

Inhaltsverzeichnis

1	Atome in Bewegung	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Materie ist aus Atomen aufgebaut	3
1.3	Atomare Prozesse	7
1.4	Chemische Reaktionen	10
2	Grundlagenphysik	15
2.1	Einleitung	15
2.2	Physik vor 1920	17
2.3	Quantenphysik	21
2.4	Kerne und Teilchen	24
3	Die Beziehung der Physik zu den anderen Wissenschaften	31
3.1	Einführung	31
3.2	Chemie	31
3.3	Biologie	32
3.4	Astronomie	39
3.5	Geologie	40
3.6	Psychologie	41
3.7	Wie ist es so geworden?	42
4	Energieerhaltung	45
4.1	Was ist Energie?	45
4.2	Potentielle Gravitationsenergie	47
4.3	Kinetische Energie	52
4.4	Andere Energieformen	53
5	Zeit und Entfernung	57
5.1	Bewegung	57
5.2	Zeit	58
5.3	Kurze Zeiten	59
5.4	Lange Zeiten	61
5.5	Einheiten und Zeitnormale	63
5.6	Große Entfernungen	64
5.7	Kurze Entfernungen	68
6	Wahrscheinlichkeit	71
6.1	Chance und Möglichkeit	71
6.2	Schwankungen	73
6.3	Die zufällige Wanderung	77
6.4	Eine Wahrscheinlichkeitsverteilung	81
6.5	Das Unbestimmtheitsprinzip	84

7	Die Gravitationstheorie	87
7.1	Planetenbewegungen	87
7.2	Die Keplerschen Gesetze	88
7.3	Die Entwicklung der Dynamik	89
7.4	Newtons Gravitationsgesetz	90
7.5	Universale Gravitation	93
7.6	Cavendishs Experiment	98
7.7	Was ist Gravitation?	99
7.8	Gravitation und Relativität	102
8	Bewegung	103
8.1	Beschreibung von Bewegung	103
8.2	Geschwindigkeit	106
8.3	Geschwindigkeit als eine Ableitung	110
8.4	Entfernung als ein Integral	112
8.5	Beschleunigung	113
9	Die Newtonschen Gesetze der Dynamik	119
9.1	Impuls und Kraft	119
9.2	Schnelligkeit und Geschwindigkeit	121
9.3	Komponenten von Geschwindigkeit, Beschleunigung und Kraft	122
9.4	Was ist Kraft?	123
9.5	Die Bedeutung der dynamischen Gleichungen	125
9.6	Numerische Lösungen der Gleichungen	126
9.7	Planetenbewegungen	128
10	Die Impulserhaltung	133
10.1	Das Dritte Newtonsche Gesetz	133
10.2	Die Impulserhaltung	135
10.3	Der Impuls <i>bleibt</i> erhalten!	138
10.4	Impuls und Energie	142
10.5	Relativistischer Impuls	144
11	Vektoren	147
11.1	Symmetrie in der Physik	147
11.2	Translationen	148
11.3	Drehungen	150
11.4	Vektoren	153
11.5	Vektoralgebra	155
11.6	Die Newtonschen Gesetze in Vektorschreibweise	157
11.7	Das Skalarprodukt von Vektoren	159
12	Eigenschaften der Kraft	163
12.1	Was ist eine Kraft?	163
12.2	Reibung	166
12.3	Molekulare Kräfte	169
12.4	Elementarkräfte, Felder	171
12.5	Scheinkräfte	176
12.6	Kernkräfte	179

