8.1	遷移確率	45
8.2	Fermi の黄金律	46
8.3	エネルギーと時間の不確定関係	47
8.4	水素原子における状態遷移	48
9	変分法	49
9.1	変分原理と Schrödinger 方程式	49
9.2	近似法としての変分原理	50
9.3	調和振動子	51
9.4	電場中の水素原子	52

10	多体系の波動関数と統計性	53
10.1	同種粒子系	53
10.2	Fermi 粒子と Bose 粒子	54
10.3	Slater 行列式とパーマメント	55
10.4	2 粒子系の波動関数の例	56
10.5	Hartree-Fock 方程式	57
A	ベクトル解析	1
A.1	ベクトル解析の復習	1
A.1.1	Gauss の定理とその応用	1
A.1.2	Stokes の定理とその応用	2
A.2	Levi-Civita テンソルを用いたベクトル解析	4
A.2.1	縮約公式	4
A.2.2	Levi-Civita テンソルによるベクトル演算公式の証明	6
A.2.3	ベクトルの微分演算の公式とその応用	7
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 多項式	16
D.2	Legendre 陪関数	19
E	Laguerre の多項式	23
E.1	Laguerre の多項式	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	解析力学	32
I	期待値の計算	33
J	各表示の関係	34