目　　次

1. 光の波動性と粒子性

§1.1 波　動・・・・・・・・・・・1
(a) 1次元空間の正弦波・・・・1
(b) 波動方程式・・・・・・・・・2
(c) 3次元空間の平面正弦波・・4
(d) 3次元の波動方程式・・・・6
(e) 球面波・・・・・・・・・・・7
§1.2 干　渉・・・・・・・・・・・9
§1.3 エネルギー量子・・・・・13
(a) 空洞輻射・・・・・・・・・13
(b) 微弱光の干渉・・・・・・17
(c) 光電効果・・・・・・・・・18
§1.4 光子の運動量・・・・・・20
問　題・・・・・・・・・・・・・23

2. 原子核と電子

§2.1 原子核の発見・・・・・・26
(a) α粒子の軌道・・・・・・27
(b) 散乱の微分断面積・・・・29
(c) 原子核の大きさ・・・・・31
§2.2 原子の安定性・・・・・・33
§2.3 原子のもつ電子の数・・・35
問　題・・・・・・・・・・・・・38

3. 過渡期の原子構造論

§3.1 原子スペクトル・・・・・39
§3.2 ボーアの原子構造論・・・41
(a) 定常状態と遷移・・・・・41
(b) 対応原理・・・・・・・・・42
(c) ボーアの量子条件・・・・44
§3.3 楕円軌道・・・・・・・・・45
(a) 運動方程式を解く・・・・45
(b) 量子条件で軌道を選ぶ・・47
§3.4 ド・ブロイの量子条件・・47
(a) 楕円軌道の量子化・・・・48
(b) 水素原子の電子の定常状態 50
§3.5 アインシュタインの遷移確率
・・・・・・・・・・・・52
問　題・・・・・・・・・・・・・54

4. 波動力学のはじまり

§4.1 シュレーディンガーの波動方程式 ・・・・・・56
(a) 自由粒子 ・・・・・・・・56
(b) 正弦波 ・・・・・・・・・57
(c) シュレーディンガーの波動方程式 ・・・・・・58
(d) 複素変数の指数関数 ・・・59
§4.2 水素原子のエネルギー準位はでるだろうか？ ・・・・61
(a) 定常状態 ・・・・・・・・62
(b) 固有値方程式を解く ・・・63
問 題 ・・・・・・・・・・・・68

5. 波動関数の物理的意味

§5.1 電子波の干渉 ・・・・・・69
(a) デヴィッソン－ガーマーの実験 ・・・・・・・・・69
(b) 外村らの実験 ・・・・・・71
§5.2 電子を見出す確率 ・・・・72
(a) ウェーヴィクル ・・・・・72
(b) 水素原子の例 ・・・・・・76
§5.3 確率密度と確率の流束 ・・78
(a) 存在確率の保存 ── 1次元 78
(b) 存在確率の保存 ── 3次元 81
§5.4 量子力学における因果律 ・83
(a) 波動関数の時間発展 ・・・83
(b) 自由粒子の場合 ・・・・・84
§5.5 ニュートン力学への回帰 ・88
(a) 位置の平均値 ・・・・・・88
(b) 速度の平均値 ・・・・・・89
(c) 補助定理 ・・・・・・・・90
(d) 速度の平均値の公式 ・・・91
(e) 加速度の平均値 ・・・・・92
(f) エーレンフェストの定理 ・93
(g) J. J. トムソンの実験 ・・・94
問 題 ・・・・・・・・・・・・97

6. 量子力学の成立

§6.1 物理量を表わす演算子 ・・99
(a) 位置座標と運動量 ・・・・99
(b) 演算子の積と交換関係 ・・102
(c) 物理量の時間微分 ・・・・103
(d) 3次元空間における運動 ・105
§6.2 状 態 ・・・・・・・・・107
(a) 因果律と予測目録 ・・・・107
(b) 内積とノルム ・・・・・・108
§6.3 観 測 ・・・・・・・・・112
(a) 演算子のエルミート性 ・・112

(b) 物理量とエルミート演算子 115
(c) 固有値問題 ・・・・・・・116
(d) 固有値問題の解の性質 ・・117
(e) 測定値と確率 ・・・・・・121
§6.4 不確定性関係 ・・・・・・122
問 題 ・・・・・・・・・・・・125

7. 井戸型ポテンシャル

§7.1 定常状態 ・・・・・・・・127
§7.2 井戸型ポテンシャルに束縛された状態 ・・・・129
(a) 波動関数の接続 ・・・・・130
(b) 対称な解 ・・・・・・・・133
(c) 反対称な解 ・・・・・・・135
§7.3 運動量の固有状態 ・・・・138
(a) 井戸の中の運動 ・・・・・138
(b) 運動量の固有状態 ・・・・139
(c) 運動量の測定 ・・・・・・144
§7.4 無限に深い井戸 ・・・・・146
§7.5 ポテンシャル障壁 ・・・・147
(a) トンネル効果 ・・・・・・148
(b) 透過率と反射率 ・・・・・150
(c) $E > V_0$ の場合：ラムザウアー－タウンゼント効果 ・・151
(d) $V_0 < 0$ の場合 ・・・・・155
§7.6 連続スペクトルと離散スペクトル ・・・・156
(a) 対称な状態 ・・・・・・・156
(b) 反対称な状態 ・・・・・・157
(c) 規格化 ・・・・・・・・・158
(d) 固有関数系の完全性 ・・・161
問 題 ・・・・・・・・・・・・164

8. 調和振動子

§8.1 定常状態 ・・・・・・・・167
(a) ハミルトニアン ・・・・・167
(b) 固有値問題の解 ・・・・・168
(c) 波動関数 ・・・・・・・・174
§8.2 振動する波束 ・・・・・・175
§8.3 ハイゼンベルク描像 ・・・177
問 題 ・・・・・・・・・・・・180

問題解答 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・184
(I)・(II)巻総合索引 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・226