

目 次

1. 質点と剛体の力学

(小出昭一郎)

1.1 力のつりあい	1	1.4.3 力学的エネルギー保存則	12
1.1.1 力と平行四辺形の法則	1	1.4.4 仕事率	12
1.1.2 力の直交成分	1	1.5 質点系の一般的性質	12
1.1.3 剛体にはたらく力の合成	2	1.5.1 質点系とその重心	12
1.1.4 偶力	2	1.5.2 質点系の角運動量	13
1.1.5 剛体のつりあい	3	1.5.3 重心運動の分離	13
1.2 物体の運動	3	1.5.4 仮想仕事の原理	14
1.2.1 速度	3	1.6 剛体の力学	14
1.2.2 加速度	4	1.6.1 剛体の自由度	14
1.2.3 接線加速度, 法線加速度	5	1.6.2 剛体の重心	15
1.2.4 運動座標系	5	1.6.3 固定軸をもつ剛体の運動	15
1.3 力と運動	6	1.6.4 剛体の平面運動	16
1.3.1 ニュートンの3法則	6	1.6.5 オイラーの方程式	17
1.3.2 運動方程式	7	1.6.6 こまの運動	18
1.3.3 慣性系と見掛けの力	8	1.7 ラグランジュの運動方程式とハミルトンのカノニカル方程式	19
1.3.4 簡単な運動	8	1.7.1 一般化座標	19
1.3.5 運動量	9	1.7.2 ラグランジュの運動方程式	19
1.3.6 角運動量	10	1.7.3 ハミルトンの原理と最小作用の原理	21
1.3.7 万有引力と惑星の運動	10	1.7.4 ハミルトンのカノニカル方程式	21
1.4 力学的エネルギー	11		
1.4.1 仕事と運動エネルギー	11		
1.4.2 保存力	11		

2. 弾性体と流体の力学

(小出昭一郎)

2.1 応力	23	2.2.4 ねじれのモーメント	27
2.1.1 連続媒質中にはたらく力	23	2.2.5 曲げのモーメント	28
2.1.2 応力テンソル	23	2.3 完全流体の運動	29
2.1.3 流体の静力学	24	2.3.1 完全流体	29
2.2 ひずみ	24	2.3.2 オイラーの運動方程式	30
2.2.1 ひずみテンソル	24	2.3.3 連続の方程式	30
2.2.2 弾性率	25	2.3.4 ベルヌーイの定理	32
2.2.3 ラメの定数	26	2.3.5 うず運動	32

2.4 実在流体の流れ	33
2.4.1 ナヴィエ-ストークスの 方程式	33
2.4.2 ハーゲン-ポアズイユの法則	34
2.4.3 レイノルズの相似法則	34
2.4.4 ストークスの法則	35

2.4.5 境界層	35
2.4.6 乱流	35
2.4.7 高速気流	36
2.4.8 希薄気体	37
2.4.9 電磁流体力学	37

3. 振 動 と 波 動

(有山正孝)

3.1 単 振 動	39
3.1.1 単振動の運動方程式	39
3.1.2 調和振動子のエネルギー	39
3.1.3 単振動の例	39
3.1.4 単振動の合成	41
3.2 減衰振動・強制振動	43
3.2.1 減衰振動の運動方程式	43
3.2.2 減衰振動とエネルギーの 変化	44
3.2.3 強 制 振 動	44
3.3 非線形振動およびその他の振動	46
3.3.1 単 振 り 子	46
3.3.2 変位の3乗に比例する復元力 が作用する場合	46
3.3.3 速さの2乗に比例する抵抗が 作用する場合	47
3.3.4 自 励 振 動	47

3.3.5 パラメーター励振	48
3.4 弾性体の振動	48
3.4.1 弦 の 振 動	48
3.4.2 管内の気柱の振動	48
3.4.3 弾性体の棒の振動	49
3.5 波 動	52
3.5.1 波動方程式	52
3.5.2 波動の数学的表現	54
3.5.3 波動とエネルギー	54
3.5.4 ドップラー効果	55
3.5.5 波の重ね合せ	55
3.5.6 波の伝搬	57
3.6 いろいろな波動	58
3.6.1 弾 性 波	58
3.6.2 音 波	59
3.6.3 水面の波	59

4. 電 磁 気 学

4.1 静 電 場	(熊谷寛夫) 61
4.1.1 電 荷	61
4.1.2 電荷の単位	61
4.1.3 クーロンの法則	61
4.1.4 電荷分布とクーロンの法則	62
4.1.5 電 場	62
4.1.6 電 位	63
4.1.7 電位の単位	63
4.1.8 ガウスの定理	63
4.1.9 電荷分布による電場	64

