

H. Niedrig

# Physik

Mit 386 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg NewYork

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona Budapest

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Physikalische Größen und Einheiten</b>	<b>1</b>
1.1 Physikalische Größen	1
1.2 Basisgrößen und -einheiten	1
1.3 Das internationale Einheitensystem	2
<b>I TEILCHEN und TEILCHENSYSTEME</b>	<b>9</b>
<b>2 Kinematik</b>	<b>11</b>
2.1 Geradlinige Bewegung	12
2.2 Kreisbewegung	15
2.3 Gleichförmig translatorische Relativbewegung	17
2.3.1 Galilei-Transformation	17
2.3.2 Lorentz-Transformation	19
2.3.3 Relativistische Kinematik	21
2.4 Geradlinig beschleunigte Relativbewegung	23
2.5 Rotatorische Relativbewegung	24
<b>3 Kraft und Impuls</b>	<b>27</b>
3.1 Trägheitsgesetz	27
3.2 Kraftgesetz	27
3.2.1 Gewichtskraft (Schwerkraft)	29
3.2.2 Federkraft	29
3.2.3 Reibungskräfte	30
3.3 Reaktionsgesetz	32
3.3.1 Kräfte bei elastischen Verformungen	32
3.3.2 Kräfte zwischen freien Körpern ("innere Kräfte")	33
3.4 Äquivalenzprinzip: Schwer- und Trägheitskräfte	34
3.5 Trägheitskräfte bei Rotation	35
3.5.1 Zentripetal- und Zentrifugalkraft	35
3.5.2 Coriolis-Kraft	36
3.6 Drehmoment und Gleichgewicht	36
3.7 Drehimpuls	38
3.8 Drehimpulserhaltung	40

<b>4 Arbeit und Energie</b>	<b>41</b>
4.1 Beschleunigungsarbeit, kinetische Energie	42
4.2 Potentielle Energie, Hub- und Spannungsarbeit	43
4.3 Energieerhaltung bei konservativen Kräften	45
4.4 Energiesatz bei nichtkonservativen Kräften	47
4.5 Relativistische Dynamik	48
<b>5 Schwingungen</b>	<b>51</b>
5.1 Kinematik der harmonischen Bewegung	52
5.2 Der ungedämpfte, harmonische Oszillator	53
5.2.1 Mechanische harmonische Oszillatoren	53
5.2.2 Schwingungsgleichung und Schwingungsenergie des harmonischen Oszillators	57
5.3 Freie gedämpfte Schwingungen	59
5.3.1 Periodischer Fall (Schwingfall)	61
5.3.2 Aperiodischer Grenzfall	62
5.3.3 Aperiodischer Fall (Kriechfall)	63
5.3.4 Abklingzeit	63
5.4 Erzwungene Schwingungen, Resonanz	64
5.4.1 Resonanz	65
5.4.2 Leistungsaufnahme des Oszillators	68
5.5 Überlagerung von harmonischen Schwingungen	70
5.5.1 Schwingungen gleicher Frequenz	71
5.5.2 Schwingungen verschiedener Frequenz	72
5.6 Gekoppelte Oszillatoren	77
5.6.1 Gekoppelte Pendel	77
5.6.2 $N$ gekoppelte Oszillatoren	80
5.7 Nichtlineare Oszillatoren, chaotisches Schwingungsverhalten	81
<b>6 Teilchensysteme</b>	<b>84</b>
6.1 Schwerpunkt (Massenzentrum), Impuls und Drehimpuls von Teilchensystemen	85
6.1.1 Schwerpunktbewegung ohne äußere Kräfte	87
6.1.2 Schwerpunktbewegung bei Einwirkung äußerer Kräfte	88
6.1.3 Drehimpuls eines Teilchensystems	89
6.2 Energieinhalt von Teilchensystemen	90
6.2.1 Energieerhaltungssatz in Teilchensystemen	92
6.2.2 Bindungsenergie eines Teilchensystems	93
6.3 Stöße	94
6.3.1 Zentraler elastischer Stoß	95
6.3.2 Nichtzentraler elastischer Stoß	98
6.3.3 Unelastischer Stoß	101
<b>7 Dynamik starrer Körper</b>	<b>103</b>
7.1 Translation und Rotation eines starren Körpers	103
7.2 Rotationsenergie, Trägheitsmoment	105

