



## Table des matières

## 目次

## 第12章

- |        |                           |     |
|--------|---------------------------|-----|
| 12.1   | マクスウェル - ヘヴィサイド - ヘルツ方程式  | 333 |
| 12.2   | 電磁ポテンシャル                  | 337 |
| 12.2.1 | クーロンゲージ                   | 340 |
| 12.2.2 | ローレンスゲージ                  | 341 |
| 12.2.3 | 超ポテンシャル：ヘルツベクトル           | 343 |
| 12.3   | ポインティング - ヘヴィサイドの定理       | 345 |
| 12.4   | 電磁場のエネルギー流束密度：ポインティングベクトル | 346 |
| 12.5   | 電磁場の運動量                   | 348 |
| 12.6   | 電磁場の角運動量                  | 351 |
| 12.7   | ベクトルポテンシャルの物理的意味          | 354 |
| 12.8   | 隠れたエネルギー流束と隠れた運動量         | 357 |
| 12.9   | 回転荷電球の電磁的角運動量             | 359 |
| 12.10  | 運動する点電荷の自己力               | 360 |
| 12.11  | ダーウィンの相互作用                | 362 |
| 12.12  | 超伝導とロンドン方程式               | 365 |
| 12.13  | ヘルツの挑戦：遠隔作用とマクスウェル方程式     | 370 |
| 12.14  | ヘヴィサイド：磁気モノポールとマクスウェル方程式  | 372 |
| 12.15  | ディラックのひも                  | 374 |
| 12.16  | オーロラ：ビルケラン - ポアンカレ効果      | 377 |
| 12.17  | トムソン双極子                   | 379 |

## 第13章

- 13.1 平面波 381
- 13.2 正弦波と複素数表示 383
- 13.3 導体内の電磁場：表皮効果 384
- 13.4 導体表面での電磁波の反射 385
- 13.5 「理論物理学の真珠」：シュテファン - ボルツマンの法則 387
- 13.6 ヴィーンの法則 392
- 13.7 ヘリシティー：光子のスピン 396
- 13.8 電磁場は調和振動子の集合 400
- 13.9 電磁波のエネルギー，運動量，角運動量 402
- 13.10 ホイッタカーポテンシャル 405
- 13.11 デバイ - ブロムウィッチポテンシャル 406
- 13.12 キルヒホフとヘヴィサイド：電流は光速度で流れる 407
- 13.13 送電線の主波 412
- 13.14 導波管 415

## 第14章

### 輻射

- 14.1 ハイヘンスの素元波：伝搬関数 419
- 14.2 リーマン - ローレンスの遅延ポテンシャル 421
- 14.3 電磁場の遅延 423
- 14.4 電荷と電流が電磁波を放射する 424
  - 14.4.1 ヘルツの電気双極子 425
  - 14.4.2 フィットジェラルドの磁気双極子 427
  - 14.4.3 リエナール - ヴィーヒェルトポテンシャル 429
- 14.5 輻射の反作用 434
- 14.6 発散の困難：繰り込み 438
- 14.7 プランクの共鳴子 441
- 14.8 レイリー散乱とトムソン散乱 443
- 14.9 青空，夕焼け，星間赤方化 446

## 第15章

- 15.1 ヘヴィサイドの楕円体 449
- 15.2 ローレンツの局所時間 452
- 15.3 フィッツジェラルド - ローレンツ収縮仮説 456
- 15.4 ローレンツ変換 458
- 15.5 アインシュタインの相対論 462
- 15.6 電磁場のローレンツ変換 466
- 15.7 マクスウェル方程式の共変性 468
- 15.8 クーロンポテンシャルのローレンツ変換 469
- 15.9 ビオー - サヴァールの法則：電子論 471
- 15.10 ビオー - サヴァールの法則：相対論 472
- 15.11 フレネールの随伴係数：速度の変換 475
- 15.12 ローレンツ力の共変性 478
- 15.13 シンクロトロン輻射：銀河からの電波 480
- 15.14 電磁エネルギーと運動量密度の共変性 483
- 15.15 アブラハム - ローレンツの電子模型：4/3 問題 485
- 15.16 共変形式のマクスウェル方程式 489
- 15.17 回転木馬に乗ったマクスウェル方程式 493
- 15.18 電荷を持ったブラックホール 496

