

Paul A. Tipler Gene Mosca

Physik

Für Wissenschaftler und Ingenieure

6. deutsche Auflage

Aus dem Amerikanischen übersetzt von Michael Basler,
Renate Dohmen, Carsten Heinisch, Anna Schleitzer
und Michael Zillgitt

Inhalt

1 Messung und Vektoren	1	4.5 Kontaktkräfte: Festkörper, Federn, Seile und Taue	107
1.1 Vom Wesen der Physik	2	4.6 Kräfterdiagramme und ihre Anwendung	111
1.2 Maßeinheiten	3	4.7 Das dritte Newton'sche Axiom	119
1.3 Dimensionen physikalischer Größen	6	4.8 Aufgabenstellungen mit zwei und mehr Körpern	121
1.4 Signifikante Stellen und Größenordnungen	7		
1.5 Messgenauigkeit und Messfehler	12	5 Weitere Anwendungen der Newton'schen Axiome	135
1.6 Vektoren	16	5.1 Reibung	136
1.7 Allgemeine Eigenschaften von Vektoren	16	5.2 Widerstandskräfte	151
		5.3 Krummlinige Bewegung	153
		5.4 *Numerische Integration: Das Euler-Verfahren	161
		5.5 Trägheits- oder Scheinkräfte	163
		5.6 Der Massenmittelpunkt	166
		6 Arbeit und kinetische Energie	191
		6.1 Die von einer konstanten Kraft verrichtete Arbeit	192
		6.2 Die von einer ortsabhängigen Kraft bei geradliniger Bewegung verrichtete Arbeit	198
		6.3 Das Skalarprodukt	202
		6.4 Gesamtarbeit und kinetische Energie bei krummliniger Bewegung	210
		6.5 *Massenmittelpunktsarbeit	212
		7 Energieerhaltung	223
		7.1 Potenzielle Energie	224
		7.2 Die Erhaltung der mechanischen Energie	231
		7.3 Der Energieerhaltungssatz	244
		7.4 Masse und Energie	255
		7.5 Quantisierung der Energie	258

Teil 1: Mechanik

2 Eindimensionale Bewegung 33

2.1 Verschiebung, Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsbetrag 34

2.2 Beschleunigung 42

2.3 Gleichförmig beschleunigte Bewegung 44

2.4 Integration 57

3 Bewegung in zwei und drei Dimensionen 69

3.1 Verschiebung, Geschwindigkeit und Beschleunigung 70

3.2 Erster Spezialfall: Der schräge Wurf 79

3.3 Zweiter Spezialfall: Die Kreisbewegung 88

4 Die Newton'schen Axiome 99

4.1 Das erste Newton'sche Axiom: Das Trägheitsgesetz 100

4.2 Kraft und Masse 101

4.3 Das zweite Newton'sche Axiom 103

4.4 Gravitationskraft und Gewicht 107

8 Der Impuls	271	11 Gravitation	425
8.1 Impulserhaltung	272	11.1 Die Kepler'schen Gesetze	426
8.2 Kinetische Energie eines Teilchensystems	280	11.2 Das Newton'sche Gravitationsgesetz	429
8.3 Stöße	280	11.3 Die potenzielle Energie der Gravitation	437
8.4 *Stöße im Schwerpunktsystem	301	11.4 Das Gravitationsfeld	442
8.5 Systeme mit veränderlicher Masse und Strahlantrieb	303	11.5 *Berechnung des Gravitationsfelds einer Kugelschale durch Integration	449
9 Drehbewegungen	319	12 Statisches Gleichgewicht und Elastizität	461
9.1 Kinematik der Drehbewegung: Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung	320	12.1 Gleichgewichtsbedingungen	462
9.2 Die kinetische Energie der Drehbewegung	323	12.2 Der Schwerpunkt	462
9.3 Berechnung von Trägheits- momenten	325	12.3 Einige Beispiele für statisches Gleichgewicht	463
9.4 Das zweite Newton'sche Axiom für Drehbewegungen: Der Drehimpuls	335	12.4 Statisches Gleichgewicht im beschleunigten Bezugssystem	474
9.5 Anwendungen des zweiten Newton'schen Axioms	338	12.5 Stabilität des Gleichgewichts	476
9.6 Rollende Körper	347	12.6 Unbestimmbare Probleme	477
10 Der Drehimpuls	367	12.7 Spannung und Dehnung	478
10.1 Die Vektornatur der Rotation	368	13 *Fluide	493
10.2 Drehmoment und Drehimpuls	371	13.1 Dichte	494
10.3 Die Drehimpulserhaltung	380	13.2 Druck in einem Fluid	496
10.4 Die Quantisierung des Drehimpulses	392	13.3 Auftrieb und archimedisches Prinzip	503
R Die spezielle Relativitätstheorie	403	13.4 Bewegte Fluide	510
R.1 Das Relativitätsprinzip und die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	404	Teil 2: Schwingungen und Wellen	
R.2 Bewegte Stäbe	406	14 Schwingungen	533
R.3 Bewegte Uhren	407	14.1 Harmonische Schwingungen	534
R.4 Noch einmal bewegte Stäbe	411	14.2 Energie des harmonischen Oszillators	542
R.5 Weit voneinander entfernte Uhren und Gleichzeitigkeit	412	14.3 Einige schwingende Systeme	546
R.6 Relativistischer Impuls, Masse und Energie	416	14.4 Gedämpfte Schwingungen	558
		14.5 Erzwungene Schwingungen und Resonanz	563

