

目 次

序 文

第 I 章 熱力学。一般的な考察	1
§ 1. 状態量としての温度	1
§ 2. 仕事と熱	4
§ 3. 理想気体	7
A. Boyle-Mariot の法則 (Boyle の法則)	8
B. Gay-Lussac の法則 (Charles の法則)	9
C. Avogadro の法則と普遍気体定数	10
§ 4. 第一法則。状態量としてのエネルギーとエントロピー	12
A. 熱と仕事の等価性	13
B. 状態量としてのエンタルピー	15
C. 比熱 c_p と c_v の比についてのつけ足し	17
§ 5. 可逆および非可逆断熱変化	19
A. 断熱可逆過程	19
B. 断熱不可逆過程	22
C. Joule-Kelvin の過程	23
D. 重要な意義をもつ結論	25
§ 6. 第二法則	26
A. Carnot のサイクルとその効率	27
B. 第二法則の第一部	29
C. 第二法則の第二部	34
D. 簡単な数値計算の例	37
E. 文献について	39
F. エネルギーとエントロピーの順位づけ	41
§ 7. 熱力学的なポテンシャルと相互関係	42

§ 8.	熱力学的な平衡	48
A.	束縛されない熱力学的平衡とエントロピーの極大	48
B.	束縛されない熱力学的平衡にある系は等温等圧である	49
C.	束縛のある平衡でつけ加えられる自由度	50
D.	熱力学的ポテンシャルの極値性	51
E.	極大仕事の定理	54
§ 9.	van der Waals 方程式	56
A.	等温線のように	57
B.	van der Waals 気体のエントロピーと熱的性質	59
§ 10.	van der Waals による気体の液化について	61
A.	Joule-Kelvin 過程の積分路と微分形	61
B.	逆転曲線とその工学的な応用	62
C.	p , v 面内で気体 - 液体両相が共存する領域の境界	64
§ 11.	Kelvin 温度目盛	69
§ 12.	Nernst の熱定理	72

第II章 特殊な体系への熱力学の応用 79

§ 13.	混合気体, Gibbs のパラドックス, Guldberg と Waage の法則 ...	79
A.	気体の可逆的な分離	80
B.	拡散によるエントロピー増加と Gibbs のパラドックス	82
C.	Guldberg と Waage の質量作用の法則	83
§ 14.	化学ポテンシャルと化学定数	88
A.	化学ポテンシャル μ_i	89
B.	理想混合物での μ_i と g_i の関係	92
C.	理想気体の化学定数	92
D.	化学定数のディメンション解析	93
§ 15.	希薄溶液	96

A.	一般的なことと歴史的なこと	96
B.	希薄溶液の van't Hoff 状態方程式	97
§ 16.	水の相のいろいろ。蒸気機関の理論について	100
A.	蒸気圧曲線と Clapeyron 方程式	100
B.	氷と水の間の相平衡	104
C.	飽和水蒸気の比熱	105
§ 17.	相平衡の理論の一般的なことがら	107
A.	水の三重点	108
B.	Gibbs の相律	111
C.	希薄溶液における Raoult の法則	113
D.	Henry の吸収の法則 (1803)	116
E.	熱力学的な安定条件	117
§ 18.	Galvani 電池の起電力	119
A.	電気化学ポテンシャル	120
B.	Daniell 電池 (1836)	121
C.	個々の反応を簡単な総括反応でまとめること	123
D.	Gibbs-Helmholtz の基礎方程式	124
E.	数値的な例	125
F.	基礎方程式の積分について	127
§ 19.	強磁性と常磁性	128
A.	磁化するときの仕事と磁気状態方程式	128
B.	常磁性の Langevin 関数	130
C.	強磁性の Weiss 理論	132
D.	比熱 C_H と C_M	136
E.	磁気熱量効果	140
§ 20.	空洞輻射	141
A.	Kirchhoff の法則	142
B.	Stefan-Boltzmann の法則	145

C.	Wien の法則	147
D.	Planck の輻射法則	152
§ 21.	非可逆過程。非平衡状態の熱力学	159
A.	熱伝導と局所的なエントロピー生成	159
B.	非等方性物体中の熱伝導と Onsager の相反関係	162
C.	熱電気効果	164
D.	内部変態	170
E.	一般的な法則	172
F.	非可逆過程の熱力学的理論の適用限界	175

