

目次

旧版序文	v
旧版はじめに	vii
数式・記号などについて	ix
第 I 部 古典物理学	1
第 1 章 力学	3
1.1 質量・質点・質点系・剛体	4
1.1.1 質量	4
1.1.2 質点	4
1.1.3 質点系	5
1.1.4 剛体	6
1.2 速度と加速度	7
1.2.1 直線運動における速度と加速度	8
1.2.2 一般の場合の速度と加速度	17
1.2.3 等速円運動における速度と加速度	18
1.2.4 速度と加速度の単位	21
1.3 力	26
1.3.1 いろいろな力-その 1	27
1.3.2 いろいろな力-その 2	29
1.3.3 力の合成と分解	30
1.4 運動の法則	33
1.4.1 運動の第 1 法則	34
1.4.2 運動の第 2 法則	36
1.4.3 運動の第 3 法則	38
1.5 重力と落体の法則	40
1.6 運動の第 2 法則から導かれること	43
1.6.1 運動の様子から力を求めること	43
1.6.2 与えられた力から運動の様子を求める	46

1.7	振り子	58
1.8	万有引力	65
1.8.1	物理学の始まり	66
1.8.2	楕円	66
1.8.3	ケプラーの法則	68
1.8.4	重力も万有引力の現れであること	73
1.8.5	力が同じでも様々な運動が可能であるのは	74
1.8.6	運動の法則の予言力	76
1.9	仕事とエネルギー	78
1.9.1	仕事	78
1.9.2	位置エネルギーと運動エネルギー	80
1.9.3	力学的エネルギーの保存則を運動方程式から導くこと	83
1.9.4	3次元運動の場合の力学的エネルギー保存則	87
1.10	質点系の力学(重心運動)	94
1.10.1	重心の運動	94
1.10.2	運動量	99
1.10.3	衝突	101
1.10.4	相互作用する2体系における力学的エネルギーの保存則	103
1.10.5	撃力と力積	110
1.11	質点系の力学(振動と回転)	114
1.11.1	振動や回転運動の方程式	114
1.11.2	角運動量の保存則	117
1.11.3	多数の質点からなる系	119
1.12	質点系の力学(つり合い)	123
1.13	慣性系・非慣性系・慣性力	128
1.14	遠心力とコリオリの力	132
1.14.1	固定軸のまわりを一定角度で回転する座標系における運動方程式	134
1.14.2	遠心力	147
1.14.3	コリオリの力	151
第2章	熱学・統計力学	161
2.1	熱と温度	161
2.1.1	温度	162
2.1.2	熱量	163
2.1.3	比熱	164
2.1.4	熱エネルギー	165
2.1.5	熱の仕事当量	165

2.1.6	エネルギー保存則	167
2.2	理想気体	169
2.2.1	ボイルの法則	169
2.2.2	ボイル・シャルルの法則	171
2.3	熱力学第1法則	174
2.3.1	内部エネルギー	174
2.3.2	熱力学の第1法則	175
2.3.3	気体の断熱変化	181
2.4	熱力学第2法則-1	189
2.4.1	熱機関	190
2.4.2	理想機関	190
2.4.3	熱力学の第2法則	194
2.5	熱力学第2法則-2	203
2.6	熱力学第2法則-3	208
2.6.1	一般化	208
2.6.2	エントロピーと呼ばれる状態量があること	209
2.7	熱力学第2法則-4	218
2.7.1	一般の場合における熱力学の第2法則の数学的表現	219
2.7.2	エントロピー増大の法則	222
2.7.3	熱力学の適用範囲とその限界	223
2.8	気体分子運動論	224
2.8.1	原子論の始まり	224
2.8.2	分子論が成り立つ条件	226
2.8.3	圧力とは何か	229
2.8.4	温度とは何か	233
2.8.5	気体の内部エネルギーと熱的性質	236
2.9	古典統計力学	241
2.9.1	ほとんど独立な粒子の集まり	242
2.9.2	条件つき極値問題	248
2.9.3	小正準集団	251
2.9.4	小正準集団の使い方	261
2.10	正準集団	269
2.10.1	正準集団	269
2.10.2	ギブスのパラドックス	275
2.10.3	正準集団を応用する	279
2.10.4	正準集団を拡張する	283
2.11	量子統計力学	289
2.11.1	量子論のはじまり	290