13	Arbeit und potentielle Energie (A)	181
13.1	Die Energie eines fallenden Körpers	181
13.2	Durch Gravitation geleistete Arbeit	185
13.3	Summierung der Energie	189
13.4	Das Gravitationsfeld großer Objekte	191
14	Arbeit und potentielle Energie (Ende)	195
14.1	Arbeit	195
14.2	Zwangsbewegung	197
14.3	Konservative Kräfte	198
14.4	Nichtkonservative Kräfte	202
14.5	Potentiale und Felder	204
15	Die spezielle Relativitätstheorie	209
15.1	Das Relativitätsprinzip	209
15.2	Die Lorentz-Transformation	211
15.3	Das Michelson-Morley-Experiment	213
15.4	Die Transformation der Zeit	216
15.5	Die Lorentz-Kontraktion	218
15.6	Gleichzeitigkeit	219
15.7	Vierervektoren	220
15.8	Relativistische Dynamik	221
15.9	Äquivalenz von Masse und Energie	222
16	Relativistische Energie und Impuls	225
16.1	Die Relativität und die Philosophen	225
16.2	Das Zwillingsparadoxon	228
16.3	Die Transformation von Geschwindigkeiten	229
16.4	Die relativistische Masse	232
16.5	Die relativistische Energie	235
17	Raum-Zeit	239
17.1	Die Geometrie von Raum-Zeit	239
17.2	Raum-Zeit-Intervalle	241
17.3	Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft	243
17.4	Mehr über Vierervektoren	245
17.5	Vierervektor-Algebra	248
18	Drehung in zwei Dimensionen	251
18.1	Der Massenmittelpunkt	251
18.2	Die Drehung eines starren Körpers	253
18.3	Der Drehimpuls	257
18.4	Die Erhaltung des Drehimpulses	259
19	Massenmittelpunkt; Trägheitsgesetz	263
19.1	Eigenschaften des Massenmittelpunktes	263
19.2	Bestimmung des Massenmittelpunktes	267
19.3	Bestimmung des Trägheitsmomentes	268
19.4	Kinetische Energie der Drehbewegung	272

20	Drehbewegung im Raum	277
20.1	Drehmomente in drei Dimensionen	277
20.2	Die Gleichungen der Drehbewegung bei Anwendung des Vektorproduktes	282
20.3	Der Kreisel	283
20.4	Der Drehimpuls eines festen Körpers	287
21	Der harmonische Oszillator	289
21.1	Lineare Differentialgleichungen	289
21.2	Der harmonische Oszillator	290
21.3	Harmonische Bewegung und Kreisbewegung	293
21.4	Anfangsbedingungen	294
21.5	Erzwungene Schwingungen	296
22	Algebra	299
22.1	Addition und Multiplikation	299
22.2	Die inversen Operationen	300
22.3	Abstraktion und Verallgemeinerung	301
22.4	Die Approximation von Irrationalzahlen	303
22.5	Komplexe Zahlen	307
22.6	Imaginäre Exponenten	310
23	Resonanz	313
23.1	Komplexe Zahlen und harmonische Bewegung	313
23.2	Der erzwungene Oszillator mit Dämpfung	316
23.3	Elektrische Resonanz	319
23.4	Resonanz in der Natur	322
24	Einschwingvorgänge	329
24.1	Die Energie eines Oszillators	329
24.2	Gedämpfte Schwingungen	331
24.3	Elektrische Einschwingvorgänge	335
25	Lineare Systeme und Übersicht	339
25.1	Lineare Differentialgleichungen	339
25.2	Superposition von Lösungen	341
25.3	Schwingungen in linearen Systemen	345
25.4	Analogien in der Physik	347
25.5	Serien- und Parallelimpedanzen	350
26	Optik: Das Prinzip der kürzesten Zeit	353
26.1	Licht	353
26.2	Reflexion und Brechung	354
26.3	Das Fermatsche Prinzip der kürzesten Zeit	356
26.4	Anwendungen des Fermatschen Prinzips	359
26.5	Eine genauere Formulierung des Fermatschen Prinzips	364
26.6	Wie es passiert	365
27	Geometrische Optik	367
27.1	Einleitung	367
27.2	Die Brennweite einer sphärischen Fläche	368
27.3	Die Brennweite einer Linse	372
27.4	Vergrößerung	374

