

Inhalt

Geleitwort — V

Vorwort zur 2. Auflage — VII

Vorwort zur 1. Auflage — IX

Danksagung — XI

Zum Inhalt von Band II — XIII

Symbolverzeichnis Band II — XIX

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 — 8
1.1.4	Thermische Ausdehnung fester und flüssiger Stoffe — 12
1.2	Kinetische Gastheorie — 15
1.2.1	Ideales Gas — 15
1.2.2	Grundgleichung der kinetischen Gastheorie — 16
1.2.3	Die absolute Temperatur — 22
1.2.4	Innere Energie des idealen Gases — 24
1.2.5	Die Maxwellsche Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle — 25
1.2.5.1	Verteilung einer Geschwindigkeitskomponente — 28
1.2.5.2	Verteilung der Geschwindigkeitsbeträge — 29
1.2.5.3	Verteilung von Impuls und Energie — 34
1.2.6	Transportprozesse in Gasen — 38
1.2.6.1	Wirkungsquerschnitt (Stoßquerschnitt) und mittlere freie Weglänge — 38
1.2.6.2	Brownsche Bewegung — 41
1.2.6.3	Diffusion — 43
1.2.6.4	Wärmeleitung — 49
1.3	Grundbegriffe der Thermodynamik — 52
1.3.1	Die Hauptsätze der Thermodynamik — 53
1.3.1.1	Der erste Hauptsatz (<i>1. HS, first law of thermodynamics</i>) — 53
1.3.1.2	Die 4 Prozesse am idealen Gas — 58

1.3.1.3	Entropie und zweiter Hauptsatz (2. <i>HS</i> , <i>second law of thermodynamics</i>). Reversible und irreversible Prozesse — 68
1.3.1.4	Der dritte Hauptsatz (3. <i>HS</i>) = Nernstsches Wärmetheorem (<i>third law of thermodynamics</i>) — 80
1.3.1.5	Zusammenstellung der Hauptsätze der Thermodynamik — 83
1.3.2	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen — 84
1.3.2.1	Die Grundgleichung der Thermostatik — 84
1.3.2.2	Thermodynamische Potenziale — 85
1.3.2.3	Maxwell-Relationen und Zusammenfassung der thermodynamischen Potenziale — 90
1.3.2.4	Thermodynamische Potenziale und Gleichgewichtsbedingungen — 91
1.3.3	Reale Gase und Flüssigkeiten, Phasenumwandlungen — 93
1.3.3.1	Die Van der Waalssche Zustandsgleichung — 93
1.3.3.2	Der Dampfdruck nach Clausius und Clapeyron (Anwendung des 1. <i>HS</i> und des 2. <i>HS</i>) — 97
1.3.3.3	Phasenübergang einfacher Substanzen — 100 Zusammenfassung — 103
Anhang 1	Phänomenologische Berechnung des mittleren Verschiebungsquadrats $\overline{x^2}$ eines frei suspendierten Teilchens (Brownsche Bewegung) nach Langevin — 110
Anhang 2	Spezifische Wärme: Einfrieren von Freiheitsgraden — 112
Anhang 3	Herleitung der Van der Waals-Gleichung mit Hilfe der freien Energie F — 113
Anhang 4	Der Joule-Thomsonsche Drosselprozess (<i>Joule-Thomson-throttling process</i>) – ein irreversibler Prozess — 115
2	Nichtlineare Dynamik und Chaos — 121
2.1	Stabile und instabile Systeme — 121
2.1.1	Strenger Determinismus — 121
2.1.2	Die anharmonische Schwingung — 124
2.1.3	Der parametrische Oszillator — 129
2.1.4	Deterministisches Chaos — 131
2.2	Charakterisierung dynamischer Systeme — 133
2.2.1	Fixpunkte, Trajektorien, Grenzzyklen — 133
2.2.2	Phasenraum, Trajektorien im Phasenraum, Attraktoren — 137
2.2.3	Stabilität von Fixpunkten und Grenzzyklen, Lyapunov-Exponent — 142
2.2.4	Logistisches Wachstumsgesetz, Feigenbaumdiagramm — 149
2.2.4.1	Die logistische Abbildung — 149
2.2.4.2	Diskussion der Systembewegung in Abhängigkeit vom Kontrollparameter σ — 155

2.2.4.3	Das Feigenbaum-Diagramm —	160
2.3	Selbstähnlichkeit und fraktale Dimension —	165
2.3.1	Skalenprinzip und Selbstähnlichkeit —	165
2.3.2	Die Koch-Kurve —	172
2.3.3	Fraktale Dimension —	177
2.3.4	Chaos-Übergang und fraktale Dimension —	183
2.4	Strukturbildung in dissipativen Systemen —	187
2.4.1	Die Bénard-Instabilität —	188
2.4.2	Strukturbildung weit entfernt vom Gleichgewicht, Synergetik —	192
2.4.3	Zusammenfassung und Ausblick —	199
	Zusammenfassung —	200
Anhang 1	Bénard-Instabilität —	202
3	Relativistische Mechanik (<i>relativistic mechanics</i>) —	207
3.1	Das Michelson-Morley Experiment und seine Konsequenzen —	209
3.2	Die Lorentz-Transformation —	215
3.3	Das Problem der Gleichzeitigkeit (<i>simultaneity</i>) —	221
3.4	Zeitdilatation und Längenkontraktion —	223
3.4.1	Die Zeitdilatation (<i>time dilation</i>) —	223
3.4.2	Die Längenkontraktion (= Lorentz-Kontraktion, <i>length contraction</i>) —	226
3.5	Der relativistische Dopplereffekt (<i>relativistic Doppler effect</i>) —	229
3.5.1	Longitudinaler Dopplereffekt (<i>longitudinal Doppler effect</i>) —	234
3.5.2	Der transversale Dopplereffekt (<i>transverse Doppler effect</i>) —	235
3.6	Das Zwillings-Paradoxon (<i>twin paradox</i>) —	238
3.7	Das Minkowski-Diagramm, vierdimensionale Welt —	247
3.7.1	Relativität der Gleichortigkeit in der Newtonschen Mechanik —	247
3.7.2	Die Raum-Zeit-Struktur des Minkowski-Raumes —	249
3.7.3	Geometrische Darstellung der Lorentz-Transformation —	252
3.7.4	Gleichzeitigkeit und Kausalzusammenhang im Minkowski-Diagramm —	256
3.7.5	Die Eichhyperbeln —	258
3.7.6	Vergangenheit, Zukunft, Ferne —	260
3.8	Das Additionstheorem für Geschwindigkeiten —	262
3.9	Relativistische Dynamik —	265
3.9.1	Der Newtonsche Impuls —	265
3.9.2	Eigenzeitintervall und relativistischer Impuls —	268
3.9.3	Die relativistische Energie —	274
3.9.4	Masselose Teilchen —	284
3.10	Vierdimensionale Formulierung der relativistischen Mechanik —	286
3.10.1	Der Ereignisvektor —	286

XVIII — Inhalt

- 3.10.2 Die Vierergeschwindigkeit (*four-velocity*) und der Trägheitssatz — **289**
- 3.10.3 Die Viererbeschleunigung und die Minkowski-Kraft (Viererkraft, *four-force*) — **290**
- 3.10.4 Der Viererimpuls als Energie-Impuls-Vektor, relativistische Impulserhaltung — **294**
Zusammenfassung — **301**

Literatur — 307

Register — 309

E Erratum zu: Experimentalphysik (2. Auflage) — 315