

Physik für Hochschulanfänger

**Von Prof. Dr. phil. nat. Horst Wegener
Universität Erlangen-Nürnberg**

**3., durchgesehene Auflage
Mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen**



B. G. Teubner Stuttgart 1991

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
I Zur Einführung: Materie und Symmetrien	1
1 Materie – Antimaterie	1
1.1 Materie	2
1.2 Erzeugung und Vernichtung von Teilchenpaaren	4
1.3 Antimaterie	5
2 Symmetriebetrachtungen	7
2.1 Das Spiegel-Klapp-Theorem	7
2.2 Raumspiegelung, Zeitumkehr, Ladungskonjugation	9
2.3 Die Verletzung der P-Invarianz	11
2.4 Das TCP-Theorem	13
2.5 Sind die Naturgesetze CP-invariant?	14
II Mechanik, auch relativistische	16
3 Bewegung von Massenpunkten	16
3.1 Orts- und Zeitangaben	16
3.2 Drei Bewegungsbeispiele	19
3.3 Geschwindigkeit und Beschleunigung	22
4 Einführung über Vektorrechnung	25
4.1 Vektoraddition	26
4.2 Vektormultiplikation	27
4.3 Einheitsvektoren	30
4.4 Der Ortsvektor	33
4.5 Kreisbewegung	34

5 Bewegte Koordinatensysteme und Lichtgeschwindigkeit	37
5.1 Inertialsysteme	37
5.2 Ereigniskoordinaten	39
5.3 Die Lichtgeschwindigkeit c	40
5.4 Das Michelson-Morley-Experiment	42
5.5 Das Experiment von Sadeh	46
5.6 Lichtgeschwindigkeit und Relativitätsprinzip	47
6 Lorentztransformation	49
6.1 Ableitung der Transformationsformeln	49
6.2 Diskussion der Lorentztransformation	52
7 Das Grundgesetz der Mechanik	55
7.1 Massenmessung	56
7.2 Kraftmessung	57
7.3 Kraft gleich Masse mal Beschleunigung	59
7.4 Der reibungsfreie Wurf	60
7.5 Wechselwirkungen	62
8 Methoden zur Integration der Bewegungsgleichung	64
8.1 Das Federpendel	64
8.2 Analytische Integration der Schwingungsgleichung	65
8.3 Numerische Integration der Schwingungsgleichung	67
8.4 Numerische Integration einer komplizierten Bewegungsgleichung	71
9 Der Energieerhaltungssatz der Mechanik	74
9.1 Arbeit	74
9.2 Konservative Kräfte und Energieerhaltung	77
9.3 Anwendungen des Energieerhaltungssatzes	79
10 Der Impulserhaltungssatz	85
10.1 Impulserhaltung als Folge von $\text{actio} = \text{reactio}$	85
10.2 Anwendungen des Impulserhaltungssatzes	89
11 Der Drehimpulserhaltungssatz	94
11.1 Drehimpuls eines Massenpunktes und Drehmoment	94
11.2 Drehimpuls von N Massenpunkten und Drehimpulserhaltung	95
11.3 Drehbewegung starrer Körper	97

11.4 Drehschemelversuche	101
11.5 Kreisel	103
11.6 Rotationsenergie	107
11.7 Drehimpuls von Elementarteilchen (Spin)	108
12 Relativistische Mechanik	110
12.1 Newtonsche Mechanik als Grenzfall $v/c \ll 1$	111
12.2 Impulserhaltung und relativistische Massenformel	111
12.3 Energieerhaltung und Energie-Masse-Äquivalenz	114
12.4 Lorentztransformation für Impuls und Energie	115
12.5 Verknüpfung von Impuls- und Energieerhaltung	117
13 Anwendungen der relativistischen Mechanik	119
13.1 Elektrische und magnetische Größen	119
13.2 Elektronenkanone und Grenzgeschwindigkeit	122
13.3 Ablenkung bewegter Teilchen durch ein Magnetfeld	124
13.4 Blasenkammeruntersuchungen	127
14 Gravitation	133
14.1 Das Newtonsche Gravitationsgesetz und die Keplerschen Gesetze	133
14.2 Gravitationskonstante und Masse von Himmelskörpern	136
14.3 Himmelsmechanik und Entwicklung des Universums	140
14.4 Ableitung der Keplerschen Gesetze	145
15 Beschleunigte Koordinatensysteme	148
15.1 Der Einsteinsche Fahrstuhl	148
15.2 Die Drehscheibe als Beispiel eines rotierenden Koordinatensystems . .	151
16 Eigenschaften fester, flüssiger und gasförmiger Körper	156
16.1 Aggregatzustände	156
16.2 Dichte, Druck und Auftrieb	157
16.3 Elastizität von Festkörpern	161
16.4 Oberflächenspannung von Flüssigkeiten	163
16.5 Zwei Beispiele zur Oberflächenspannung	165
16.6 Innere Reibung in Flüssigkeiten und Gasen	167
16.7 Drei Beispiele zur inneren Reibung	168