27.5	Linsensysteme	376
27.6	Aberrationen	377
27.7	Auflösungsvermögen	378
28	Elektromagnetische Strahlung	381
28.1	Elektromagnetismus	381
28.2	Strahlung	385
28.3	Der Dipol-Strahler	386
28.4	Interferenz	388
29	Interferenz	391
29.1	Elektromagnetische Wellen	391
29.2	Strahlungsenergie	393
29.3	Sinusförmige Wellen	394
29.4	Zwei Dipol-Strahler	395
29.5	Die Mathematik der Interferenz	399
30	Beugung	403
30.1	Die resultierende Amplitude n gleicher Oszillatoren	403
30.2	Das Beugungsgitter	407
30.3	Das Auflösungsvermögen eines Gitters	410
30.4	Die Parabolantenne	411
30.5	Farbige Schichten; Kristalle	413
30.6	Beugung an undurchsichtigen Schirmen	414
30.7	Das Feld einer Ebene aus schwingenden Ladungen	416
31	Der Ursprung des Brechungsindex	421
31.1	Der Brechungsindex	421
31.2	Das vom Material erzeugte Feld	426
31.3	Dispersion	428
31.4	Absorption	432
31.5	Die von einer elektrischen Welle transportierte Energie	433
31.6	Beugung des Lichts durch einen Schirm	435
32	Strahlungsdämpfung. Lichtstreuung	437
32.1	Strahlungswiderstand	437
32.2	Die Geschwindigkeit der Strahlungsenergie	438
32.3	Strahlungsdämpfung	441
32.4	Unabhängige Quellen	443
32.5	Lichtstreuung	445
33	Polarisation	451
33.1	Der elektrische Vektor des Lichts	451
33.2	Polarisation des gestreuten Lichts	453
33.3	Doppelbrechung	453
33.4	Polarisatoren	456
33.5	Optische Aktivität	458
33.6	Die Intensität des reflektierten Lichts	459
33.7	Anomale Brechung	462

34	Relativistische Strahlungseffekte	465
34.1	Bewegte Quellen	465
34.2	Das Auffinden der „scheinbaren“ Bewegung	467
34.3	Synchrotronstrahlung	469
34.4	Kosmische Synchrotronstrahlung	472
34.5	Bremsstrahlung	474
34.6	Der Dopplereffekt	474
34.7	ω , k Vierer-Vektor	477
34.8	Aberration	479
34.9	Der Impuls des Lichts	480
35	Farbsehen	483
35.1	Das menschliche Auge	483
35.2	Farbe hängt von der Intensität ab	485
35.3	Messung der Farbempfindlichkeit	486
35.4	Das Farbdigramm	491
35.5	Der Mechanismus des Farbsehens	492
35.6	Physiochemie des Farbsehens	495
36	Mechanismus des Sehens	499
36.1	Die Farbempfindung	499
36.2	Die Physiologie des Auges	502
36.3	Die Stäbchenzellen	506
36.4	Das Facetten-(Insekten-)Auge	508
36.5	Andere Augen	511
36.6	Neurologie des Sehens	513
37	Quantenverhalten	519
37.1	Atommechanik	519
37.2	Ein Experiment mit Kugeln	520
37.3	Ein Experiment mit Wellen	522
37.4	Ein Experiment mit Elektronen	524
37.5	Die Interferenz von Elektronenwellen	525
37.6	Beobachtung der Elektronen	527
37.7	Grundprinzipien der Quantenmechanik	531
37.8	Das Unbestimmtheitsprinzip	533
38	Die Beziehung zwischen dem Wellen- und Teilchenbild	535
38.1	Wahrscheinlichkeitsamplituden	535
38.2	Messung von Ort und Impuls	536
38.3	Beugung an Kristallen	540
38.4	Die Größe eines Atoms	542
38.5	Energieniveaus	545
38.6	Philosophische Konsequenzen	546
39	Die kinetische Gastheorie	549
39.1	Eigenschaften der Materie	549
39.2	Der Druck eines Gases	551
39.3	Kompressibilität der Strahlung	556
39.4	Temperatur und kinetische Energie	557
39.5	Das Gesetz des idealen Gases	562

