

目 次

I 編 序 論

1 加速器とは(平尾泰男).....	2
1.1 はじめに.....	2
1.2 加速器・その発達の歴史.....	2
1.2.1 直流高電圧加速器.....	3
1.2.2 線型加速器.....	8
1.2.3 円型加速器(サイクロトロンからシンクロトロンへ).....	11
1.3 加速器の応用.....	22
1.3.1 電子の利用.....	22
1.3.2 陽子, 重陽子, α 粒子等の利用.....	23
1.3.3 重イオンの利用.....	23
2 放射線検出器(道家忠義).....	24
2.1 はじめに.....	24
2.2 放射線検出器の原理.....	25
2.3 放射線検出器の種類と特徴.....	30
2.3.1 電離現象を利用した検出器.....	30
2.3.2 発光現象を利用した検出器.....	35
2.3.3 飛跡生成を利用した検出器.....	37
2.4 放射線検出器の応用.....	38
2.4.1 位置検出器.....	38
2.4.2 粒子の弁別.....	40

2.4.3 線量計測	41
文献	42
3 原子核研究 (石崎可秀)	43
3.1 はじめに	43
3.2 原子核の基本的性質	43
3.2.1 原子核の大きさ	43
3.2.2 原子核の密度——密度の飽和性	46
3.2.3 原子核の結合エネルギーとその飽和性	47
3.3 核力	48
3.3.1 高いエネルギーの中性子-陽子散乱——交換力	48
3.3.2 高エネルギー陽子-陽子散乱——核力のかたい芯	48
3.4 原子核の構造	50
3.4.1 殻構造	50
3.4.2 超重元素	52
3.4.3 原子核の集団運動模型	53
3.4.4 原子核の高い角運動量状態	56
3.5 原子核の密度を変えうるか——巨大共鳴	57
3.6 原子核物理への期待	60
3.6.1 高密度核	60
3.6.2 ハイパー原子核	65
3.7 おわりに	70
文献	70
4 素粒子研究 (菊池 健)	71
4.1 素粒子研究の歩み	71
4.2 加速器を用いる素粒子実験の方法	73
4.2.1 カウンター実験	74
4.2.2 泡箱実験	75
4.2.3 重心系のエネルギー (反応に有効なエネルギー)	76
4.3 素粒子の相互作用と分類	77

4.4 ハドロンとクォーク模型	79
4.5 弱い相互作用とレプトン	82

II編 イオンビームの応用

5 イオン-原子衝突概説 (織田暢夫)	88
5.1 はじめに	88
5.2 原子衝突と核衝突のちがひ	89
5.3 イオンの分類	90
5.3.1 軽イオンと重イオン	90
5.3.2 イオンの荷電状態による分類	91
5.3.3 中性粒子ビーム	91
5.4 原子衝突過程の分類	92
5.4.1 速い衝突と遅い衝突	92
5.4.2 弾性衝突	94
5.4.3 荷電変換衝突	94
5.4.4 電子的励起衝突	99
5.4.5 電離衝突	102
5.5 おわりに	108
文献	108
6 イオン-原子衝突における内殻電離 (向坂正勝)	110
6.1 はじめに	110
6.2 内殻電離	111
6.3 特性 X 線測定	113
6.4 オージェ電子測定	116
6.5 内殻電離断面積	118
6.6 重イオンと原子との衝突による内殻空孔生成	120
6.7 ターゲット原子の多重電離	122
6.8 内殻電離に関する特殊な話題	124
文献	126

7 イオン-固体衝突 (大槻義彦)	128	9 イオンビームと結晶格子 (伊藤憲昭)	159
7.1 はじめに	128	9.1 はじめに	159
7.2 イオンビーム散乱	129	9.2 チャネリングとブロッキング	160
7.2.1 弾性散乱	129	9.2.1 表面ピーク	160
7.2.2 散乱ポテンシャル	129	9.2.2 チャネル粒子に対するポテンシャル	161
7.2.3 イオンビームの非弾性散乱	129	9.2.3 チャネル中での粒子の運動	163
7.3 阻止能と拡散係数	130	9.2.4 粒子束分布	165
7.3.1 阻止能	130	9.2.5 半値角と最小収率	167
7.3.2 拡散	134	9.2.6 深さ方向の変化	167
7.3.3 ディチャネリング	136	9.3 チャネリング効果の応用	168
7.4 イオンビームの状態変化	137	9.3.1 不純物の格子内位置決定	168
7.4.1 荷電状態の変化	137	9.3.2 短寿命複合核の寿命の測定	170
7.4.2 Wake ポテンシャル	140	9.3.3 阻止能の衝突係数依存性	171
文 献	141	9.3.4 Okorokov 効果	172
8 微量元素分析 (森田 右)	143	9.4 イオンビームと表面	173
8.1 はじめに	143	9.4.1 表面ピークの利用	173
8.2 PIXE (particle-induced X-ray emission) 法	143	9.4.2 表面かすめ衝突	176
8.2.1 バックグラウンド	145	9.5 おわりに	177
8.2.2 特性X線ピークの解析	146	文 献	177
8.2.3 検出感度	148	10 イオン注入による新物質合成 (升田公三)	179
8.2.4 スペクトル分析	150	10.1 はじめに	179
8.2.5 応用例	151	10.2 イオン注入用加速器	180
8.2.6 他の分析法との比較	154	10.3 注入イオンのプロファイル	183
8.3 放射化同位元素による年代測定	155	10.4 超伝導材料へのイオン注入	186
8.3.1 原理	155	10.5 アモルファスシリコンへのイオン注入	190
8.3.2 実験装置	156	10.6 新しいスピンスystem	192
8.3.3 応用	157	10.7 GaAs におけるストイキオメトリの測定	193
文 献	158	10.8 おわりに	194
		文 献	195