15 Ausbreitung von Wellen	581	18.8 Das Versagen des Gleichverteilungssatzes	718
15.1 Einfache Wellenbewegungen	582	18.9 Die reversible adiabatische Expansion eines Gases	721
15.2 Periodische Wellen, harmonische Wellen	590		
15.3 Wellen in drei Dimensionen	596	19 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik	735
15.4 Wellenausbreitung an Hindernissen	602	19.1 Wärmekraftmaschinen und der Zweite Hauptsatz	736
15.5 Der Doppler-Effekt	607	19.2 Kältemaschinen und der Zweite Hauptsatz	741
		19.3 Der Carnot'sche Kreisprozess	742
16 Überlagerung und stehende Wellen	627	19.4 *Wärmepumpen	750
16.1 Überlagerung von Wellen	628	19.5 Irreversibilität, Unordnung und Entropie	751
16.2 Stehende Wellen	637	19.6 Entropie und die Verfügbarkeit der Energie	759
16.3 *Weitere Themen	649	19.7 Entropie und Wahrscheinlichkeit	760
		19.8 *Der Dritte Hauptsatz	761
Teil 3: Thermodynamik			
17 Temperatur und die kinetische Gastheorie	667	20 Thermische Eigenschaften und Vorgänge	771
17.1 Thermisches Gleichgewicht und Temperatur	668	20.1 Thermische Ausdehnung	772
17.2 Gasthermometer und die absolute Temperatur	670	20.2 Die Van-der-Waals-Gleichung und Flüssigkeits-Dampf-Isothermen	777
17.3 Die Zustandsgleichung für das ideale Gas	673	20.3 Phasendiagramme	780
17.4 Die kinetische Gastheorie	679	20.4 Wärmeübertragung	781
18 Wärme und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik	695	Teil 4: Elektrizität und Magnetismus	
18.1 Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität	696	21 Das elektrische Feld I: Diskrete Ladungsverteilungen	801
18.2 Phasenübergänge und latente Wärme	699	21.1 Die elektrische Ladung	802
18.3 Joules Experiment und der Erste Hauptsatz der Thermodynamik	703	21.2 Leiter und Nichtleiter	805
18.4 Die innere Energie eines idealen Gases	706	21.3 Das Coulomb'sche Gesetz	807
18.5 Volumenarbeit und das P-V-Diagramm eines Gases	706	21.4 Das elektrische Feld	813
18.6 Wärmekapazitäten von Gasen	711	21.5 Elektrische Feldlinien	820
18.7 Wärmekapazitäten von Festkörpern	717	21.6 Wirkung von elektrischen Feldern auf Ladungen	824