40	Die Prinzipien der statistischen Mechanik	565
40.1	Die exponentielle Atmosphäre	565
40.2	Das Boltzmannsche Gesetz	567
40.3	Verdampfung einer Flüssigkeit	569
40.4	Die Verteilung der Molekülgeschwindigkeiten	570
40.5	Die spezifischen Wärmen von Gasen	575
40.6	Das Versagen der klassischen Physik	577
41	Die Brownsche Bewegung	581
41.1	Gleichverteilung der Energie	581
41.2	Thermisches Strahlungsgleichgewicht	584
41.3	Gleichverteilung und der Quantenoszillator	589
41.4	Der statistische Weg	592
42	Anwendungen der kinetischen Theorie	597
42.1	Verdampfung	597
42.2	Glühemission	601
42.3	Thermische Ionisation	602
42.4	Chemische Kinetik	605
42.5	Die Einsteinschen Strahlungsgesetze	607
43	Diffusion	613
43.1	Kollisionen zwischen Molekülen	613
43.2	Die mittlere freie Weglänge	616
43.3	Die Driftgeschwindigkeit	618
43.4	Ionenleitfähigkeit	620
43.5	Molekulardiffusion	622
43.6	Thermische Leitfähigkeit	626
44	Die Gesetze der Thermodynamik	629
44.1	Wärmemaschinen; der erste Hauptsatz	629
44.2	Der zweite Hauptsatz	632
44.3	Reversible Maschinen	634
44.4	Der Wirkungsgrad einer idealen Maschine	639
44.5	Die thermodynamische Temperatur	641
44.6	Entropie	644
45	Erläuterungen zur Thermodynamik	649
45.1	Innere Energie	649
45.2	Anwendungen	653
45.3	Die Clausius-Clapeyronsche Gleichung	657
46	Knarre und Sperrhaken	663
46.1	Wie eine Knarre arbeitet	663
46.2	Die Knarre als Maschine	665
46.3	Reversibilität in der Mechanik	668
46.4	Irreversibilität	670
46.5	Ordnung und Entropie	672

47	Schall. Die Wellengleichung	675
47.1	Wellen	675
47.2	Die Schallausbreitung	678
47.3	Die Wellengleichung	679
47.4	Lösungen der Wellengleichung	682
47.5	Die Schallgeschwindigkeit	684
48	Schwebungen	687
48.1	Die Addition zweier Wellen	687
48.2	Schwebungstöne und Modulation	689
48.3	Seitenbänder	691
48.4	Lokalisierte Wellenzüge	693
48.5	Wahrscheinlichkeitsamplituden für Teilchen	696
48.6	Wellen in drei Dimensionen	698
48.7	Normalschwingungen	700
49	Schwingungsformen	703
49.1	Die Reflexion von Wellen	703
49.2	Begrenzte Wellen mit Eigenfrequenzen	705
49.3	Schwingungstypen in zwei Dimensionen	707
49.4	Gekoppelte Pendel	711
49.5	Lineare Systeme	712
50	Oberschwingungen	715
50.1	Musikalische Töne	715
50.2	Die Fourierreihe	717
50.3	Qualität und Konsonanz	718
50.4	Die Fourierkoeffizienten	721
50.5	Das Energiethorem	725
50.6	Nichtlineare Effekte	725
51	Wellen	729
51.1	Bugwellen	729
51.2	Schockwellen	731
51.3	Wellen in Festkörpern	734
51.4	Oberflächenwellen	739
52	Die Symmetrie in physikalischen Gesetzen	745
52.1	Symmetrioperationen	745
52.2	Symmetrie in Raum und Zeit	746
52.3	Symmetrie und Erhaltungssätze	749
52.4	Spiegelungen	750
52.5	Polare und axiale Vektoren	753
52.6	Welche Hand ist rechts?	755
52.7	Die Parität bleibt nicht erhalten!	756
52.8	Antimaterie	758
52.9	Symmetrieverletzungen	760
Index		763