第 III 章 初等的な気体分子運動論177

§ 22.	理想気体の運動方程式	177
§ 23.	Maxwell の速度分布則	182
A.	単原子原体での Maxwell 分布。1860 年の証明	182
B.	数値を入れた例と実験について	185
C.	エネルギー分布についての一般的なことから。Boltzmann 因子	187
§ 24.	Brown 運動	189
§ 25.	常磁性物質の統計	196
A.	古典的な Langevin 関数	196
B.	量子力学的に変形した Langevin 関数	198
§ 26.	van der Waals 定数の統計的な意味	200
A.	分子の固有体積と定数 b	201
B.	van der Waals の凝集力と定数 a	203
§ 27.	平均自由行路の問題	205
A.	特殊な場合の平均自由行路の計算	206
B.	粘性	208
C.	熱伝導	212
D.	平均自由行路の問題に関する一般的な注意	213

第 IV 章 一般的な統計力学：枚举法	217
§ 28. Liouville の定理. Γ -空間と μ -空間	217
A. 多次元の Γ 空間	218
B. Liouville の定理	219
C. 理想気体の場合の等重率	220
§ 29. Boltzmann の原理	223
A. 状態の確率の尺度としての可置換数	224
B. エントロピーの尺度としての確率の極大値	228
C. 素細胞の統合	230
§ 30. 熱力学との比較	231
A. 定積状態変化	231
B. 外力の下にない気体の一般の状態変化	232
C. 外力場にある気体, Boltzmann 因子	233
D. Maxwell-Boltzmann の速度分布	234
E. 混合気体	236
§ 31. 硬い分子の比熱とエネルギー	237
A. 単原子気体	237
B. 二原子分子の気体	240
C. 多原子気体と Kelvin の雲	243
§ 32. 振動する分子と固体の比熱	245
A. 2 原子分子	245
B. 多原子気体	246
C. 固体と Dulong-Petit の法則	246
§ 33. 振動エネルギーの量子化	247
A. 一次元振動子	248
B. 固 体	251
C. 任意の量子状態への一般化	251
§ 34. 回転エネルギーの量子化	252

§ 35.	輻射と固体の理論への補足	256
A.	固有振動の方法	256
B.	固体比熱の Debye の理論	257
§ 36.	Γ 空間での状態和	259
A.	Gibbs の条件	259
B.	Boltzmann の考え方との関係	261
C.	量子統計力学への移行	264
D.	Gibbs の仮説の解析	266
§ 37.	量子統計の原則的なこと	267
A.	同種粒子の量子統計	267
B.	Darwin-Fowler の方法	269
C.	Bose-Einstein と Fermi-Dirac 統計	271
D.	鞍部点の方法	273
§ 38.	気体の縮退	277
A.	Bose-Einstein および Fermi-Dirac 分布	277
B.	気体の縮退度	281
C.	高度に縮退した Bose-Einstein 気体	283
§ 39.	金属中の電子気体	286
A.	Drude の方法についての前置	286
B.	完全に縮退した Fermi-Dirac 気体	287
C.	ほとんど完全な縮退	290
D.	特殊な問題	292
§ 40.	ゆらぎの二乗平均	295

第V章 厳密な気体運動論の概要 303

§ 41.	Maxwell-Boltzmann の衝突方程式	304
A.	気体運動論での状態の記述	304
B.	f の時間変化	306

C.	弾性衝突の法則	307
D.	Boltzmann の衝突積分	309
E.	Boltzmann の分子混沌の仮説	311
§ 42.	H 定理と Maxwell 分布	313
A.	H 定理	313
B.	Maxwell 分布	316
C.	平衡分布	319
§ 43.	流体力学の基礎方程式	320
A.	分布関数の級数展開	320
B.	Maxwell の輸送方程式	323
C.	質量の保存	325
D.	運動量の保存	326
E.	エネルギーの保存	328
F.	エントロピー原理	330
§ 44.	衝突方程式の積分について	333
A.	モーメント方程式を使つての積分	333
B.	モーメント方程式の変形	335
C.	衝突モーメントの計算	337
D.	粘性率と熱伝導率	338
§ 45.	伝導率と Wiedemann-Franz の法則	344
A.	金属電子に対する衝突と輸送の方程式	344
B.	衝突方程式の近似解	346
C.	電流とエネルギー流の密度	349
D.	Ohm の法則	350
E.	熱伝導率と絶対熱起電力	352
F.	Wiedemann-Franz の法則	353
	演習問題	357

第Ⅰ章	357
第Ⅱ章	360
第Ⅲ章	362
第Ⅳ章	364
第Ⅴ章	367
演習問題の解説	367