

1-1	Die Natur der Physik	1
1-2	Maßeinheiten	3
1-3	Dimensionsanalyse	7
1-4	Die Genauigkeit in der Physik	10
1-5	Die Mathematik in der Physik	13
*1-6	Wissenschaft und Gesellschaft	17
Anhang 1-1 Korrekte Lösungen für die häufig auftretenden Fehler		18



Einführung 1

2-1	Geschwindigkeit	22
2-2	Mittlere Geschwindigkeit	24
2-3	Beschleunigung	27
2-4	Gleichförmig beschleunigte Bewegung	29



Eindimensionale

Bewegung 22

3-1	Bewegungsgleichung für den freien Fall	38
3-2	Vektoren	39
3-3	Geschosßbahnen	45
3-4	Gleichförmige Kreisbewegung	47
3-5	Erdsatelliten	49



Zweidimensionale

Bewegung 38

4-1	Einführung	55
4-2	Definitionen	56
4-3	Newtonsche Bewegungsgesetze	57



Dynamik 55

• Die mit einem Stern gekennzeichneten Abschnitte können übersprungen werden.



4.4	Einheiten von Kraft und Masse	61
4.5	Kräfte an Berührungsflächen	62
4.6	Lösung einiger Probleme	65
4.7	Atwoodsche Fallmaschine	69
4.8	Das konische Pendel	70
4.9	Impulserhaltung	71



Gravitation 79

5.1	Das allgemeine Gravitationsgesetz	79
5.2	Das Cavendish-Experiment	82
5.3	Die Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung	84
5.4	Gewicht	86
*5.5	Äquivalenzprinzip	90
*5.6	Das Schwerfeld innerhalb einer Kugel	91



Arbeit und Energie 97

6.1	Einführung	97
6.2	Arbeit	98
6.3	Leistung	100
6.4	Das Skalarprodukt oder Punktprodukt	101
6.5	Kinetische Energie	103
6.6	Potentielle Energie	106
6.7	Die potentielle Energie der Gravitation	108
6.8	Die potentielle Energie der Feder	110



Energieerhaltung 115

7.1	Erhaltung der mechanischen Energie	115
7.2	Stöße	120
7.3	Erhaltung der Gravitationsenergie	124
7.4	Potentialdiagramme	126
7.5	Erhaltung der Gesamtenergie	128
*7.6	Energie und Biologie	132
7.7	Die Energie und das Auto	133
	* Anhang 7-1 Energieerhaltung bei N Teilchen	139



Relativistische Kinematik 144

*8.1	Einführung	144
*8.2	Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	145
*8.3	Zeitdilatation	150



*8-4	Die Lorentz-Transformation	153
*8-5	Gleichzeitigkeit	157
*8-6	Doppler-Effekt des Lichts	159
*8-7	Das Zwillingsparadoxon	161
*9-1	Einsteinsches Additionstheorem der Geschwindigkeiten	169
*9-2	Definition des relativistischen Impulses	172
*9-3	Erhaltung von Impuls und Energie	173
*9-4	Äquivalenz von Masse und Energie	175
*9-5	Kinetische Energie	178
*9-6	Kraft und Masse	180
*9-7	Allgemeine Relativitätstheorie	181
	* Anhang 9-1 Impuls-Energie-Transformation	184



Relativistische Dynamik 169

10-1	Kinematik der Drehbewegung	190
10-2	Das Vektorprodukt oder Kreuzprodukt	192
10-3	Drehimpuls	193
*10-4	Dynamik der Drehbewegung	195
*10-5	Massenmittelpunkt	200
*10-6	Starre Körper und Trägheitsmomente	203
*10-7	Statik	206
*10-8	Schwungräder	209



Rotationsbewegung 190

11-1	Harmonische Kräfte	215
11-2	Schwingungsdauer	218
11-3	Das Pendel	220
11-4	Die Energie der harmonischen Bewegung	223
*11-5	Kleine Oszillationen	224
*11-6	Schallintensität	228



Schwingungen 215

12-1	Der hydrostatische Druck	234
12-2	Die Zustandsgleichung des idealen Gases	239
12-3	Temperatur	241
12-4	Die Gleichverteilung der Energie	244
12-5	Die kinetische Theorie der Wärme	246



