



## 目 次

## 統計力学への準備

## 1. 気体運動論

	頁
§ 1. 統計力学とは	1
§ 2. 気体の圧力	3
§ 3. 速度分布関数	7
§ 4. 分子の衝突	11
(1) 分子の衝突	11
(2) 衝突数	14
§ 5. $f(v)$ の決定	16
§ 6. 平均値	20
(1) 平均エネルギー	20
(2) 平均速度	22
(3) 衝突数	24
(4) 平均自由行路	25
§ 7. Boltzmann 方程式	26
(1) Boltzmann 方程式	26
(2) 平均値方程式	30
(3) Boltzmann 方程式による 分布関数の考察	31
§ 8. 輸送現象	34
(1) 気体の粘性	34
(2) 気体の電気伝導度	35
§ 9. Boltzmann のH定理	37

## 統計力学の方法 (I) (平衡状態の統計力学)

## 2. 力学と確率

§ 10. 確率の概念	41	§ 13. エルゴードの仮定	62
(1) 確率の定義	41	(1) 平衡状態 (熱平衡状態)	62
(2) 統計分布	44	(2) エルゴードの仮定	63
(3) 平均値	49	§ 14. 統計力学的母集団 — 統計 集合	65
§ 11. 古典力学と確率	50	(1) 等確率の原理	65
(1) 位相空間	50	(2) 小正準集合 (micro- canonical ensemble)	66
(2) Liouville (リウヴィル) 方程式	51	(3) 正準集合 (canonical ensemble)	66
(3) 統計力学的平均	54	(4) 大正準集合 (grand- canonical ensemble)	66
§ 12. 量子力学と確率	57		
(1) 量子力学的平均と 統計力学的平均	57		
(2) 量子状態	59		

### 3. 小正準集合の方法

§ 15. 小正準分布 . . . . . 68	(5) $\alpha$ について . . . . . 83
§ 16. $W(N, V, E)$ . . . . . 69	§ 19. 情報量とエントロピー . . . . . 84
(1) 古典力学的計算 . . . . . 70	§ 20. Fermi-Dirac 分布, Bose-
(2) 量子力学に基づく修正 . . . 71	Einstein 分布 . . . . . 85
§ 17. Boltzmann の関係 . . . . . 73	(1) 素粒子の統計性 . . . . . 85
§ 18. Boltzmann の方法 . . . . . 76	(2) Bose-Einstein 統計,
(1) 平衡分布 . . . . . 76	Fermi-Dirac 統計 . . . . . 88
(2) $\beta$ の決定 . . . . . 79	(3) Bose-Einstein 分布,
(3) $W_{\{n_j^*\}}$ の極大性 . . . . . 80	Fermi-Dirac 分布 . . . . . 89
(4) 古典理想気体 . . . . . 80	(4) 理想量子気体 . . . . . 92

### 4. 正準集合の方法

§ 21. 正準分布 . . . . . 97	§ 23. エネルギー等分配の法則 . . . 110
§ 22. 熱力学的関係との対応 . . . . . 99	§ 24. 双極子気体 . . . . . 112
(1) 断熱定理 (adiabatic theorem) . . . . . 99	(1) 分配関数の計算 . . . . . 112
(2) 分配関数 . . . . . 101	(2) 平均双極子モーメントの
(3) 古典理想気体 . . . . . 105	計算 . . . . . 115
(4) 熱力学の第 3 法則 . . . . . 106	(3) 磁気双極子気体 . . . . . 116
(5) 理想混合気体 . . . . . 107	§ 25. 1 次元調和振動子 . . . . . 116
(6) van Leeuwen の定理 . . . 109	§ 26. エネルギーの ゆらぎ . . . . . 118
	§ 27. 密度行列 . . . . . 120

### 5. 大正準集合の方法

§ 28. 大正準分布 . . . . . 124	(2) 理想量子気体の大分配関数 129
§ 29. 大分配関数 . . . . . 127	§ 30. 粒子数の ゆらぎ . . . . . 131
(1) 熱力学的関数との対応 . . . 127	§ 31. 種々の分配関数 . . . . . 134

### 統計力学 (平衡状態) の応用

### 6. 理想系への応用

§ 32. 二原子分子気体の比熱 . . . . . 137	(2) 回転比熱 . . . . . 138
(1) 内部自由度 . . . . . 137	(3) 振動比熱 . . . . . 143

(4) 電子比熱 . . . . .	144	§ 35. スピン常磁性 . . . . .	155
§ 33. 固体の比熱 . . . . .	146	§ 36. 理想 Bose 気体 . . . . .	159
(1) 格子振動 . . . . .	146	§ 37. 理想 Fermi 気体 . . . . .	165
(2) Einstein 模型 . . . . .	147	§ 38. 熱放射 . . . . .	171
(3) Debye 模型 . . . . .	148	§ 39. 化学平衡 . . . . .	177
§ 34. 蒸気圧曲線 . . . . .	152		

## 7. 強い相互作用のある系への応用

§ 40. 分子場近似 . . . . .	181	(2) A B 型合金 . . . . .	192
(1) Ising (イジング) 模型 . . . . .	182	§ 42. 結晶統計 . . . . .	196
(2) Debye-Hückel の理論 . . . . .	186	§ 43. 分配関数の Cluster 分解 . . . . .	198
§ 41. Bragg-Williams 近似 . . . . .	189	§ 44. 分子分布関数 . . . . .	206
(1) Ising 模型 . . . . .	189	§ 45. 相変化 . . . . .	211

## 統計力学の方法 (II)

### 8. 非平衡状態の統計力学

§ 46. 非平衡状態 . . . . .	213	(1) 線形応答理論 (linear response theory) . . . . .	221
§ 47. Master 方程式 . . . . .	214	(2) 振動磁界に対する線形 応答 . . . . .	227
§ 48. Brown 運動 . . . . .	215	§ 50. 相関関数の方法による 電気伝導度の計算 . . . . .	229
(1) Brown (ブラウン) 運動 . . . . .	215		
(2) Fokker-Plank の方程式 . . . . .	220		
§ 49. 相関関数の方法 . . . . .	221		

## 付 録

1. Jacobi の行列式の計算 . . . . .	231	6. trace の不変性 . . . . .	237
2. $\int_0^{\infty} x^s \exp(-ax^2) dx$ ( $a > 0$ ) の計算 . . . . .	231	7. $\int_0^x \frac{t^3}{e^t - 1} dt$ の計算 . . . . .	237
3. $n$ 次元の球の体積 . . . . .	232	8. $\int_{-\infty}^{\infty} x^n g(x) dx$ の計算 . . . . .	238
4. Stirling の公式 . . . . .	233	9. 鞍点法 (saddle point method または method of steepest descent) . . . . .	239
5. 断熱定理について . . . . .	235		
参考書 . . . . .	242		
索引 . . . . .	243		