



# 目 次

1. ラグランジアン形式およびハミルトニアン形式	1
1.1 序論	1
1.2 ニュートン力学の方法	1
1.3 ラグランジアン形式	2
1.4 ハミルトニアン形式	5
1.5 変分原理と仮想変位	6
2. 中心力	8
2.1 序論	8
2.2 作用・反作用	8
2.3 2粒子間の中心力運動	9
2.4 運動方程式と運動の軌跡	11
2.5 束縛と閉軌道	14
2.6 開軌道と散乱	17
2.7 3体問題	18
3. 剛体	22
3.1 序論	22
3.2 剛体の性質と配向性	22
3.3 回転行列	24
3.4 ベクトルとテンソルの変換	26
3.5 パリティ	26
3.6 回転の2次元表示	27
3.7 回転座標系とコリオリ力	28
3.8 回転体	29

4. 振動	33
4.1 序論	33
4.2 分子振動	33
4.3 剛体	34
4.4 基準振動	35
4.5 3原子分子	36
4.6 $N$ 原子の直線鎖	38
4.7 分散関係	41
4.8 2原子の直線鎖	41
4.9 振動する固体	43
4.10 分子の回転	43
4.11 分子振動分光学	45
5. 正準変換	47
5.1 序論	47
5.2 正準変換の性質	47
5.3 調和振動子	49
5.4 ハミルトン-ヤコビの方程式	49
5.5 作用変数と角変数	51
5.6 ポアソン括弧	53
6. 非線型力学とカオス	54
6.1 序論	54
6.2 摂動論	54
6.3 位相空間における調和振動子	56
6.4 $N$ 次元トーラス上の系の軌跡	56
6.5 摂動を受けた軌道の安定性とカオス	57
6.6 ロジスティックマップすなわち2次の漸化式	58
6.7 カオスの特徴とその定数	63
6.8 様々な系のカオス	65
7. 相対性理論	71
7.1 序論	71
7.2 ニュートン力学	71
7.3 光速不変	72
7.4 ローレンツ変換	72
7.5 過去と未来	75

7.6	ローレンツ収縮と時間の遅れ	77
7.7	ドップラー効果	77
7.8	ニュートンの法則	78
7.9	スカラー積と不変量	79
7.10	より一般的な変換	80
8.	熱力学	83
8.1	序論	83
8.2	完全微分と不完全微分	84
8.3	熱力学の法則	84
8.4	熱機関とカルノーサイクル	86
8.5	内部エネルギー, エンタルピーおよび自由エネルギー	87
8.6	マクスウェルの関係式	89
8.7	ギブスの相律	90
8.8	相変化	90
8.9	理想気体の比熱	92
8.10	断熱的な気体の法則	93
8.11	固体の比熱	94
8.12	熱電効果と熱磁気効果	95
8.13	負の温度	99
8.14	統計力学	99
9.	統計力学と分布関数	101
9.1	序論	101
9.2	ミクロカノニカル集団	102
9.3	カノニカル集団	103
9.4	グランドカノニカル集団	104
9.5	熱力学	105
9.6	常磁性	107
9.7	エントロピーと断熱消磁	108
9.8	マクスウェル分布	109
9.9	古典統計と量子統計	110
9.10	分布関数	112
9.11	光子統計	113
9.12	オルソバラ統計	115

<b>10. 静電場と静磁場</b> .....	116
10.1 序論 .....	116
10.2 電場と磁場 .....	117
10.3 マクスウェルの方程式 .....	118
10.4 電磁ポテンシャル .....	119
10.5 誘電率と透磁率 .....	119
10.6 2つの媒質の境界面での境界条件 .....	120
10.7 電場の湧き出し .....	120
10.8 磁場の湧き出し .....	122
10.9 静電場 .....	123
10.10 表面での境界条件 .....	124
10.11 ポテンシャル問題の解法 .....	125
10.12 楕球調和関数と球面調和関数 .....	126
10.13 静磁場 .....	127
10.14 ファラデーの法則 .....	129
<b>11. 多重極子と媒質</b> .....	130
11.1 序論 .....	130
11.2 電気多重極子 .....	130
11.3 電気双極子場 .....	133
11.4 エネルギーとトルク .....	133
11.5 磁気多重極子 .....	135
11.6 磁気モーメント .....	136
11.7 誘電率と透磁率 .....	137
11.8 電磁場中の楕円体媒質 .....	138
11.9 原子核と原子の多重極子 .....	141
<b>12. 相対論的電気力学</b> .....	143
12.1 序論 .....	143
12.2 電磁場テンソル .....	143
12.3 不変量 .....	145
12.4 場のテンソルとポテンシャル .....	146
12.5 ゲージ変換 .....	147
12.6 電磁場にある電荷の運動 .....	149
12.7 直交場 .....	150
12.8 断熱変数 .....	151

13. 波の伝播	152
13.1 序論	152
13.2 平面波	152
13.3 反射と屈折	154
13.4 斜めに入射した電磁波の反射, 屈折, 透過	156
13.5 分極	157
13.6 吸収と分散	158
13.7 電導媒質	160
13.8 導波	161
13.9 変調波	162
13.10 ソリトン	163
14. 光学	166
14.1 序論	166
14.2 屈折率	166
14.3 レンズ	167
14.4 鏡	169
14.5 偏極	169
14.6 干渉と回折	170
14.7 干渉	172
14.8 単, 二重, 三重スリット	172
15. 放射	177
15.1 序論	177
15.2 電荷からの放射と電流分布	177
15.3 放射帯	178
15.4 電気双極子放射	179
15.5 一様運動する電荷	181
15.6 加速される電荷	182
15.7 加速される低速電荷	183
15.8 加速される高速電荷	183
15.9 チェレンコフ放射	185
15.10 遷移放射	187
16. 衝突	188
16.1 序論	188
16.2 クーロン散乱	188