7.3	Drehimpuls eines starren Körpers	108
7.4	Kreisel	110
7.5	Vergleich Translation - Rotation	112
7.6	Deformierbare Festkörper	113
<b>8</b>	<b>Statistische Mechanik</b>	<b>117</b>
8.1	Kinetische Theorie der Gase	117
8.2	Temperaturskalen, Gasgesetze	122
8.3	Freiheitsgrade, Gleichverteilungssatz	127
8.4	Reale Gase, tiefe Temperaturen	131
8.5	Energieaustausch bei Vielteilchensystemen	137
8.5.1	Volumenarbeit	138
8.5.2	Wärme	140
8.5.3	Energieerhaltungssatz für Vielteilchensysteme	141
8.6	Wärmemengen bei thermodynamischen Prozessen	142
8.6.1	Spezifische und molare Wärmekapazitäten	142
8.6.2	Phasenumwandlungswärmen	146
8.7	Zustandsänderungen bei idealen Gasen	148
8.8	Kreisprozesse	152
8.8.1	Wärmekraftmaschine	156
8.8.2	Kältemaschine und Wärmepumpe	156
8.9	Richtungsablauf physikalischer Prozesse	158
<b>9</b>	<b>Transporterscheinungen</b>	<b>164</b>
9.1	Stoßquerschnitt, mittlere freie Weglänge	164
9.2	Molekulardiffusion	166
9.3	Wärmeleitung	168
9.4	Innere Reibung: Viskosität	171
<b>10</b>	<b>Hydro- und Aerodynamik</b>	<b>179</b>
10.1	Strömungen idealer Flüssigkeiten	180
10.2	Strömungen realer Flüssigkeiten	188
<b>II</b>	<b>WECHSELWIRKUNGEN und FELDER</b>	<b>193</b>
	Übersicht über die fundamentalen Wechselwirkungen	195
<b>11</b>	<b>Gravitationswechselwirkung</b>	<b>197</b>
11.1	Der Feldbegriff	197
11.2	Planetenbewegung: Kepler-Gesetze	197
11.3	Newtons Gravitationsgesetz	199
11.4	Das Gravitationsfeld	201
11.5	Satellitenbahnen im Zentralfeld	204

<b>12 Elektrische Wechselwirkung</b>	<b>210</b>
12.1 Elektrische Ladung, Coulomb-Gesetz	210
12.2 Das elektrostatische Feld	211
12.3 Elektrisches Potential	218
12.4 Quantisierung der elektrischen Ladung	222
12.5 Energieaufnahme im elektrischen Feld	224
12.6 Elektrischer Strom	226
12.7 Elektrische Leiter im elektrostatischen Feld, Influenz	229
12.8 Kapazität leitender Körper	232
12.9 Nichtleitende Materie im elektrischen Feld, elektrische Polarisaton	236
<b>13 Magnetische Wechselwirkung</b>	<b>246</b>
13.1 Das magnetostatische Feld, stationäre Magnetfelder	246
13.2 Die magnetische Kraft auf bewegte Ladungen	252
13.3 Die magnetische Kraft auf stromdurchflossene Leiter	257
13.4 Materie im magnetischen Feld, magnetische Polarisaton	261
<b>14 Zeitveränderliche elektromagnetische Felder</b>	<b>272</b>
14.1 Zeitveränderliche magnetische Felder: Induktion	272
14.2 Selbstinduktion	279
14.3 Energieinhalt des Magnetfeldes	280
14.4 Wirkung zeitveränderlicher elektrischer Felder	281
14.5 Maxwellsche Gleichungen	283
<b>15 Elektrische Stromkreise</b>	<b>286</b>
15.1 Ohmsches Gesetz	286
15.2 Gleichstromkreise, Kirchhoffsche Sätze	289
15.3 Wechselstromkreise	291
15.3.1 Wechselstromarbeit	292
15.3.2 Transformator	293
15.3.3 Scheinwiderstand von $R$ , $L$ und $C$	295
15.4 Elektromagnetische Schwingungen	297
15.4.1 Freie, gedämpfte elektromagnetische Schwingungen	297
15.4.2 Erzwungene elektromagnetische Schwingungen, Resonanzkreise	299
15.4.3 Selbsterregung elektromagnetischer Schwingungen durch Rückkopplung	304
<b>16 Transport elektrischer Ladung: Leitungsmechanismen</b>	<b>307</b>
16.1 Elektrische Struktur der Materie	307
16.1.1 Atomstruktur	307
16.1.2 Elektronen in Festkörpern	318
16.2 Metallische Leitung	323
16.3 Supraleitung	327
16.4 Halbleitung	334

