

## Klassische Theoretische Physik

Eine Einführung

Bearbeitet von  
Josef Honerkamp, Hartmann Römer

1. Auflage 2012. Taschenbuch. 600 S. Paperback

ISBN 978 3 642 23261 9

Format (B x L): 15,5 x 23,5 cm

Gewicht: 758 g

[Weitere Fachgebiete > Physik, Astronomie > Physik Allgemein > Theoretische Physik, Mathematische Physik](#)

Zu [Leseprobe](#)

schnell und portofrei erhältlich bei



Die Online-Fachbuchhandlung beck-shop.de ist spezialisiert auf Fachbücher, insbesondere Recht, Steuern und Wirtschaft. Im Sortiment finden Sie alle Medien (Bücher, Zeitschriften, CDs, eBooks, etc.) aller Verlage. Ergänzt wird das Programm durch Services wie Neuerscheinungsdienst oder Zusammenstellungen von Büchern zu Sonderpreisen. Der Shop führt mehr als 8 Millionen Produkte.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	1
<b>2. Die Newtonsche Mechanik</b> .....	3
2.1 Zeit und Raum in der Klassischen Mechanik .....	3
2.2 Die Newtonschen Gesetze .....	6
2.3 Einige wichtige Kraftgesetze .....	9
2.4 Der Energiesatz für einen Massenpunkt in einem Kraftfeld .....	12
2.4.1 Wegintegrale .....	12
2.4.2 Arbeit und Energiesatz .....	15
2.5 Mehrere Punktteilchen in Wechselwirkung .....	17
2.6 Der Impuls und die Impulsbilanz .....	20
2.7 Der Drehimpuls und die Drehimpulsbilanz .....	24
2.8 Das Zwei-Körper-Problem .....	26
2.9 Das Kepler-Problem .....	30
2.10 Die Streuung .....	34
2.10.1 Die Relativbewegung bei der Streuung .....	35
2.10.2 Schwerpunktsystem und Laborsystem .....	37
2.11 Der Streuquerschnitt .....	41
2.12 Der Virialsatz .....	43
2.13 Mechanische Ähnlichkeit .....	45
2.14 Einige allgemeine Betrachtungen zu Mehr-Körper-Problemen .....	46
<b>3. Die Lagrangeschen Methoden in der Klassischen Mechanik</b> .....	49
3.1 Problemstellung und Lösungsskizze am Beispiel des Pendels .....	49
3.2 Die Lagrangesche Methode erster Art .....	50
3.3 Die Lagrangesche Methode zweiter Art .....	54
3.4 Die Energiebilanz bei Bewegungen, die durch Zwangsbedingungen eingeschränkt sind .....	58
3.5 Nichtholome Zwangsbedingungen .....	63
3.6 Invarianzen und Erhaltungssätze .....	66
3.7 Die Hamilton-Funktion .....	69
3.7.1 Hamiltonsche und Lagrangesche Bewegungsgleichungen .....	69
3.7.2 Ausblick auf weitere Entwicklungen der theoretischen Mechanik und die Theorie Dynamischer Systeme .....	72
3.8 Das Hamiltonsche Prinzip der stationären Wirkung .....	75
3.8.1 Funktionale und Funktionalableitungen .....	75
3.8.2 Das Hamiltonsche Prinzip .....	77
3.8.3 Das Hamiltonsche Prinzip für Systeme mit holonomen Zwangsbedingungen .....	78