4.1.10 導体の表面	65
4.1.11 導体系の電荷と電位	65
4.1.12 帯電導体系の静電エネ ルギー	66
4.1.13 静 電 誘 導	66
4.1.14 一様な静電場内の導体球	66
4.1.15 導体にはたらく力	67
4.1.16 マックスウェルの応力	67
4.1.17 鏡 像 法	67
4.1.18 コンデンサー	68

4.1.19	電 気 分 極……………70	4.3.9	ビオ-サバールの法則……………81
4.1.20	分極電荷と真電荷……………70	4.3.10	ベクトルポテンシャル……………81
4.1.21	電気感受率……………70	4.3.11	電流回路と等価な磁殻……………82
4.1.22	平行電場の中の球状誘電体…71	4.3.12	アンペールの回路定理とその 微分表現……………82
4.1.23	誘電体による鏡像……………71	4.3.13	電流による磁場の例……………83
4.1.24	電束密度と誘電率……………71	4.3.14	磁性体と磁化……………84
4.1.25	電束に関するガウスの定理…72	4.3.15	強磁性体, 常磁性体, 反磁 性体……………85
4.1.26	電場のエネルギー密度……………72	4.3.16	磁 化 率……………85
4.1.27	導体と誘電体の境界面……………72	4.3.17	磁気ヒステリシス……………85
4.1.28	誘電体の境界面……………72	4.3.18	反磁場係数……………85
4.1.29	ローレンツの電場……………73	4.3.19	ヒステリシスと熱……………86
4.2	定 常 電 流 ……(熊谷寛夫)…73	4.3.20	磁束密度(磁気誘導)と 透磁率……………86
4.2.1	電 流 ……73	4.3.21	磁束に関するガウスの定理…86
4.2.2	電流の単位 ……74	4.3.22	磁性体の境界面……………87
4.2.3	電流と電場 ……74	4.3.23	電 磁 石 ……87
4.2.4	オームの法則 ……74	4.3.24	電磁石の漏れ磁束……………88
4.2.5	電極間の抵抗と静電容量 ……74	4.3.25	磁 気 回 路 ……88
4.2.6	電気抵抗の単位 ……75	4.3.26	磁場内の電流にはたらく力…88
4.2.7	抵抗の接続 ……75	4.3.27	電流相互間の力……………89
4.2.8	電池と抵抗の組合せと 起電力 ……75	4.3.28	ローレンツ力……………89
4.2.9	キルヒホッフの法則 ……76	4.4	電 磁 誘 導 ……(熊谷寛夫)…90
4.2.10	電流による発熱……………76	4.4.1	ローレンツ力による起電力 …90
4.2.11	接続電位差……………76	4.4.2	単 極 誘 導 ……90
4.2.12	熱 起 電 力……………76	4.4.3	電磁誘導の法則 ……91
4.2.13	ペルチエ効果……………77	4.4.4	磁 束 計 ……92
4.2.14	トムソン効果……………77	4.4.5	変圧器の原理 ……92
4.3	静 磁 場 ……(熊谷寛夫)…78	4.4.6	ベータートロンの原理 ……93
4.3.1	磁 荷 ……78	4.4.7	インダクタンス ……93
4.3.2	磁荷とクーロンの法則 ……78	4.4.8	自己インダクタンスの例 ……93
4.3.3	静磁場とクーロン磁場 ……78	4.4.9	相互インダクタンスの例 ……94
4.3.4	磁 位 ……79	4.4.10	電流系のエネルギーと磁場の エネルギー密度……………96
4.3.5	磁気モーメントによる磁場 …79	4.4.11	磁場の中の物体の受ける力…96
4.3.6	磁気モーメントと磁場 ……80	4.4.12	LCR 回路の基本式 ……96
4.3.7	二つの磁気モーメントの間の 相互作用 ……80		
4.3.8	磁殻による磁場 ……80		