16.3	原子核との衝突	191
16.4	制動輻射	193
16.5	トムソン散乱	194
17.	角運動量	195
17.1	序論	195
17.2	運動量と角運動量	195
17.3	運動量演算子	197
17.4	軌道角運動量とスピン角運動量	198
17.5	スピン-軌道相互作用	199
17.6	波動関数とクレブシュー-ゴールドン係数	200
17.7	既約テンソル	202
18.	量子力学の行列形式	206
18.1	序論	206
18.2	角運動量行列	206
18.3	角運動量の加法	208
18.4	水素原子のゼーマン効果	209
18.5	一般的なハミルトニアン行列	212
19.	シュレディンガー方程式	214
19.1	序論	214
19.2	ハミルトニアン	214
19.3	ラプラス演算子と動径方程式	216
19.4	3次元の井戸	217
19.5	無限に深い3次元の井戸	218
19.6	3次元調和振動子	219
20.	1次元量子系	223
20.1	序論	223
20.2	シュレディンガー方程式	223
20.3	階段ポテンシャルによる反射	225
20.4	階段ポテンシャルの透過	227
20.5	ポテンシャル障壁	228
20.6	井戸型ポテンシャル	231
20.7	無限の井戸	234

<b>21. 原子</b> .....	236
21.1 序論 .....	236
21.2 水素原子 .....	236
21.3 スピン-軌道相互作用 .....	240
21.4 ヘリウム原子 .....	240
21.5 原子のエネルギーと大きさ .....	243
21.6 ハートリー-フォック法 .....	248
<b>22. 摂動論</b> .....	250
22.1 序論 .....	250
22.2 べき級数展開 .....	250
22.3 時間に依存しない摂動 .....	251
22.4 水素原子のゼーマン効果 .....	252
22.5 縮退のある場合の摂動論 .....	254
22.6 時間に依存した摂動 .....	255
22.7 遷移確率 .....	258
22.8 散乱 .....	259
<b>23. 流体と固体</b> .....	260
23.1 序論 .....	260
23.2 気体 .....	260
23.3 相転移 .....	261
23.4 液体状態と揺らぎ .....	263
23.5 拡散 .....	265
23.6 固体の構造 .....	266
23.7 最密構造 .....	268
23.8 空間格子と逆格子 .....	269
23.9 結晶構造の決定 .....	270
23.10 ウィグナー-サイツ・セル .....	271
23.11 フォノンとその他の粒子 .....	273
23.12 超伝導体 .....	274
<b>24. 固体の電気伝導</b> .....	276
24.1 序論 .....	276
24.2 電子輸送論 .....	277
24.3 電気伝導度 .....	278
24.4 AC 電気伝導度 .....	279



24.5	抵抗率	280
24.6	熱伝導率	281
24.7	フェルミ面	281
24.8	2次元エネルギーバンド	287
24.9	半導体	289
24.10	ホール効果	292
<b>25.</b>	<b>原子核</b>	<b>294</b>
25.1	序論	294
25.2	基本的な力	294
25.3	原子核の大きさ	296
25.4	結合エネルギー	297
25.5	殻模型	300
25.6	放射性崩壊	302
25.7	ヘリシティとパリティ非保存	304
25.8	メスバウアー効果	305
25.9	炭素による年代測定と炭素サイクル	306
<b>26.</b>	<b>素粒子</b>	<b>308</b>
26.1	序論	308
26.2	基本的な力の特性	309
26.3	粒子の特性	311
26.4	3クォーク模型	313
26.5	保存則と反応	317
26.6	レプトン	320
26.7	カラー, チャーム, ビューティーとトウルス	321
<b>27.</b>	<b>物理数学：テンソルと行列</b>	<b>325</b>
27.1	序論	325
27.2	ベクトル関係式	326
27.3	座標系	328
27.4	行列式	332
27.5	行列	332
27.6	パウリ行列とスピノール	336
27.7	テンソル	337
27.8	無限級数	339
27.9	フーリエ級数	340

27.10	フーリエ変換	342
27.11	積分変換と積分方程式	344
27.12	複素変数, 複素積分およびコーシーの定理	347
27.13	留数定理の線積分への応用	349
27.14	群論	351
27.15	モンテカルロ法	356
<b>28.</b>	<b>物理数学：微分方程式と種々の直交関数</b>	<b>358</b>
28.1	序論	358
28.2	1階の微分方程式	358
28.3	2階の微分方程式	360
28.4	ラプラス方程式とヘルムホルツの方程式	367
28.5	ベッセル関数	370
28.6	ルジャンドル多項式	375
28.7	球面調和関数	377
28.8	ガンマ関数とそれに関連した関数	379
28.9	デルタ関数	383
28.10	グリーン関数	384
<b>A.</b>	<b>訳者補章 計算物理の基礎</b>	<b>387</b>
A.1	序論	387
A.2	本質的にテーラー展開に基づく方法	388
A.2.1	ニュートン法	388
A.2.2	オイラー法とオイラー-リチャードソンの方法	388
A.2.3	台形公式およびシンプソンの公式	388
A.2.4	ルンゲ-クッタ法	389
A.2.5	指数演算子の級数展開法	390
A.3	手順の分離に基づく方法	391
A.3.1	トロッター-鈴木分解法と量子モンテカルロ法	391
A.3.2	鈴木の指数演算子高次分解法(漸化公式, その他)	392
A.4	モンテカルロ・シミュレーションと確率過程	393
A.5	分子動力学法(能勢-フーヴァー法)	394
A.6	量子コンピュータと計算物理	395
	参考文献	397
	索引	401