## 第16章

- 16.1 電磁場と解析力学 499
- 16.2 電磁場中の荷電粒子の運動：ハミルトンの原理 500
- 16.3 オイラー - ラグランジュ方程式 503
- 16.4 ルジャンドル変換：速度から運動量へ 505
- 16.5 ハミルトンの正準理論 507
- 16.6 場の理論 510
  - 16.6.1 トムソンの定理 510
  - 16.6.2 場の理論と変分原理 511
  - 16.6.3 ラグランジュ形式での電磁場 512
  - 16.6.4 ハミルトン形式での電磁場 514
  - 16.6.5 シュヴァルツシルトの変分原理 516
- 16.7 ネーター：対称性と保存量 519

## 第17章

- 17.1 ヴィーンとプランクの輻射式 529
- 17.2 プランク：エネルギー量子の発見 532
- 17.3 アインシュタインの光量子仮説 536
- 17.4 古典原子模型の安定性とボーアの仮説 538
- 17.5 量子力学の世界 541
  - 17.5.1 ハイゼンベルクの顕微鏡：不確定性原理 541
  - 17.5.2 調和振動子の量子力学 543
  - 17.5.3 ヴェンツェルとヴァラー：水素原子の量子力学的分極 547
- 17.6 磁場中の量子力学 549
  - 17.6.1 電磁場中のシュレーディンガー方程式 549
  - 17.6.2 ロンドンの位相因子：アハロノフ - ボーム効果 551
  - 17.6.3 ランダウ準位と量子ホール効果 555
  - 17.6.4 サイクロトロン振動の量子力学 558
- 17.7 電磁場の量子化 561
  - 17.7.1 ディラックの大胆不敵 561
  - 17.7.2 電磁場の正準量子化 563
  - 17.7.3 コヒーレント状態 566
  - 17.7.4 カシミール：電磁場の零点振動 568

## 第18章

- 18.1 物質中のマクスウェル方程式 573
- 18.2 平均操作による巨視的マクスウェル方程式 576
- 18.3 構成方程式 578
- 18.4 物質中の電磁波：ビオーの法則 579
- 18.5 電磁波の分散 581
- 18.6 「三菱玻璃」による分光 584
- 18.7 クラマース - クローニヒの分散公式 586
- 18.8 「ラッセルホテルを越えて」：ヘヴィサイド電離層 588
- 18.9 ブルンスアイコナール 591
- 18.10 ヴァヴィロフ - チェレンコフ効果：超光速粒子の輻射 593
- 18.11 磁性流体のアルヴェーン波 595
- 18.12 分極と磁化のローレンツ変換 596
- 18.13 ミンコフスキー方程式 597

<b>18.14</b>	物質中のエネルギー平衡方程式	<b>599</b>
<b>18.15</b>	仮想仕事の原理	<b>601</b>
<b>18.16</b>	アブラハム：物質中の運動量平衡方程式	<b>603</b>
<b>18.17</b>	コルテウエフ - ヘルムホルツカ	<b>606</b>
<b>18.18</b>	ヘヴィサイド方程式	<b>609</b>

## 付録B

<b>B.1</b>	波動方程式	<b>613</b>
	B.1.1 ダランベール：1次元の波動方程式	613
	B.1.2 球面波と円形波	615
<b>B.2</b>	ベルヌーイ - フーリエの方法	<b>617</b>
	B.2.1 フーリエの定理	620
	B.2.2 ディリクレの積分定理	621
	B.2.3 フーリエ変換	625
	B.2.4 ディラックのブラとケット	626
	B.2.5 エルミート演算子	627
	B.2.6 ガウス波束	630
	B.2.7 相補性不等式：不確定性関係	632
	B.2.8 正弦波とデルタ関数	635
	B.2.9 コーシーの主値積分	636
	B.2.10 コーシーの解法	638
	B.2.11 3次元の波動方程式	639
<b>B.3</b>	ダランベール方程式	<b>642</b>
	B.3.1 1次元の伝搬関数	642
	B.3.2 3次元の伝搬関数	644
	B.3.3 散乱行列	646
	B.3.4 キルヒホフの積分表示	647
	B.3.5 ポアソン方程式のグリーン関数	648
	B.3.6 ユークリッド空間とミンコフスキー空間	650

## 付録C