11 照射損傷(石野 栞)	196
11.1 照射損傷の歴史と加速器	196
11.2 荷電粒子の飛程と損傷の分布	198
11.2.1 原子のはじき出し	198
11.2.2 飛程とエネルギー損失	199
11.3 原子炉材料の照射損傷研究への加速器の応用	203
11.3.1 ボイドスエリング	204
11.3.2 照射化クリープ	206
11.3.3 高温照射脆性(ヘリウム脆性)	208
11.3.4 核融合炉壁材料の表面損傷	208
11.4 照射損傷用加速器の動向	209
11.4.1 照射損傷用加速器の要件	209
11.4.2 加速器を用いた材料照射損傷研究の最近のトピックス	211
11.5 おわりに	214
文 献	214
12 高速化学反応(今村 昌)	216
12.1 はじめに	216
12.2 放射線化学の初期過程	217
12.2.1 放射線の相互作用と反応中間体	217
12.2.2 反応のタイムスケール	218
12.3 パルスラジオリシス	220
12.3.1 マイクロ秒パルスラジオリシス	221
12.3.2 ピコ秒パルスラジオリシス	223
12.4 パルスラジオリシスによる高速反応の研究	226
12.4.1 溶媒和電子	226
12.4.2 イオンラジカル	230
12.5 おわりに	233
文 献	234

Ⅲ編 中性子の応用

13 中性子の発生と利用(塚田甲子男)	238
13.1 中性子の発生	238
13.1.1 はじめに	238
13.1.2 加速器を利用した中性子源の特徴	239
13.1.3 低エネルギー核反応を利用した単色中性子源	240
13.1.4 制動放射線を用いた(γ, n)および(γ, f)反応による中性子源	243
13.1.5 ストリッピング反応による中性子源	243
13.1.6 ノックオン反応による中性子源	244
13.1.7 原子核破砕反応による中性子源	244
13.2 中性子の利用	245
13.2.1 はじめに	245
13.2.2 中性子利用の実際	246
13.2.3 中性子ラジオグラフィ	248
13.2.4 放射化分析	249
13.2.5 加速器増殖および核廃棄物消滅処理	250
文 献	251
14 中性子分光(石川義和)	252
14.1 はじめに	252
14.2 中性子分光-中性子回折の特徴	252
14.3 加速器による中性子源の特徴	254
14.4 加速器中性子源を用いた実験	257
14.4.1 粉末試料による中性子回折	257
14.4.2 乱れた系の構造解析	258
14.4.3 熱外中性子回折, 熱外中性子分光	260
14.4.4 冷中性子散乱	262
14.4.5 非平衡状態での測定	265
14.5 高エネルギー研中性子散乱施設(KENS)	266

文 献	268
-----	-----

IV編 電子線の応用

15 シンクロトロン放射 (放射光) の利用 (高良和武)	272
15.1 はじめに	272
15.2 放射光の基本的性質	273
15.3 光源としての環状電子加速器	276
15.3.1 シンクロトロンとストレージリング	276
15.3.2 線源としてのストレージリング	277
15.3.3 ウィグラー	279
15.4 シンクロトロン放射の利用	281
15.4.1 光源としての特徴	281
15.4.2 放射光の利用	282
15.4.3 instrumentation	288
15.5 放射光利用の研究施設	289
15.5.1 各国における動向	289
15.5.2 フォトンファクトリー	290
15.6 おわりに	292
文 献	293
16 放射光による微細加工 (難波 進)	295
16.1 はじめに	295
16.2 X線露光	296
16.2.1 X線露光の原理	296
16.2.2 X線の最適波長	297
16.2.3 X線用マスク	298
16.2.4 X線用レジスト	299
16.3 シンクロトロン軌道放射によるX線露光	299
16.3.1 特 徴	300
16.3.2 実 験 装 置	300

16.3.3 マスクの製作	302
16.3.4 PMMAの露光特性	303
16.4 実 験 例	305
16.4.1 INS-ESでの実験	305
16.4.2 300 MeV, 100 mAのSOR-RINGによる実験	307
16.4.3 X線の回折効果を示す実験例	307
16.5 お わ り に	308
文 献	308

V編 最近の話題

17 加速器と放射線医学 (坂本澄彦)	310
17.1 はじめに	310
17.2 がん診療と放射線治療	310
17.3 がんの放射線治療	311
17.3.1 放射線治療の現状	312
17.3.2 がんの構造と放射線感受性	312
17.3.3 放射線抵抗性がん制圧へのアプローチ	314
17.4 加速器の放射線医学への応用	316
17.4.1 粒子線治療の生物学的基礎	316
17.4.2 粒子線のLETと生物効果	321
17.4.3 加速器治療の適応	322
17.4.4 加速器の診断への応用	323
17.4.5 加速器とRI	324
17.4.6 世界の加速器治療の現状	325
17.5 お わ り に	326
文 献	326
18 高エネルギー重イオンをめぐって (坂井光夫)	328
18.1 はじめに	328
18.2 高エネルギー重イオンはいかにして得られるか	328

18.3 応用—概観—	329
18.3.1 宇宙空間の研究	329
18.3.2 原子・分子	331
18.3.3 物性物理	331
18.4 医学利用	332
18.4.1 透視写真—診断—	333
18.4.2 照射治療	334
18.5 高エネルギー重イオンによる慣性核融合	337
18.6 おわりに	338
付 録	341
参 考 書	365
索 引	375