4.5 電 磁 波 ……………(熊谷寛夫)…97	4.6.17 電磁場のエネルギーテン ソル ……………109
4.5.1 変位電流 ……………97	4.6.18 質点の運動方程式 ……………110
4.5.2 マックスウェルの方程式 ……97	4.6.19 質量とエネルギー ……………110
4.5.3 電磁場のポテンシャル表現 …98	4.6.20 荷電粒子にはたらく力 ……111
4.5.4 電 磁 波 ……………99	4.6.21 質点のラグランジュ関数 …111
4.5.5 電磁場のエネルギー密度 ……99	4.7 電 子 現 象……………(霜田光一)…112
4.5.6 ポインティングベクトル…100	4.7.1 熱電子放出……………112
4.5.7 電磁波の運動量……………100	4.7.2 電 場 放 出……………112
4.5.8 完全導体の表面と電磁波…100	4.7.3 光電子放出……………112
4.5.9 表皮効果……………100	4.7.4 2次電子放出……………113
4.5.10 誘電体の境界面と電磁波 …100	4.7.5 ショットキー効果……………113
4.5.11 遅延ポテンシャル ……………100	4.7.6 空間電荷制限電流……………113
4.5.12 双極子と電磁放射 ……………102	4.7.7 電場による電子ビームの 偏向……………114
4.5.13 光の速さにちかい等速度 で運動する電荷による電 磁場 ……………104	4.7.8 磁場による電子ビームの 偏向……………114
4.5.14 シンクロトロン放射 ……104	4.7.9 電場と磁場が共存するときの 電子の運動……………115
4.6 特殊相対論……………(青野 修)…105	4.7.10 電子と原子の衝突の種類 …115
4.6.1 マイケルソン-モーレーの 実験……………105	4.7.11 電子と原子の衝突確率 ……115
4.6.2 特殊相対論の原理……………105	4.7.12 移 動 度 ……………116
4.6.3 ミンコフスキー時空……………106	4.7.13 放電のタウンゼンドの 理論 ……………116
4.6.4 慣性座標系……………106	4.7.14 パッシェンの法則 ……………117
4.6.5 ローレンツ変換……………106	4.7.15 真空火花放電 …………… (熊谷寛夫)…117
4.6.6 同時という概念……………107	4.8 回 路 素 子……………(霜田光一)…118
4.6.7 運動している時計のおくれ…107	4.8.1 真 空 管……………118
4.6.8 ローレンツ収縮……………107	4.8.2 光 電 管……………118
4.6.9 速度の加法……………107	4.8.3 ブラウン管……………118
4.6.10 ドップラー効果 ……………107	4.8.4 ブラウン管の利用……………119
4.6.11 電荷と電流 ……………108	4.8.5 磁 電 管……………119
4.6.12 マックスウェルの方程式 …108	4.8.6 クライストロン……………120
4.6.13 電磁場のローレンツ変換 …108	4.8.7 進 行 波 管……………121
4.6.14 運動する点電荷による 電磁場 ……………109	4.8.8 半導体ダイオード……………122
4.6.15 電磁場のポテンシャル ……109	4.8.9 トランジスター……………122
4.6.16 電磁場のラグランジュ 関数 ……………109	

4.8.10	トランジスターの定数	123	4.9.32	周波数変換	140
4.8.11	電界効果トランジスター	124	4.9.33	パルスの発振	140
4.8.12	記憶素子	125	4.9.34	パルスの増幅	141
4.9	回路	(霜田光一) 125	4.9.35	計数回路	142
4.9.1	交流	125	4.9.36	計算回路	142
4.9.2	交流の実効値と電力	125	4.9.37	同時測定回路	143
4.9.3	交流のベクトルおよび複素数表示	126	4.10	加速器	(熊谷寛夫) 143
4.9.4	インピーダンス, アドミッタンス	126	4.10.1	加速器とは	143
4.9.5	交流回路の R , C および L	126	4.10.2	加速器における集束作用	143
4.9.6	直列共振回路	127	4.10.3	整流形加速器	143
4.9.7	並列共振回路	127	4.10.4	バン・デ・グラーフ形加速器	144
4.9.8	共振の Q 値	128	4.10.5	タンデム形バン・デ・グラ ーフ形加速器	144
4.9.9	4 端子回路	128	4.10.6	ペレトロン形バン・デ・グ ラーフ形加速器	144
4.9.10	分布定数回路	129	4.10.7	共振変圧器形加速器	144
4.9.11	導波管	130	4.10.8	線形電子加速器	144
4.9.12	矩形導波管	131	4.10.9	線形陽子加速器	144
4.9.13	円形導波管	131	4.10.10	サイクロトロン	145
4.9.14	空洞共振器	132	4.10.11	セクターフォーカス(AVF) サイクロトロン	145
4.9.15	導波管の S 行列	132	4.10.12	シンクロサイクロトロン	145
4.9.16	反射係数	133	4.10.13	電子シンクロトロン	146
4.9.17	整合	133	4.10.14	陽子シンクロトロン	146
4.9.18	方向性結合器	134	4.10.15	ペータートロン	146
4.9.19	マジック T	134	4.10.16	マイクロトロン	147
4.9.20	ジャイレーター	134	4.10.17	ストレージリング	147
4.9.21	サーキュレーター	135	4.10.18	イオン源	148
4.9.22	電圧増幅器	135	4.10.19	イオンビームのエミッタ ンス	148
4.9.23	フィードバック増幅器	136	4.10.20	ペータートロン振動	148
4.9.24	雑音	136	4.10.21	シンクロトロン加速の 原理	148
4.9.25	RC 発振器	137	4.10.22	シンクロトロン振動	149
4.9.26	LC 発振器	138	4.10.23	Q 電磁石	149
4.9.27	マルチバイブレーター	138	4.10.24	オールターネイトグレディ エント集束	150
4.9.28	水晶発振器	139			
4.9.29	振幅変調と検波	139			
4.9.30	位相変調	139			
4.9.31	周波数変調	140			