22 Das elektrische Feld II: Kontinuierliche Ladungsverteilungen	841	25.3 Energetische Betrachtung elektrischer Stromkreise	975
22.1 Das Konzept der Ladungsdichte	842	25.4 Zusammenschaltung von Widerständen	980
22.2 Berechnung von E mit dem Coulomb'schen Gesetz	842	25.5 Die Kirchhoff'schen Regeln	987
22.3 Das Gauß'sche Gesetz	855	25.6 RC-Stromkreise	996
22.4 Berechnung von E mit dem Gauß'schen Gesetz	860	26 Das Magnetfeld	1015
22.5 Diskontinuität von E_n	869	26.1 Die magnetische Kraft	1016
22.6 Ladung und Feld auf Leiteroberflächen	870	26.2 Die Bewegung einer Punktladung in einem Magnetfeld	1022
22.7 *Die Äquivalenz des Gauß'schen und des Coulomb'schen Gesetzes	873	26.3 Das auf Leiterschleifen und Magnete ausgeübte Drehmoment	1030
23 Das elektrische Potenzial	885	26.4 Der Hall-Effekt	1034
23.1 Die Potentialdifferenz	886	27 Quellen des Magnetfelds	1045
23.2 Das Potenzial eines Punktladungssystems	889	27.1 Das Magnetfeld bewegter Punktladungen	1046
23.3 Die Berechnung des elektrischen Felds aus dem Potenzial	895	27.2 Das Magnetfeld von Strömen: Das Biot-Savart'sche Gesetz	1047
23.4 Die Berechnung des elektrischen Potenzials ϕ kontinuierlicher Ladungsverteilungen	896	27.3 Der Gauß'sche Satz für Magnetfelder	1063
23.5 Äquipotentialflächen	905	27.4 Das Ampère'sche Gesetz	1063
23.6 Die elektrische Energie	912	27.5 Magnetismus in Materie	1069
24 Die Kapazität	925	28 Die magnetische Induktion	1091
24.1 Die Kapazität	926	28.1 Der magnetische Fluss	1092
24.2 Speicherung elektrischer Energie	931	28.2 Induktionsspannung und Faraday'sches Gesetz	1093
24.3 Kondensatoren, Batterien und elektrische Stromkreise	935	28.3 Die Lenz'sche Regel	1098
24.4 Dielektrika	944	28.4 Induktion durch Bewegung	1102
24.5 Molekulare Betrachtung von Dielektrika	952	28.5 Wirbelströme	1108
25 Elektrischer Strom – Gleichstromkreise	965	28.6 Induktivität	1109
25.1 Elektrischer Strom und die Bewegung von Ladungsträgern	966	28.7 Die Energie des Magnetfelds	1111
25.2 Widerstand und Ohm'sches Gesetz	970	28.8 *RL-Stromkreise	1113
		28.9 *Magnetische Eigenschaften von Supraleitern	1118
		29 Wechselstromkreise	1129
		29.1 Wechselspannung an einem Ohm'schen Widerstand	1130

29.2	Wechselstromkreise	1133
29.3	*Der Transformator	1137
29.4	*LC- und RLC-Stromkreise ohne Wechselfeldspannungsquelle	1140
29.5	*Zeigerdiagramme	1143
29.6	*Erzwungene Schwingungen in RLC-Stromkreisen	1144
30	Die Maxwell'schen Gleichungen – Elektromagnetische Wellen	1165
30.1	Der Maxwell'sche Verschiebungsstrom	1166
30.2	Die Maxwell'schen Gleichungen	1170
30.3	Die Wellengleichung für elektromagnetische Wellen	1170
30.4	Elektromagnetische Strahlung	1175
Teil 5: Licht		
31	Eigenschaften des Lichts	1193
31.1	Die Lichtgeschwindigkeit	1194
31.2	Die Ausbreitung des Lichts	1197
31.3	Reflexion und Brechung	1199
31.4	Polarisation	1209
31.5	Herleitung des Reflexions- und des Brechungsgesetzes	1215
31.6	Welle-Teilchen-Dualismus	1217
31.7	Lichtspektren	1218
31.8	*Lichtquellen	1219
32	Optische Abbildungen	1237
32.1	Spiegel	1238
32.2	Linien	1249
32.3	*Abbildungsfehler	1264
32.4	*Optische Instrumente	1265
33	Interferenz und Beugung	1285
33.1	Phasendifferenz und Kohärenz	1286
33.2	Interferenz an dünnen Schichten	1287