17 Strömungen in Flüssigkeiten und Gasen	170
17.1 Laminare und turbulente Strömungen	171
17.2 Die Bernoulli-Gleichung	174
17.3 Anwendungen der Bernoulli-Gleichung	176
III Thermodynamik und statistische Mechanik	179
18 Temperatur, Wärme, Zustandsgleichung	179
18.1 Temperaturmessung	180
18.2 Wärmemenge und spezifische Wärme	184
18.3 Zustandsgleichungen	187
19 Der erste Hauptsatz der Wärmelehre	193
19.1 Erster Hauptsatz und innere Energie U	194
19.2 Adiabatische Zustandsänderungen	196
19.3 Ein quantitativer Test	199
20 Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre	200
20.1 Der Carnotsche Kreisprozeß	200
20.2 Reversible und irreversible Vorgänge	203
20.3 Zweiter Hauptsatz und Temperatur	204
20.4 Die Dampfdruckkurve	207
20.5 Die Clausius-Clapeyron-Gleichung	210
20.6 Phasendiagramme	211
21 Kinetische Gastheorie	213
21.1 Die Poissonsche Gleichung	213
21.2 Das ideale Gasgesetz und die Boltzmannkonstante k	216
21.3 Der Boltzmannfaktor $e^{-E/kT}$	219
21.4 Der Energiegleichverteilungssatz	223
21.5 Die Maxwell-Verteilung	226
IV Elektromagnetismus	228
22 Teilchen und Felder im Raum-Zeit-Kontinuum	228
22.1 Massenpunkte und starre Körper	229

22.2 Felder	230
23 Ladungen, Ströme, Felder	232
23.1 Elektrostatische und elektromagnetische Meßgeräte	232
23.2 Ladung	235
23.3 Stromstärke	238
23.4 Ladungsdichte ρ und Stromdichte \vec{j}	240
23.5 Elektrische und magnetische Feldstärke	242
24 Die Maxwellschen Gleichungen	243
24.1 Zirkulation und Fluß von Vektorfeldern	244
24.2 Die Aussagen der Maxwellschen Gleichungen	248
25 Elektrostatik	252
25.1 Bestimmung elektrostatischer Felder	253
25.2 Energie in elektrischen Feldern	258
26 Leiter im elektrischen Feld	262
26.1 Ohmsches Gesetz und Joulesche Wärme	262
26.2 Stromlose Elektrostatik	264
26.3 Der Faradaybecher	267
26.4 Spannung	269
26.5 Stromquellen	271
26.6 Kondensatoren	273
27 Magnetostatik	278
27.1 Das \vec{B} -Feld um stromdurchflossenen geraden Draht	278
27.2 Das \vec{B} -Feld einer langen Stromspule	281
27.3 Das \vec{B} -Feld eines Stabmagneten	283
27.4 Das magnetische Moment	285
27.5 Magnetostatik und Elektrostatik	288
28 Stromkreise und Leitungsmechanismen	293
28.1 Das Ohmsche Gesetz	293
28.2 Die Kirchhoffschen Regeln	295
28.3 Einfache Schaltungen	296
28.4 Leitungsmechanismen und Elementarladung	299

28.5 Elektrolytische Leitung	301
28.6 Metallische Leitung	305
28.7 Elektronische Halbleiter	309
29 Das Faradaysche Induktionsgesetz	314
29.1 Drahtschleife und Induktionsspannung	314
29.2 Beispiele für Induktionsvorgänge	318
29.3 Selbstinduktion und Energie im Magnetfeld	322
29.4 Induktionsgesetz und Lorentzkraft	325
30 Wechselstrom und Schwingungen, auch mechanische	327
30.1 Komplexe Zahlen	327
30.2 Wechselstrom	330
30.3 Wechselstromkreise	333
30.4 Elektrische und mechanische Schwingungen	337
30.5 Freie Schwingungen	340
30.6 Erzwungene Schwingungen	343
31 Elektromagnetische Wellen	345
31.1 Elektromagnetische Feldscheiben	347
31.2 Linear polarisierte Wellen	351
31.3 Zirkular polarisierte Wellen	353
31.4 Der Hertzsche Dipol	355
31.5 Experimente mit Hertzschen Wellen	362
32 Materie im elektromagnetischen Feld	366
32.1 Polarisation und Magnetisierung	366
32.2 Suszeptibilitäten und Brechungsindex	372
32.3 Supraleitung und Meißner-Ochsenfeld-Effekt	374
V Wellenoptik und Photonen	381
33 Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	381
33.1 Das Huygenssche Prinzip	381
33.2 Spaltbeugung	385
33.3 Gitterbeugung	389
33.4 Braggsche Reflexion	395

33.5 Brechung und Totalreflexion	397
33.6 Dispersion	399
33.7 Dopplereffekt	403
34 Polarisiertes Licht	406
34.1 Linear polarisiertes Licht	406
34.2 Zirkular und elliptisch polarisiertes Licht	410
34.3 Doppelbrechung und optische Aktivität	414
34.4 Polarisation und Drehimpuls	418
35 Photonen	420
35.1 Impuls elektromagnetischer Wellen und Strahlungsdruck	420
35.2 Photoeffekt	422
35.3 Photoneneigenschaften	424
35.4 Comptoneffekt	426
35.5 Hohlraumstrahlung	428
VI Atome und Atomkerne	435
36 Materiewellen und Atomphysik	435
36.1 Elektronenbeugung	436
36.2 Die Wellenmechanik der Atomelektronen	439
36.3 Der Franck-Hertz-Versuch	442
36.4 Atomspektren	444
36.5 Atomaufbau und Pauliprinzip	445
37 Atomkern und Radioaktivität	447
37.1 Kernkräfte	447
37.2 Kernenergieniveaus	448
37.3 Gammaspektroskopie	450
37.4 Radioaktivität	453
37.5 Betazerfall und Betaspektroskopie	455
37.6 Positronen und Vernichtungsstrahlung	458
37.7 Supernova 1987A und Neutrinos	460
37.8 Rutherfordstreuung und Kernradien	462

VII Zum Ausklang: Elementarteilchen	466
38 2500 Jahre Elementarteilchenphysik	466
38.1 Von den ehernen Urpartikeln zur Paarerzeugung	466
38.2 Leptonen, Hadronen und Feldquanten	471
38.3 Hadronen aus Quarks und Antiquarks	475
38.4 Bottomoniumzustände und Quarkkräfte	483
Anhang: Maßeinheiten im Système International (SI)	488
Index	491