4.10.25 モーメントコンパクション因子……………151	4.11.4 プラズマ振動……………155
4.10.26 素粒子生成のしきい値……………151	4.11.5 不安定性……………156
4.11 プラズマ……………(青野 修)…151	4.11.6 荷電粒子の運動……………156
4.11.1 プラズマ……………151	4.12 電子レンズ……………(熊谷寛夫)…157
4.11.2 基礎方程式……………152	4.12.1 イオンビームと電磁場……………157
4.11.3 誘電率……………153	4.12.2 静電レンズ……………157
	4.12.3 磁場レンズ……………158

5. 光学・量子エレクトロニクス

5.1 波動光学……………(石黒浩三)…159	5.4.1 分子線レーザー……………181
5.1.1 光学でよく使われる波の表示法……………159	5.4.2 3準位レーザー……………182
5.1.2 反射・屈折に関する法則……………162	5.4.3 レーザーの雑音と周波数安定度……………182
5.1.3 光の回折……………165	5.5 レーザー……………(霜田光一)…183
5.2 幾何光学・画像情報光学……………(石黒浩三)…169	5.5.1 光の放出と吸収……………183
5.2.1 結像公式……………169	5.5.2 熱放射……………183
5.2.2 3次の球面収差……………171	5.5.3 レーザー媒質の増幅定数……………184
5.2.3 色収差……………172	5.5.4 レーザーの発振開始条件……………184
5.2.4 画像情報とその伝搬……………172	5.5.5 レーザーの発振周波数……………185
5.2.5 測光……………174	5.5.6 レーザーの出力……………185
5.3 結晶光学……………(石黒浩三)…174	5.5.7 気体レーザーのラムのくぼみ……………185
5.3.1 ポアンカレ球……………174	5.5.8 光共振器……………186
5.3.2 結晶光学における基本公式……………176	5.6 非線形光学……………(霜田光一)…187
5.3.3 結晶板内における干渉……………177	5.6.1 単一周波数の非線形光学……………188
5.3.4 人工複屈折……………179	5.6.2 光高調波発生……………188
5.3.5 旋光性……………179	5.6.3 光混合……………189
5.4 レーザー……………(霜田光一)…180	5.6.4 多光子遷移……………189

6. 熱・熱力学・統計力学

6.1 温度……………(沢田正三)…191	6.1.7 温度基準……………192
6.1.1 状態変化……………191	6.2 熱……………(沢田正三)…192
6.1.2 熱平衡……………191	6.2.1 内部エネルギー……………192
6.1.3 3物体間の熱平衡法則……………191	6.2.2 熱の定義……………192
6.1.4 温度の定義……………191	6.2.3 熱の仕事当量……………193
6.1.5 気体温度計……………192	6.2.4 等温変化と断熱変化……………193
6.1.6 温度目盛……………192	6.2.5 熱容量の定義……………193

6.2.6 熱量計	193	ンの原理	202
6.2.7 熱磁気効果	194	6.7.3 熱力学の第2法則の他の文章表現	203
6.2.8 電気熱量効果	194	6.7.4 カルノーの定理	203
6.2.9 磁気熱量効果	194	6.7.5 熱力学的温度	203
6.3 状態方程式(沢田正三)	194	6.7.6 クラウジウスの式	204
6.3.1 状態方程式の一般的形	194	6.7.7 エントロピー	204
6.3.2 気体の力学的状態方程式	195	6.7.8 エントロピー増大の法則	205
6.3.3 等方性固体の力学的状態方程式	195	6.7.9 可逆過程に対する熱力学の第1, 第2法則の結合式	205
6.3.4 熱膨張	196	6.7.10 熱容量の式	205
6.4 状態変化(沢田正三)	196	6.7.11 理想気体のエントロピー	205
6.4.1 相	196	6.7.12 等面積の法則	205
6.4.2 自由度	196	6.7.13 クラペイロン-クラウジウスの式	205
6.4.3 相律	196	6.8 熱力学的関数(沢田正三)	206
6.4.4 相転移	197	6.8.1 熱力学的関数の定義	206
6.4.5 気化, 沸騰	197	6.8.2 熱力学的関数の性質	207
6.5 熱の伝達(沢田正三)	198	6.8.3 マックスウェルの関係式	207
6.5.1 熱伝導	198	6.9 ゆらぎ(沢田正三)	208
6.5.2 対流	199	6.9.1 エントロピー表示の熱力学	208
6.5.3 熱放射	199	6.9.2 ゆらぎのモーメント	208
6.6 熱力学の第1法則(沢田正三)	200	6.9.3 ウィナー-ヒンチンの定理	209
6.6.1 熱力学の第1法則の文章表現	200	6.9.4 ナイキスト定理	209
6.6.2 熱力学の第1法則の数式表現	200	6.10 不可逆過程の熱力学(小口武彦)	209
6.6.3 準静的過程	200	6.10.1 局所平衡	209
6.6.4 熱源	201	6.10.2 エントロピーバランスの式	209
6.6.5 気体の内部エネルギー	201	6.10.3 熱伝導への応用	210
6.6.6 ジュール-トムソン効果	201	6.10.4 エントロピー生成速度	210
6.6.7 理想気体の定圧熱容量と定積熱容量との差	201	6.10.5 オンサーガーの相反関係式	210
6.6.8 理想気体の断熱変化	201	6.10.6 エントロピー生成極小の原理	211
6.6.9 カルノーサイクル	201	6.10.7 導体中の電流と熱流	211
6.6.10 熱機関	202		
6.7 熱力学の第2法則(沢田正三)	202		
6.7.1 可逆過程と不可逆過程	202		
6.7.2 クラウジウスの原理, トムソンの原理	202		

