

Inhalt

Vorwort — V

Zum Inhalt von Band II — VII

Danksagung — IX

Symbolverzeichnis Band II — XV

1	Physik der Wärme: Gesetze idealer Gase, kinetische Gastheorie und Grundbegriffe der Thermodynamik — 1
1.1	Temperatur und temperaturbedingte Veränderungen an Gasen — 2
1.1.1	Temperatur und nullter Hauptsatz — 2
1.1.2	Gesetzmäßigkeiten an stark verdünnten (idealen) Gasen — 3
1.1.3	Temperaturmessung und absolute Temperaturskala — 7
1.1.4	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Stoffe — 11
1.2	Kinetische Gastheorie — 13
1.2.1	Ideales Gas — 13
1.2.2	Grundgleichung der kinetischen Gastheorie — 14
1.2.3	Die absolute Temperatur — 20
1.2.4	Innere Energie des idealen Gases — 22
1.2.5	Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle — 23
1.2.5.1	Verteilung einer Geschwindigkeitskomponente — 25
1.2.5.2	Verteilung der Geschwindigkeitsbeträge — 27
1.2.5.3	Verteilung von Impuls und Energie — 32
1.2.6	Transportprozesse in Gasen — 36
1.2.6.1	Wirkungsquerschnitt (Stoßquerschnitt) und mittlere freie Weglänge — 36
1.2.6.2	Brownsche Bewegung — 39
1.2.6.3	Diffusion — 41
1.2.6.4	Wärmeleitung — 47
1.3	Grundbegriffe der Thermodynamik — 49
1.3.1	Die Hauptsätze der Thermodynamik — 50
1.3.1.1	Der erste Hauptsatz (1. HS, <i>first law of thermodynamics</i>) — 50
1.3.1.2	Die 4 Prozesse am idealen Gas — 55
1.3.1.3	Entropie und zweiter Hauptsatz (2. HS, <i>second law of thermodynamics</i>). Reversible und irreversible Prozesse — 65
1.3.1.4	Der dritte Hauptsatz (3. HS) = Nernstsches Wärmetheorem (<i>third law of thermodynamics</i>) — 77

1.3.1.5	Zusammenstellung der Hauptsätze der Thermodynamik —	79
1.3.2	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen —	80
1.3.2.1	Die Grundgleichung der Thermostatik —	80
1.3.2.2	Thermodynamische Potenziale —	81
1.3.2.3	Maxwell-Relationen und Zusammenfassung der thermodynamischen Potenziale —	86
1.3.2.4	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen —	87
1.3.3	Reale Gase und Flüssigkeiten, Phasenumwandlungen —	89
1.3.3.1	Die Van der Waalssche Zustandsgleichung —	89
1.3.3.2	Der Dampfdruck nach Clausius und Clapeyron (Anwendung des 1. HS und des 2. HS) —	93
1.3.3.3	Phasenübergang einfacher Substanzen —	96
	Zusammenfassung —	99
Anhang 1	Spezifische Wärme: Einfrieren von Freiheitsgraden —	106
Anhang 2	Phänomenologische Berechnung des mittleren Verschiebungsquadrats $\overline{x^2}$ eines frei suspendierten Teilchens (Brownsche Bewegung) nach Langevin —	107
Anhang 3	Der Joule-Thomsonsche Drosselprozess (<i>Joule-Thomson-throttling process</i>) – ein irreversibler Prozess —	109
2	Nichtlineare Dynamik und Chaos —	115
2.1	Stabile und instabile Systeme —	115
2.1.1	Strenger Determinismus —	115
2.1.2	Die anharmonische Schwingung —	118
2.1.3	Der parametrische Oszillator —	122
2.1.4	Deterministisches Chaos —	125
2.2	Charakterisierung dynamischer Systeme —	126
2.2.1	Fixpunkte, Trajektorien, Grenzzyklen —	126
2.2.2	Phasenraum, Trajektorien im Phasenraum, Attraktoren —	131
2.2.3	Stabilität von Fixpunkten und Grenzzyklen, Lyapunov-Exponent —	136
2.2.4	Logistisches Wachstumsgesetz, Feigenbaumdiagramm —	142
2.2.4.1	Die logistische Abbildung —	142
2.2.4.2	Diskussion der Systembewegung in Abhängigkeit vom Kontrollparameter σ —	149
2.2.4.3	Das Feigenbaum-Diagramm —	154
2.3	Selbstähnlichkeit und fraktale Dimension —	159
2.3.1	Skalenprinzip und Selbstähnlichkeit —	159
2.3.2	Die Koch-Kurve —	166

2.3.3	Fraktale Dimension —	171
2.3.4	Chaos-Übergang und fraktale Dimension —	177
2.4	Strukturbildung in dissipativen Systemen —	181
2.4.1	Die Bénard-Instabilität —	182
2.4.2	Strukturbildung weit entfernt vom Gleichgewicht, Synergetik —	186
2.4.3	Zusammenfassung und Ausblick —	192
	Zusammenfassung —	193
Anhang 1	Bénard-Instabilität —	195
3	Relativistische Mechanik (<i>relativistic mechanics</i>) —	199
3.1	Das Michelson-Morley Experiment und seine Konsequenzen —	201
3.2	Die Lorentz-Transformation —	207
3.3	Das Problem der Gleichzeitigkeit (<i>simultaneity</i>) —	213
3.4	Zeitdilatation und Längenkontraktion —	215
3.4.1	Die Zeitdilatation (<i>time dilation</i>) —	215
3.4.2	Die Längenkontraktion (= Lorentz-Kontraktion, <i>length contraction</i>) —	217
3.5	Der relativistische Dopplereffekt (<i>relativistic Doppler effect</i>) —	220
3.5.1	Longitudinaler Dopplereffekt (<i>longitudinal Doppler effect</i>) —	222
3.5.2	Der transversale Dopplereffekt (<i>transverse Doppler effect</i>) —	223
3.6	Das Zwillings-Paradoxon (<i>twin paradox</i>) —	226
3.7	Das Minkowski-Diagramm, vierdimensionale Welt —	234
3.7.1	Relativität der Gleichortigkeit in der Newtonschen Mechanik —	234
3.7.2	Die Raum-Zeit-Struktur des Minkowski-Raumes —	236
3.7.3	Geometrische Darstellung der Lorentz-Transformation —	239
3.7.4	Gleichzeitigkeit und Kausalzusammenhang im Minkowski-Diagramm —	242
3.7.5	Die Eichhyperbeln —	244
3.7.6	Vergangenheit, Zukunft, Ferne —	246
3.8	Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten —	248
3.9	Relativistische Dynamik —	251
3.9.1	Der Newtonsche Impuls —	251
3.9.2	Eigenzeitintervall und relativistischer Impuls —	254
3.9.3	Die relativistische Energie —	260
3.9.4	Masselose Teilchen —	270
3.10	Vierdimensionale Formulierung der relativistischen Mechanik —	272
3.10.1	Der Ereignisvektor —	272
3.10.2	Die Vierergeschwindigkeit (<i>four-velocity</i>) und der Trägheitssatz —	275
3.10.3	Die Viererbeschleunigung und die Minkowski-Kraft (Viererkraft, <i>four-force</i>) —	276

XIV — Inhalt

3.10.4 Der Viererimpuls als Energie-Impuls-Vektor, relativistische
 Impulserhaltung — **280**

Zusammenfassung — **287**

Literatur — 293

Register — 295