2.11.2	量子統計力学	296
2.11.3	理想フェルミ気体	303
2.11.4	理想ボース気体	310
2.12	拡散現象	319
2.12.1	不可逆過程	320
2.12.2	ランダム・ウォーク	321
2.12.3	ブラウン運動	329
第3章	振動と波動	339
3.1	振動	339
3.1.1	振動の表し方	340
3.1.2	単振動	349
3.2	減衰振動・強制振動・共鳴	354
3.2.1	減衰振動	354
3.2.2	強制振動	356
3.2.3	共鳴（共振）	358
3.3	相互作用する二つの振り子	362
3.4	波動	371
3.4.1	波とは	373
3.4.2	波動と振動	375
3.5	横波と縦波	377
3.6	波の式	380
3.7	波動方程式-1	384
3.8	波動方程式-2	395
3.9	波のエネルギー	408
3.10	波の重ね合わせ	422
3.11	干渉	426
3.12	ホイヘンスの原理・回折	428
3.13	反射と屈折	434
3.14	ホイヘンスの原理を基礎づける	441
3.14.1	波動方程式をヘルムホルツ方程式に簡単化する	449
3.14.2	ホイヘンスの原理の数学的表現	457
3.15	長方形の開口による回折	460
3.16	弾性体とその中を伝わる弾性波-1	468
3.17	弾性体とその中を伝わる弾性波-2	491
3.18	音	497
3.19	運動する波源と観測者・ドップラー効果	504
3.20	発音体の振動	509

3.20.1	弦の振動	509
3.20.2	気柱の振動	514
3.20.3	膜の振動	516
3.20.4	波源の振動と波動	521
3.21	光	523
3.22	横波と偏り	529
3.22.1	真空中における電磁場の基礎方程式	529
3.22.2	光は横波であること	533
3.22.3	直線的に偏った光を得る方法	540
3.22.4	物質中における電磁場の基礎方程式	542
3.23	光のエネルギー	548
3.24	光の分散	563
3.25	スペクトル	587
第4章	電磁気学	595
4.1	電気	596
4.2	クーロンの法則	599
4.3	電場の強さと電束密度	602
4.3.1	電場の強さ	603
4.3.2	電束密度	609
4.4	静電気学の基礎法則	611
4.5	電位と電位差	615
4.5.1	電位（静電ポテンシャル）	615
4.5.2	電位差（電圧）	616
4.6	電流	622
4.7	磁気	634
4.8	電流の磁気作用	641
4.9	静磁気学の基礎法則	652
4.10	ベクトルポテンシャル	662
4.11	電流と磁石の間に働く力	670
4.12	ローレンツ力	672
4.13	電流と電流の間に働く力	681
4.14	電磁誘導の法則	685
4.15	電磁気学の基礎方程式	689
4.16	物質中における電磁場の方程式	694
4.16.1	巨視的なマクスウェル方程式-1	699
4.16.2	巨視的なマクスウェル方程式-2	700
4.16.3	巨視的なマクスウェル方程式-3	705

4.17	物質中における電磁場の構成関係式	713
4.17.1	電場に関する構成関係式	714
4.17.2	磁場に関する構成関係式	721
4.18	電磁場と荷電粒子からなる系におけるエネルギー保存則	722
4.19	場の運動量および電磁場と荷電粒子からなる系における運動量の保存則	726
4.20	静電気学における境界値問題	733
4.21	静電エネルギー	742
4.22	誘電体の分子モデル	749
4.23	磁石のまわりの磁場	759
4.24	球関数-1	762
4.25	球関数-2	775
4.26	一様に磁化した球の磁場	784
4.27	外磁場のなかに置かれた球に誘導される磁化	797
4.28	磁場のエネルギー	799
4.28.1	静磁場のエネルギー	800
4.28.2	磁気に関するクーロンの法則	800
4.28.3	電流による磁場のエネルギー	802
4.28.4	回路を貫く磁束とエネルギー	806
4.28.5	磁束と電流の関係	807
4.28.6	荷電粒子と磁場の相互作用	808
4.29	時間的に緩やかに変動する場	809
4.30	交流	812
4.31	速やかに変動する場	828
4.32	電磁波	832
4.33	電磁波の反射と屈折 (スネルの法則)	843
4.34	電磁波の反射と屈折 (フレネルの法則)	848
4.35	電磁波の反射と屈折 (反射波の偏りと全反射)	854
4.36	波動方程式のグリーン関数と遅延ポテンシャル	859
4.37	電磁波の放射	867
4.38	レイリー散乱	878
4.39	大気中における光の散乱	885
4.40	青空と朝日夕日, 大気中の分子数および水蒸気の影響	894
4.41	電磁波の回折	902
第5章	相対性理論	911
5.1	相対性とは (ガリレイ変換)	911
5.2	マイケルソン-モーレーの実験	914
5.3	アインシュタインの特殊相対性理論	915