6.11 気 体 論 ……(小口武彦)…212	6.13.8 状態和の例 ……220
6.11.1 ベルヌーイの式 ……212	6.13.9 グランドカノニカル集団 ……220
6.11.2 エネルギー等分配の法則 ……212	6.13.10 ブラウン運動……220
6.11.3 熱 容 量 ……212	6.13.11 ファント・ホッフの式……221
6.11.4 マックスウェルの速度分布則 ……212	6.13.12 ラングミュアの吸着等温式……221
6.11.5 マックスウェル-ボルツマンの分布則 ……213	6.13.13 イジング模型……221
6.11.6 平均自由行路 ……213	6.13.14 ブラッゲ-ウィリアムズ近似……222
6.11.7 ボルツマン方程式 ……213	6.13.15 ベーテ近似……222
6.11.8 H 定 理 ……214	6.14 量子統計力学 ……(小口武彦)…222
6.11.9 気体の粘性 ……214	6.14.1 フェルミ-ディラック統計……222
6.11.10 気体の熱伝導……214	6.14.2 ボーズ-アインシュタイン統計 ……223
6.11.11 不完全気体……215	6.14.3 状 態 密 度 ……223
6.12 真 空 技 術 ……(熊谷寛夫)…215	6.14.4 ボーズ-アインシュタイン凝縮 ……223
6.12.1 粘 性 流 ……215	6.14.5 大きな分配関数 ……224
6.12.2 分 子 流 ……215	6.14.6 密 度 行 列 ……224
6.12.3 コンダクタンス ……216	6.14.7 ノイマン方程式とブロッホ方程式 ……225
6.12.4 クラウジウスの係数 ……216	6.14.8 密度行列の展開 ……225
6.12.5 熱 遷 移 ……217	6.14.9 縮約密度行列 ……225
6.12.6 電離真空計 ……217	6.15 極 低 温 ……(大野和郎)…226
6.12.7 ピラニ真空計 ……217	6.15.1 超 流 動 ……226
6.12.8 マクラウド真空計 ……217	6.15.2 4.2K以下の温度をつくる方法 ……226
6.13 統 計 力 学 ……(小口武彦)…218	6.15.3 断 熱 消 磁 ……227
6.13.1 位 相 空 間 ……218	6.15.4 ^3He - ^4He 希釈冷却装置 ……227
6.13.2 リュウヴィルの定理 ……218	6.15.5 ポメラントーク冷却 ……228
6.13.3 ミクロカノニカル集団 ……218	
6.13.4 エルゴードの仮説 ……218	
6.13.5 エントロピー ……219	
6.13.6 カノニカル集団 ……219	
6.13.7 状 態 和 ……219	

7. 量 子 力 学

(藤田純一)

7.1 量子論の基礎……229	7.1.4 原子構造論……231
7.1.1 量子論のおこり……229	7.1.5 対 応 原 理……231
7.1.2 原子スペクトル……230	7.1.6 物質の2重性……232
7.1.3 光 量 子……230	7.1.7 不確定性原理……232