Die kinetische Theorie der Wärme 234

13

Thermodynamik 253

- 13.1 Der erste Hauptsatz der Thermodynamik 253
- 13.2 Avogadro-Konstante 254
- 13.3 Spezifische Wärmekapazität 255
- 13.4 Isotherme Expansion 260
- 13.5 Adiabatische Expansion 260
- 13.6 Der Otto-Motor 264

14

Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik 270

- 14.1 Der Carnotsche Kreisprozeß 270
- 14.2 Thermische Umweltbelastung 273
- 14.3 Kältemaschinen und Wärmepumpen 273
- 14.4 Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik 276
- *14.5 Entropie 279
- *14.6 Zeitumkehr 284

15

Die elektrostatische Kraft 290

- 15.1 Elektrische Ladung 290
- 15.2 Coulomb-Gesetz 292
- 15.3 Das elektrische Feld 295
- 15.4 Elektrische Feldlinien 297
- 15.5 Der Gaußsche Satz 300

16

Elektrostatik 308

- 16.1 Sphärische Ladungsverteilungen 308
- 16.2 Lineare Ladungsverteilungen 312
- 16.3 Ebene Ladungsverteilungen 313
- 16.4 Das elektrische Potential 317
- 16.5 Kapazität 323
- *16.6 Dielektrikum 327

17

Elektrischer Strom und magnetische Kraft 335

- 17.1 Der elektrische Strom 335
- 17.2 Das Ohmsche Gesetz 337
- *17.3 Gleichstromkreise 341
- 17.4 Die magnetische Kraft (experimentell) 346
- 17.5 Herleitung der magnetischen Kraft 348
- 17.6 Das magnetische Feld 349

17.7	Einheiten der magnetischen Feldstärke	353
*17.8	Relativistische Transformation von \mathbf{B} und \mathbf{E}	355
	* Anhang 17-1 Transformation von Strom und Ladung	359

18.1	Das Amperesche Gesetz	365
18.2	Stromverteilungen	368
18.3	Das Biot-Savartsche Gesetz	372
*18.4	Magnetismus	376
18.5	Die Maxwell-Gleichungen für stationäre Ströme	379

18

Das magnetische
Feld 365

19.1	Motoren und Generatoren	384
19.2	Das Faradaysche Induktionsgesetz	388
19.3	Lenzsche Regel	390
19.4	Induktion	391
19.5	Energie des magnetischen Feldes	394
*19.6	Wechselstromkreise	398
*19.7	RC - und RL -Glieder	405
	* Anhang 19-1 Leiterschleife beliebiger Form	411

19

Die elektromagnetische
Induktion 384

20.1	Verschiebungsstrom	417
20.2	Die Maxwell-Gleichungen in allgemeiner Form	420
20.3	Elektromagnetische Strahlung	422
20.4	Strahlung eines sinusförmigen ebenen Flächenstroms	423
*20.5	Nichtsinusförmige Stromquellen, Fourieranalyse	427
20.6	Laufende Wellen	431
20.7	Energieübertragung durch Wellen	435
	* Anhang 20-1 Herleitung der Wellengleichung	438

20

Elektromagnetische
Strahlung 417

21.1	Die Energie der Strahlung	442
21.2	Der Impuls des Strahlungsfeldes	446
21.3	Reflexion an einem guten Leiter	448
*21.4	Wechselwirkung von Strahlung mit einem Nichtleiter	449
*21.5	Brechzahl	450

21

Wechselwirkung von
Strahlung mit Materie 442

*21-6	Elektromagnetische Strahlung im ionisierten Medium	455
*21-7	Strahlung von Punktladungen	457
	Anhang 21-1 Zeigerdiagramme	463
	Anhang 21-2 Wellenpakete und Gruppengeschwindigkeit	464

22

Wellen	473
--------	-----

22-1	Stehende Wellen	473
22-2	Interferenz bei zwei punktförmigen Quellen	476
22-3	Interferenz bei vielen Quellen	479
22-4	Das Beugungsgitter	481
22-5	Das Huygenssche Prinzip	484
22-6	Beugung am Spalt	486
*22-7	Kohärenz und Inkohärenz	488