33.3	Interferenzmuster beim Doppelspalt	1290
33.4	Beugungsmuster beim Einzelspalt	1294
33.5	*Vektoraddition harmonischer Wellen	1297
33.6	Fraunhofer'sche und Fresnel'sche Beugung	1305
33.7	Beugung und Auflösung	1306
33.8	*Beugungsgitter	1309

Teil 6: Moderne Physik: Quantenmechanik, Relativitätstheorie und die Struktur der Materie

34	Welle-Teilchen-Dualismus und Quantenphysik	1323
34.1	Wellen und Teilchen	1324
34.2	Licht: Von Newton zu Maxwell	1324
34.3	Die Teilchennatur des Lichts: Photonen	1325
34.4	Energiequantisierung in Atomen	1330
34.5	Elektronen und Materiewellen	1330
34.6	Die Interpretation der Wellenfunktion	1334
34.7	Der Welle-Teilchen-Dualismus	1336
34.8	Ein Teilchen im Kasten	1337
34.9	Erwartungswerte	1342
34.10	Energiequantisierung in anderen Systemen	1345

35	Anwendungen der Schrödinger-Gleichung	1353
35.1	Die Schrödinger-Gleichung	1354
35.2	Ein Teilchen im Kasten mit endlich hohem Potenzial	1356
35.3	Der harmonische Oszillator	1358
35.4	Reflexion und Transmission von Elektronenwellen an Potenzialbarrieren	1360
35.5	Die Schrödinger-Gleichung in drei Dimensionen	1366

35.6 Die Schrödinger-Gleichung für zwei identische Teilchen	1369	39.2 Die Einstein'schen Postulate	1469
36 Atome	1377	39.3 Die Lorentz-Transformation	1470
36.1 Das Atom und die Atomspektren	1378	39.4 Uhrensynchronisation und Gleichzeitigkeit	1477
36.2 Das Bohr'sche Modell des Wasserstoffatoms.	1379	39.5 Die Geschwindigkeits- transformation	1483
36.3 Quantentheorie der Atome	1383	39.6 Der relativistische Impuls	1487
36.4 Quantentheorie des Wasserstoffatoms	1385	39.7 Die relativistische Energie	1488
36.5 Spin-Bahn-Kopplung und Feinstruktur	1390	39.8 Die allgemeine Relativitätstheorie	1495
36.6 Das Periodensystem der Elemente	1392	40 Kernphysik	1505
36.7 Spektren im sichtbaren und im Röntgenbereich	1400	40.1 Eigenschaften der Kerne	1506
37 Moleküle	1409	40.2 Radioaktivität	1509
37.1 Die chemische Bindung	1410	40.3 Kernreaktionen	1516
37.2 *Mehratomige Moleküle	1416	40.4 Kernspaltung und Kernfusion	1518
37.3 Energieniveaus und Spektren zweiatomiger Moleküle	1418	41 Elementarteilchen und die Entstehung des Universums	1533
38 Festkörper	1431	41.1 Hadronen und Leptonen	1534
38.1 Die Struktur von Festkörpern	1432	41.2 Spin und Antiteilchen	1537
38.2 Eine mikroskopische Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit	1435	41.3 Erhaltungssätze	1540
38.3 Freie Elektronen im Festkörper	1438	41.4 Quarks	1543
38.4 Die Quantentheorie der elektrischen Leitfähigkeit	1444	41.5 Feldquanten	1546
38.5 Das Bändermodell der Festkörper	1446	41.6 Die Theorie der elektroschwachen Wechselwirkung	1546
38.6 Halbleiter	1448	41.7 Das Standardmodell	1547
38.7 *Halbleiterübergangsschichten und Bauelemente	1450	41.8 Die Entwicklung des Universums	1548
38.8 Supraleitung	1454	Anhang	
38.9 Die Fermi-Dirac-Verteilung	1457	Anhang A (Einheiten, Symbole und Umrechnungsfaktoren)	1556
39 Relativitätstheorie	1467	Anhang B (Physikalische Größen und Konstanten)	1559
39.1 Das Newton'sche Relativitätsprinzip	1468	Anhang C (Die chemischen Elemente)	1562
		Mathematische Grundlagen	1565
		Index	1597