5.4	光円錐	919
5.5	長さの縮み	922
5.6	時間の遅れ	924
5.7	速度の合成則	926
5.8	4次元ベクトル	927
5.9	電磁場	930
5.10	一般相対性理論の基礎	935
5.10.1	一般共変性の要請	936
5.10.2	等価原理	938
5.10.3	エトベッシュの実験と等価原理の検証	940
5.10.4	重力場による赤方偏移および光線の弯曲	941
5.11	リーマン幾何学	945
5.11.1	曲がった空間の幾何学	946
5.11.2	スカラー, ベクトル, テンソル	947
5.11.3	共変微分と接続係数	952
5.11.4	測地座標系	954
5.11.5	平行移動	955
5.11.6	測地線	958
5.11.7	曲率	962
5.11.8	簡単な例	965
5.12	重力場の方程式	969
5.12.1	重力場中での質点の運動 = 測地線	969
5.12.2	アインシュタイン方程式 = 重力場の方程式	971
5.12.3	アインシュタイン-ヒルベルトの作用原理	975
5.12.4	シュワルツシルトの解 = 静的中心対称な重力場	978
5.12.5	事象地平面	981
5.12.6	回転座標系	985
第II部	量子物理学入門	989
第1章	量子力学入門	991
1.1	量子とは	991
1.2	ド・ブロイ波と水素原子	995
1.2.1	水素原子のエネルギーを電子波の考えから導くこと	995
1.2.2	水素原子からの光の放出と吸収	1001
1.3	シュレーディンガーの波動方程式	1001
1.4	水素原子	1006
1.5	状態関数・シュレーディンガー方程式・量子力学的状態	1017

1.5.1	シュレーディンガー方程式	1019
1.5.2	自転する電子, パウリの排他律	1021
1.5.3	シュレーディンガー方程式と排他原理を用いることによる量子力学の適用範囲の拡大	1026
1.5.4	行列形式	1026
1.5.5	状態ベクトル	1029
1.6	状態関数の物理的意味 (確率解釈)	1030
1.6.1	分布関数	1031
1.6.2	確率振幅	1031
1.7	確率の干渉	1034
1.8	物理量の測定 (状態の収縮)	1039
1.9	演算子	1041
1.9.1	物理量と演算子	1041
1.9.2	基本交換関係	1042
1.9.3	演算するものとされるもの	1043
1.9.4	物理量演算子のエルミート性	1044
1.9.5	固有値と固有関数	1048
1.10	二つの演算子の同時固有関数	1053
1.11	任意の関数を固有関数系で展開すること—固有関数系の完全性関係—	1054
1.12	不確定性関係	1058
1.12.1	内容と意義	1058
1.12.2	最小波束状態	1061
第2章	変換理論	1065
2.1	表示と変換	1065
2.1.1	状態ベクトルの表し方	1065
2.1.2	状態ベクトルの表示	1066
2.1.3	状態ベクトルの内積	1069
2.1.4	状態ベクトルの正規化 (規格化)	1069
2.1.5	状態ベクトルの和と積	1070
2.1.6	表示の変換	1070
2.2	変換行列	1071
2.3	位置表示と運動量表示との変換関数	1076
2.3.1	位置表示	1076
2.3.2	運動量表示	1078
2.3.3	変換関数	1080
2.4	状態ベクトルの運動方程式	1081
2.5	ハイゼンベルク表示	1085

2.6	調和振動子 (1) 量子化	1088
2.7	調和振動子 (2) ハイゼンベルク表示	1093
2.7.1	期待値	1100
2.8	調和振動子 (3) シュレーディンガー表示	1103
2.8.1	ハイゼンベルク表示からの変換	1103
2.8.2	初めからシュレーディンガー表示で	1107
第3章	場の量子論から	1115
3.1	なぜ場の量子論か	1115
3.2	相対論的共変性	1117
3.3	スカラー場の方程式とラグランジアン	1121
3.4	場の量子化—連続無限自由度	1126
3.5	スカラー場の量子論	1129
3.6	エネルギーと個数の演算子	1133
3.7	零点振動の存在	1138
3.8	零点振動の検出	1141
付録A	数学の復習	1143
A.1	関数	1143
A.2	指数関数	1149
A.3	対数関数	1159
A.4	三角関数	1166
A.5	三角関数 (続き)	1178
A.6	図形と式	1188
A.7	ベクトル	1199
A.7.1	ベクトルの演算—その1	1201
A.7.2	ベクトルの演算—その2	1207
A.7.3	ベクトルの演算—その3	1211
A.8	行列と行列算	1215
A.9	計量	1228
付録B	練習問題解答	1243