7.2 量子力学	233	7.4.2 衝突問題	247
7.2.1 波動力学と行列力学	233	7.4.3 種々の近似法	252
7.2.2 固有関数, 状態ベクトル, 表示	234	7.5 電磁場に関連した現象	256
7.2.3 運動量の固有関数, 波束	235	7.5.1 粒子と電磁場の相互作用	256
7.2.4 シュレーディンガー方程式	236	7.5.2 光と粒子の散乱	259
7.2.5 行列力学	236	7.5.3 光と光の散乱	261
7.2.6 角運動量の固有関数	237	7.5.4 光の吸収	261
7.2.7 対称性と不変性	241	7.5.5 原子スペクトルへの電磁 補正	262
7.3 相対論的量子力学	242	7.5.6 クーロン散乱	263
7.3.1 クライン-ゴルドン方程式	243	7.6 場の量子化	265
7.3.2 ディラック方程式	243	7.6.1 第2量子化	265
7.4 量子力学の近似法	244	7.6.2 個数演算子	266
7.4.1 中心力ポテンシャルによる束 縛状態	244	7.6.3 電磁場の第2量子化	267
		7.6.4 ファインマングラフ	267

8. 原子・分子 (山下次郎)

8.1 原子の構造	269	8.6 分子に対するボルン-オープンハ イマーの近似	277
8.2 水素原子	269	8.7 分子の振動	278
8.3 多電子原子	269	8.8 分子の回転	279
8.3.1 電子配置の概念	269	8.9 2原子分子	279
8.3.2 原子の周期律と周期表	271	8.9.1 水素分子	279
8.3.3 原子軌道関数の決定	271	8.10 多原子分子	281
8.3.4 トーマス-フェルミの近似	274	8.10.1 水の分子	281
8.4 多重項構造	275	8.10.2 メタン	281
8.5 電磁場内の原子	277	8.10.3 エチレン	282
8.5.1 ゼーマン効果	277		

9. 高分子 (山本三三三・彦坂正道)

9.1 高分子の構造・形態	284	9.2.3 固有粘度	287
9.1.1 コンフィグレーション	284	9.3 力学的性質	288
9.1.2 分子形態	284	9.3.1 ゴム状弾性	288
9.1.3 ガウス鎖	284	9.3.2 粘性	288
9.1.4 排除体積効果	285	9.3.3 線形粘弾性	289
9.2 高分子溶液	286	9.4 高分子固体	291
9.2.1 浸透圧	286	9.4.1 形態	291
9.2.2 光散乱	287	9.4.2 ガラス転移	291

9.5 高分子結晶	292
9.5.1 高分子結晶構造	292

9.5.2 結晶化機構	293
9.5.3 緩和現象	294

10. 液体 (戸田盛和)

10.1 液体の性質	295
10.1.1 液体の通則	295
10.1.2 液体の相変化	296
10.1.3 融点付近の式	296
10.1.4 液体ヘリウム	296
10.2 分布関数	297
10.2.1 動径分布関数	297
10.2.2 構造因子	297
10.2.3 密度分布関数	298
10.2.4 直接相関関数	298
10.2.5 ヴァン・ホープの相関関数	299

10.2.6 中性子散乱	299
10.3 統計理論	300
10.3.1 統計理論による分布関数	300
10.3.2 分子間力	300
10.3.3 対応状態	301
10.3.4 量子効果	302
10.3.5 動径分布関数を求める近似方法	302
10.4 液体金属	302
10.4.1 擬ポテンシャル	302
10.4.2 電気抵抗	303
10.5 液晶	303

11. 結晶の対称性とその原子構造 (三宅静雄)

11.1 結晶の対称性	305
11.1.1 結晶の形態	305
11.1.2 結晶の対称, 結晶系	305
11.1.3 空間格子	306
11.1.4 逆格子	310

11.1.5 空間群	311
11.2 結晶の性質と対称性	312
11.2.1 物理量の空間的性質	312
11.2.2 結晶の対称とテンソル量	312
11.3 結晶の原子構造	315

12. X線・粒子線回折 (三宅静雄)

12.1 X線の散乱	317
12.1.1 電子によるX線の散乱	317
12.1.2 原子散乱因子	318
12.1.3 原子によるX線の非干渉性散乱	319
12.1.4 構造因子	319
12.1.5 気体および液体によるX線の回折	320
12.2 結晶によるX線の回折	321
12.2.1 ラウエブラッグ条件	321
12.2.2 エワルド球	322
12.2.3 回折関数, 結晶構造因子	322

12.2.4 積分反射強度	323
12.2.5 温度因子, 熱散漫散乱	324
12.2.6 吸収因子, 消衰効果	325
12.2.7 フーリエ合成, パターソン関数	325
12.2.8 X線の動力学的回折	326
12.2.9 X線解析装置	328
12.3 電子線回折	328
12.3.1 電子線, 電子波長	328
12.3.2 電子に対する原子散乱因子	329
12.3.3 気体による電子線の回折	329

12.3.4	結晶による電子線の回折	…330
12.3.5	電子回折装置と電子回折像	…331
12.4	中性子線の散乱	…331
12.4.1	中性子に対する原子核の	

	散乱長	…331
12.4.2	結晶による中性子線回折	…331
12.4.3	中性子線の磁気散乱	…332
12.4.4	中性子の非弾性散乱	…332
12.4.5	中性子散乱の測定装置	…333