16.4.1	Eigenleitung	334
16.4.2	Störstellenleitung	338
16.4.3	Hall-Effekt in Halbleitern	340
16.4.4	PN-Übergänge	341
16.5	Elektrolytische Leitung	345
16.6	Stromleitung in Gasen	348
16.6.1	Unselbständige Gasentladung	348
16.6.2	Selbständige Gasentladung	349
16.6.3	Der Plasmazustand	352
16.7	Elektrische Leitung im Hochvakuum	354
16.7.1	Elektronenemission	354
16.7.2	Bewegung freier Ladungsträger im Vakuum	360
<b>17</b>	<b>Starke und Schwache Wechselwirkung,</b>	
	<b>Atomkerne und Elementarteilchen</b>	364
17.1	Atomkerne	364
17.2	Massendefekt, Kernbindungsenergie	367
17.3	Radioaktiver Zerfall	369
17.3.1	Alpha-Zerfall	370
17.3.2	Beta-Zerfall	371
17.4	Künstliche Kernumwandlungen, Kernergiegewinnung	374
17.5	Elementarteilchen	381
<b>III</b>	<b>WELLEN und QUANTEN</b>	387
<b>18</b>	<b>Wellenausbreitung</b>	389
18.1	Beschreibung von Wellenbewegungen, Wellengleichung	389
18.2	Elastische Wellen, Schallwellen	397
18.3	Doppler-Effekt, Kopfwellen	401
<b>19</b>	<b>Elektromagnetische Wellen</b>	406
19.1	Erzeugung und Ausbreitung elektromagnetischer Wellen	406
19.2	Elektromagnetisches Spektrum	415
<b>20</b>	<b>Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Materie</b>	419
20.1	Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Materie, Dispersion	419
20.2	Emission und Absorption des Schwarzen Körpers, Plancksches Strahlungsgesetz	423
20.3	Quantisierung des Lichtes, Photonen	429
20.4	Stationäre Energiezustände, Spektroskopie	434
20.5	Induzierte Emission, Laser	438
<b>21</b>	<b>Reflexion und Brechung, Polarisation</b>	443
21.1	Reflexion, Brechung, Totalreflexion	443
21.2	Optische Polarisation	449

<b>22 Geometrische Optik</b>	454
22.1 Optische Abbildung	454
22.2 Abbildungsfehler	460
22.3 Kontrastentstehung	464
<b>23 Interferenz und Beugung</b>	466
23.1 Huygenssches Prinzip	466
23.2 Fraunhofer-Beugung an Spalt und Gitter	470
23.3 Interferenzen an dünnen Schichten	477
<b>24 Wellenaspekte bei der optischen Abbildung</b>	482
24.1 Abbesche Mikroskoptheorie	482
24.2 Holographie	485
<b>25 Materiewellen</b>	488
25.1 Teilchen, Wellen, Unschärferelation	488
25.2 Die de-Broglie-Beziehung	490
25.3 Die Schrödinger-Gleichung	492
25.4 Elektronenbeugung, Elektroneninterferenzen	494
25.5 Elektronenoptik, Elektronenmikroskopie	497
<b>26 Literatur</b>	502
<b>27 Stichwortverzeichnis</b>	503