



# 目 次

物理をいかに学ぶか

まえがき

1	なぜ非平衡か	1
1-1	可逆と不可逆	1
1-2	熱力学	5
1-3	ゆらぎ	6
1-4	平衡から離れた系	7
1-5	平衡系と非平衡系	10
2	不可逆過程とエントロピー	13
2-1	熱力学第一法則	13
2-2	エントロピー	21
2-3	エントロピーの統計的意味	23
2-4	気体分子運動論とエントロピー	26
2-5	ギブス-デュエムの関係式	28
2-6	非平衡熱力学の基本的考え方	30
2-7	現象論的發展方程式	38
2-8	オンサーガーのエネルギー散逸極小の原理	42
	第2章演習問題	44
3	流体方程式	51
3-1	質量保存則	51
3-2	1成分系の流体に対するナヴィエ-ストークス方程式	52
3-3	多成分流体に対するナヴィエ-ストークス方程式	55

3-4	発展方程式の可逆部分と不可逆部分	56
3-5	再びナビエ-ストークス方程式	61
3-6	エネルギー保存則	64
3-7	拡散流に対する発展方程式	66
3-8	内部エネルギー密度に対する発展方程式	70
3-9	エントロピー密度の時間変化	71
3-10	熱流と拡散の相互作用	72
3-11	非平衡開放系の熱力学	74
	第3章演習問題	77
4	拡散現象	81
4-1	アインシュタインの関係式	82
4-2	拡散現象とランダムウォーク	86
4-3	ブラウン運動	89
4-4	ブラウン運動の微視的模型	97
4-5	雑音	103
4-6	フォッカー-プランク方程式	108
4-7	マスター方程式	111
4-8	スモルコフスキー方程式	119
4-9	揺動散逸定理	121
	第4章演習問題	123
5	気体分子運動論	129
5-1	マクスウェル速度分布則	129
5-2	分子衝突と平均自由行程	132
5-3	ボルツマン方程式	134
5-4	保存量と流体方程式	143
5-5	輸送現象と不可逆過程	147
5-6	多成分系における内部エネルギー	149
5-7	量子的ボルツマン方程式	151
5-8	クーロン系の運動論	159

## 第 5 章演習問題 165

## 6 相関関数 ..... 169

- 6-1 力学法則 169
  - 6-2 遅い変数 178
  - 6-3 輸送係数と揺動力 183
  - 6-4 拡散係数 187
  - 6-5 外場に対する線形応答 190
- 第 6 章演習問題 195

## 7 非平衡非線形緩和過程 ..... 197

- 7-1 孤立系の平衡状態への緩和 198
  - 7-2 熱源と接触している系 199
  - 7-3 ギンツブルグ-ランダウの自由エネルギー 202
  - 7-4 ギンツブルグ-ランダウ方程式 205
  - 7-5 カーン-ヒリヤード方程式 207
  - 7-6 スピノーダル分解と核形成 208
  - 7-7 非平衡開放系の非線形現象 212
  - 7-8 流体系における非線形現象 214
  - 7-9 平衡から離れた系のゆらぎ 227
  - 7-10 理想化されたワイス模型 235
- 第 7 章演習問題 239

## 8 軌道不安定性と不可逆性 ..... 241

- 8-1 古典力学 241
  - 8-2 可積分系 242
  - 8-3 共鳴現象 245
  - 8-4 軌道不安定性 250
  - 8-5 不可逆性とは何か 254
- 第 8 章演習問題 255

さらに勉強するために ..... 257

演習問題略解 ..... 261  
索 引 ..... 275

---

—《Coffee Break》—

熱力学の歴史	49
基礎定数測定的重要性	85
ブラウンが見たブラウン 運動は何か	89
長時間テイル	102
1/f 雑音	108
揺動散逸定理の歴史	196
冶金学と非平衡物理	212

---