23

Optik	496
-------	-----

*23-1	Holographie	496
*23-2	Polarisation des Lichts	500
23-3	Beugung an einer kreisförmigen Öffnung	506
23-4	Optische Instrumente und ihr Auflösungsvermögen	508
*23-5	Diffractionsstreuung	513
*23-6	Geometrische Optik	515
	* Anhang 23-1 Das Brewstersche Gesetz	521

24

Die Wellennatur der Materie	525
--------------------------------	-----

24-1	Klassische und moderne Physik	525
24-2	Der Photoelektrische Effekt	526
24-3	Der Compton-Effekt	529
24-4	Welle-Teilchen-Dualismus	530
24-5	Das große Paradoxon	531
24-6	Elektronenbeugung	535

25

Quantenmechanik	541
-----------------	-----

25-1	Wellenpakete	541
25-2	Die Unschärferelation	543
25-3	Ein Teilchen im Kastenpotential	549
25-4	Die Schrödinger-Gleichung	552
25-5	Potentialtöpfe endlicher Tiefe	554
25-6	Der harmonische Oszillator	557

26-1	Näherungslösung für das Wasserstoffatom	564
26-2	Die dreidimensionale Schrödinger-Gleichung	566
26-3	Exakte Lösungen für das Wasserstoffatom	568
26-4	Bahndrehimpuls	571
26-5	Emission von Photonen	577
26-6	Stimulierte Emission	580
26-7	Das Bohrsche Atommodell	582

26

atom 564

Das Wasserstoff-

27-1	Das Pauli-Prinzip	590
27-2	Atome mit mehreren Elektronen	592
27-3	Das Periodensystem der Elemente	596
27-4	Röntgenstrahlen	601
27-5	Chemische Bindung	602
27-6	Hybridisierung	604

27

Atomphysik 590

28-1	Bindungstypen	609
28-2	Die Theorie der freien Elektronen in Metallen	612
28-3	Elektrische Leitfähigkeit	616
28-4	Das Bändermodell	619
28-5	Halbleiterphysik	625
28-6	Supraflüssigkeit	632
28-7	Der Tunneleffekt	632

28

Materie 608

Kondensierte

* Anhang 28-1 Technische Anwendungen des p-n-Übergangs
(Rundfunk und Fernsehen) 636

29-1	Die Größe der Atomkerne	643
29-2	Die Kraft zwischen den Nukleonen	648
29-3	Die Struktur schwerer Kerne	654
29-4	Alphazerfall	660
29-5	Gamma- und Betazerfall	664
29-6	Kernspaltung	667
29-7	Kernfusion	670

29

Kernphysik 642

30-1	Die Energiequelle der Sterne	678
30-2	Der Tod der Sterne	680
30-3	Schwarze Löcher	681

30

Astrophysik 677

31

Physik 698

Elementarteilchen

30-4	Der Entartungsdruck	683
30-5	Weiße Zwerge	684
30-6	Neutronensterne	688
30-7	Kritische Masse bei Schwarzen Löchern	693
30-8	Zusammenstellung von Beobachtungsdaten	693

31-1	Die schwache Wechselwirkung	699
31-2	Hochenergiebeschleuniger	702
31-3	Antimaterie	706
31-4	Erhaltung der Leptonenzahl	709
31-5	Hadronen	710
31-6	Quarks	716
31-7	Paritätsverletzung	719
31-8	Zusammenstellung der Erhaltungssätze	722
31-9	Probleme der Zukunft	724

Anhang A 729

Physikalische Konstanten	729
Astronomische Konstanten	730

Anhang B 731

Umrechnungstabelle für einige Einheiten	731
Elektrische Einheiten	731

Anhang C

Mathematische Beziehungen 733

Geometrie	733
Trigonometrie	733
Binomialentwicklung	734
Quadratische Gleichungen	734
Ableitung einiger Funktionen	734
Einige unbestimmte Integrale	734
Produkte von Vektoren	734
Das griechische Alphabet	735

Lösungen der ungeradzahlig-nen Aufgaben 737

Sachverzeichnis 745