13. 固 体

13.1	固体の分類	…(山下次郎)…334
13.2	結晶の電子状態	…(山下次郎)…335
13.2.1	基本単位と並進対称性	…335
13.2.2	逆格子, ブリルアン帯	…336
13.2.3	周期的境界条件と量子数	…336
13.2.4	ブロッホ関数	…338
13.2.5	エネルギーバンド理論	…339
13.2.6	金属のモデル	…342
13.3	電子間の相互作用	…(山下次郎)…347
13.3.1	誘電関数	…347
13.3.2	プラズマ振動	…348
13.4	電子の動力学	…(山下次郎)…349
13.4.1	ランダウ準位	…349
13.4.2	サイクロトロン共鳴	…349
13.4.3	ドゥ・ハース-ファン・アルフェン効果	…350
13.5	絶縁体と半導体のモデル	…(今井 勇)…351
13.5.1	バンドギャップ	…351
13.5.2	価電子バンドと伝導電子バンド	…352
13.5.3	固有半導体と不純物半導体	…353
13.5.4	キャリアー密度とフェルミ準位	…353
13.5.5	移動度, ホール定数	…355
13.5.6	不純物中心の構造	…357
13.5.7	不純物伝導	…358
13.5.8	再結合	…359

13.5.9	pn 接合	…359
13.5.10	励起子	…360
13.5.11	ポーラロン	…362
13.6	固体の凝集機構	…(今井 勇)…362
13.6.1	イオン結合	…362
13.6.2	共有結合	…363
13.6.3	金属結合	…363
13.6.4	ファン・デル・ワールス結合	…364
13.7	格子振動	…(山下次郎)…365
13.7.1	フォノン	…368
13.7.2	格子比熱	…369
13.7.3	状態密度におけるヴァン・ホープの異常	…370
13.7.4	フォノンの相互作用	…371
13.7.5	電子とフォノンとの相互作用	…372
13.8	輸送現象	…(山下次郎)…374
13.8.1	初等的形式	…374
13.8.2	振動する電場	…376
13.8.3	熱伝導	…377
13.8.4	熱起電力	…377
13.9	光学的性質	…(今井 勇)…378
13.9.1	複素誘電率, 複素屈折率	…378
13.9.2	吸収係数, 吸収エネルギー	…379
13.9.3	ドルーデ-ローレンツの分散公式	…380
13.9.4	光吸収のバンド理論	…384
13.9.5	外部光電効果	…385

12	目	次
13.10	磁性……………(山下次郎)…	386
13.10.1	常磁性……………	386
13.10.2	反磁性……………	388
13.10.3	自発磁化……………	389
13.10.4	反強磁性……………	392
13.10.5	フェリ磁性……………	393
13.11	誘電性……………(山下次郎)…	394
13.11.1	誘電率……………	394
13.11.2	双極子モーメント……………	394
13.11.3	誘電率と分極率……………	396
13.11.4	時間的に変化する電場……………	396
13.11.5	誘電的性質からみた固体の 分類……………	397
13.12	不完全結晶……………(山下次郎)…	399
13.12.1	格子欠陥……………	399
13.12.2	不純物原子……………	399
13.12.3	ショットキー形欠陥とフレ ンケル形欠陥……………	400
13.12.4	イオン伝導……………	400
13.12.5	色中心……………	401
13.12.6	転位……………	401
13.13	超伝導現象……………(阿部龍蔵)…	402
13.13.1	超伝導とはなにか……………	402
13.13.2	超伝導の性質……………	402
13.13.3	超伝導の現象論……………	403
13.13.4	BCS 理論……………	404
13.14	無定形固体……………(戸田盛和)…	405

14. 磁気共鳴 (阿部英太郎)

14.1	電子スピン共鳴……………	406
14.1.1	常磁性共鳴吸収……………	406
14.1.2	常磁性共鳴線の位置……………	407
14.1.3	超微細構造……………	408
14.1.4	常磁性共鳴吸収の線幅と 線形……………	409
14.1.5	ESR の実例……………	410
14.1.6	電子スピン共鳴の緩和と 飽和……………	411
14.1.7	電子核 2 重共鳴……………	412
14.1.8	強磁性共鳴……………	413
14.1.9	反強磁性共鳴吸収……………	413
14.2	核磁気共鳴……………	413
14.2.1	核磁気共鳴……………	413
14.2.2	核磁気共鳴線の位置と幅……………	413
14.2.3	ブロッホ方程式……………	414
14.2.4	核磁気共鳴の実験法……………	415
14.3	核 4 重極共鳴……………	416

15. 放射線 (小川岩雄)

