

量子力学I

中村正明

2019年11月24日

目次

1	電子の発見	4
1.1	真空放電と陰極線	4
1.2	電子の比電荷の測定	5
1.2.1	電場中の電子の運動	5
1.2.2	磁場中の電子の運動	6
1.2.3	比電荷の決定	7
1.3	ゼーマン効果	8
1.4	電気素量の測定	9
2	光の粒子性	11
2.1	黒体放射と光量子仮説	11
2.2	光電効果	14
2.3	X線	15
2.4	コンプトン効果	17
3	原子構造	19
3.1	原子模型	19
3.1.1	ガイガー・マースデンの散乱実験	19
3.1.2	ラザフォードの散乱公式	20
3.2	水素原子のスペクトル	21
3.3	ボーアの原子モデル	22
3.4	ボーア理論の実験での裏付け	23
3.5	ボーア理論の拡張	24
4	電子の波動性とシュレーディンガー方程式	25
4.1	電子の波動性	25
4.2	電子波の実験的検証	26
4.3	物質波に対する波動方程式の「導出」	26
4.4	水素原子の場合	28
4.5	波動関数の確率解釈	29
5	シュレーディンガー方程式の基本的性質	31
5.1	量子力学の基本原則	31
5.2	確率密度の保存	31
5.3	状態ベクトルとしての波動関数	32
5.4	物理量の期待値	33
5.5	エルミート共役とエルミート演算子	34
5.6	演算子の積と交換関係	36
6	量子力学と古典力学との関係	37
6.1	不確定性原理	37
6.2	物理量の期待値に対する運動方程式	38
6.3	量子力学と古典力学との関係	38
6.4	エーレンフェストの定理	39
6.5	波束の運動	39
7	演算子・表示	41
7.1	ブラケット表記および x 表示と p 表示	41
7.2	演算子の行列表示	42
7.3	系の対称性と保存量	43
7.4	シュレーディンガー表示とハイゼンベルグ表示	44
7.5	交換子を用いた計算	46

8	箱の中の粒子	47
8.1	波動関数の連続性	47
8.2	1次元自由粒子	48
8.3	3次元自由粒子	50
8.4	状態密度	51
9	1次元束縛状態	53
9.1	1次元系の一般的性質	53
9.2	井戸型ポテンシャル—無限に深い場合	54
9.3	井戸型ポテンシャル—有限な深さの場合	56
10	1次元非束縛状態	59
10.1	反射と透過	59
10.2	トンネル効果	61
10.3	ガモフの透過因子	63
10.4	原子核の α 崩壊	64
11	1次元δ関数・周期ポテンシャル系	65
11.1	δ 関数型ポテンシャル	65
11.2	周期的なポテンシャルのある場合	67
11.3	Kronig-Penney 模型	68
12	調和振動子	71
12.1	級数解法	71
12.2	昇降演算子による解法	74
12.2.1	昇降演算子	74
12.2.2	波動関数の導出	75
12.2.3	行列要素の計算	75
A	解析力学	1
B	Heisenberg 型運動方程式の古典極限	3
C	ガウス積分・ガンマ関数	4
C.1	ガウス積分	4
C.2	ガウス積分の拡張	4
C.3	ガンマ関数	6
D	Hermite 多項式	7