15.1	放射線……………	418
15.1.1	陽子線, 重陽子線……………	418
15.1.2	α 線……………	418
15.1.3	重イオン線……………	418
15.1.4	β 線, 電子線……………	419
15.1.5	γ 線……………	419
15.1.6	X 線……………	419
15.1.7	中性子線……………	419
15.1.8	宇宙線……………	420
15.2	放射線の単位……………	420
15.2.1	放射線のエネルギー……………	420
15.2.2	放射線束……………	420
15.2.3	放射線量……………	421
15.2.4	放射能の強さ……………	422
15.3	放射線的作用……………	422
15.3.1	電気伝導性の一時的付与……………	422
15.3.2	放電の誘発……………	422
15.3.3	発光作用……………	422
15.3.4	放射線損傷……………	423
15.3.5	化学作用……………	423

15.3.6	凝結核の形成	423
15.3.7	生物学的作用	423
15.4	荷電粒子と物質との相互作用	423
15.4.1	衝突によるエネルギー損失, 阻止能	424
15.4.2	放射によるエネルギー 損失	425
15.4.3	荷電粒子の飛程	425
15.4.4	電子の散乱	426
15.4.5	電離	426
15.5	電磁波 (X 線, γ 線) と物質との 相互作用	427
15.5.1	光電効果	427
15.5.2	コンプトン効果	427
15.5.3	電子対生成	428
15.5.4	光核反応	428

15.6	中性子と物質との相互作用	429
15.6.1	弾性散乱	429
15.6.2	中性子捕獲	430
15.6.3	非弾性散乱	430
15.6.4	核反応	430
15.7	放射線の測定	430
15.7.1	電離箱	431
15.7.2	計数管	431
15.7.3	シンチレーションカウン ター	432
15.7.4	中性子検出器	433
15.7.5	飛跡観察器	434
15.8	放射線の利用	435
15.8.1	トレーサー	435
15.8.2	年代測定	435

16. 原子核

(八木浩輔)

16.1	原子核の一般的性質	436
16.1.1	原子核の構成粒子	436
16.1.2	原子核の質量	436
16.1.3	原子核の結合エネルギー	437
16.1.4	原子核の大きさ	438
16.1.5	原子核のスピン, パリティ ー, 統計	439
16.1.6	原子核の電磁モーメント	439
16.2	核力 (核力の 2 体問題)	441
16.2.1	重陽子	441
16.2.2	核子-核子散乱	442
16.2.3	核力の中間子論	444
16.3	原子核の構造	444
16.3.1	核内の核力と独立粒子模型 の成立	444
16.3.2	核の殻構造	445
16.3.3	核における集団励起モード, 回転および振動単位	447

16.3.4	アイソバリックアナログ 状態	448
16.4	原子核の崩壊	448
16.4.1	崩壊法則	448
16.4.2	α 崩壊	450
16.4.3	自発核分裂	450
16.4.4	β 崩壊	450
16.4.5	γ 崩壊	453
16.5	原子核反応	456
16.5.1	核反応の断面積と S 行列	456
16.5.2	光学模型	458
16.5.3	直接反応	458
16.5.4	核反応における共鳴現象と 複合核	459
16.5.5	クローン励起および光核 反応	461
16.5.6	高エネルギー核反応	462
16.5.7	核分裂と核融合反応	462

17. 核 物 性 (大野和郎)

17.1 中間子原子	463	理学	467
17.2 γ 線の角度分布および角相関	463	17.5.1 エ ス カ	468
17.3 メスバウアー効果とその利用	464	17.6 チャネリング	468
17.4 陽電子消滅およびポジトロニウム	467	17.6.1 荷 電 変 換	469
17.5 シンクロトロン放射と物性物		17.6.2 ビームフォイル分光学	470

18. 素 粒 子 と 場

18.1 素 粒 子	(藤田純一) 471	18.2.3 テンソルの平行移動と共変微分	481
18.1.1 素粒子の分類	471	18.2.4 空間の曲率	482
18.1.2 おもな素粒子	473	18.2.5 時空と相対性	482
18.1.3 相互作用の分類	473	18.2.6 慣性座標系と等価原理	482
18.1.4 π 中 間 子	474	18.2.7 電磁場の方程式	483
18.1.5 複合粒子模型	476	18.2.8 アインシュタインの方程式	483
18.1.6 高エネルギー極限	477	18.2.9 シュワルツシルドの場	484
18.1.7 弱い相互作用	477	18.2.10 重 力 波	484
18.2 一般相対論	(平川浩正) 479	18.2.11 宇 宙 論	484
18.2.1 リーマン空間	479		
18.2.2 テンソルの座標変換	480		

付 録

1. 電磁気学の単位系と法則の形式	488
2. 電磁気学公式対照表	489
3. 電磁量を CGS ガウス系と MKSA系で測った数値の比	493
4. 数 学 公 式	495
参 考 書	503
索 引	509