<b>4. Der starre Körper</b>	81
4.1 Die Kinematik des starren Körpers	81
4.2 Der Trägheitstensor und die kinetische Energie eines starren Körpers	84
4.2.1 Definition und einfache Eigenschaften des Trägheitstensors ..	84
4.2.2 Berechnung von Trägheitstensoren .....	87
4.3 Der Drehimpuls eines starren Körpers, die Eulerschen Kreiselgleichungen	89
4.4 Die Bewegungsgleichungen für die Eulerschen Winkel .....	93
<b>5. Bewegungen in einem Nicht-Inertialsystem</b>	99
5.1 Scheinkräfte in Nicht-Inertialsystemen	99
5.2 Das Foucaultsche Pendel .....	102
<b>6. Lineare Schwingungen</b>	105
6.1 Linearisierung um Gleichgewichtspunkte .....	105
6.2 Einige allgemeine Bemerkungen zu linearen Differentialgleichungen	106
6.3 Homogene lineare Systeme mit einem Freiheitsgrad und konstanten Koeffizienten .....	108
6.4 Homogene lineare Systeme mit $n$ Freiheitsgraden und konstanten Koeffizienten .....	111
6.4.1 Eigenschwingungen und Eigenfrequenzen .....	111
6.4.2 Beispiele für die Berechnung von Eigenschwingungen .....	113
6.5 Die Antwort eines linearen Systems auf äußere Kräfte .....	117
6.5.1 Harmonische äußere Kräfte .....	117
6.5.2 Überlagerung von harmonischen äußeren Kräften .....	119
6.5.3 Periodische äußere Kräfte .....	119
6.5.4 Beliebige äußere Kräfte .....	120
<b>7. Klassische Statistische Mechanik</b>	123
7.1 Thermodynamische Systeme und Verteilungsfunktionen .....	123
7.2 Die Entropie .....	126
7.3 Temperatur, Druck und chemisches Potential .....	129
7.3.1 Systeme mit Austausch von Energie .....	129
7.3.2 Systeme mit Austausch von Volumen .....	132
7.3.3 Systeme mit Austausch von Energie und Teilchen .....	133
7.4 Die Gibbs'sche Fundamentalform und die Formen des Energieaustausches .....	134
7.5 Die kanonische Gesamtheit und die freie Energie .....	136
7.6 Thermodynamische Potentiale .....	141
7.7 Materialgrößen .....	143
7.8 Zustandsänderungen und ihre Realisierungen .....	145
7.8.1 Reversible und irreversible Realisierungen .....	145
7.8.2 Adiabatische und nicht-adiabatische Realisierungen .....	147
7.8.3 Der Joule-Thomson Prozeß .....	150
7.9 Umwandlung von Wärme in Arbeit, der Carnotsche Wirkungsgrad	152
7.10 Die Hauptsätze der Wärmelehre .....	156
7.11 Der phänomenologische Ansatz in der Thermodynamik .....	157
7.11.1 Thermodynamik und Statistische Mechanik .....	157
7.11.2 Zum ersten Hauptsatz der Thermodynamik .....	159

7.11.3 Zum zweiten und dritten Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	160
7.11.4 Thermische und kalorische Zustandsgleichung . . . . .	162
7.12 Gleichgewichts- und Stabilitätsbedingungen . . . . .	164
7.12.1 Gleichgewicht und Stabilität bei Austauschprozessen . . . . .	164
7.12.2 Gleichgewicht, Stabilität und thermodynamische Potentiale .	166
<b>8. Anwendungen der Thermodynamik . . . . .</b>	<b>169</b>
8.1 Phasenübergänge und Phasendiagramme . . . . .	170
8.2 Die Umwandlungswärme bei Phasenumwandlungen . . . . .	172
8.3 Lösungen . . . . .	176
8.4 Das Henrysche Gesetz, die Osmose . . . . .	178
8.4.1 Das Henrysche Gesetz . . . . .	178
8.4.2 Die Osmose . . . . .	179
8.5 Phasenübergänge in Lösungen . . . . .	181
8.5.1 Mischbarkeit nur in einer Phase . . . . .	181
8.5.2 Mischbarkeit in zwei Phasen . . . . .	184
<b>9. Elemente der Strömungslehre . . . . .</b>	<b>185</b>
9.1 Einige einführende Bemerkungen zur Strömungslehre . . . . .	185
9.2 Die allgemeine Bilanzgleichung . . . . .	187
9.3 Die speziellen Bilanzgleichungen . . . . .	190
9.4 Entropieproduktion, verallgemeinerte Kräfte und Flüsse . . . . .	194
9.5 Die Differentialgleichungen der Strömungslehre und ihre Spezialfälle . . . . .	197
9.6 Einige elementare Anwendungen der Navier-Stokes Gleichungen .	200
<b>10. Die wichtigsten linearen partiellen Differentialgleichungen der Physik .</b>	<b>205</b>
10.1 Allgemeines . . . . .	205
10.1.1 Typen linearer partieller Differentialgleichungen, Formulierung von Rand- und Anfangswertproblemen . . . . .	205
10.1.2 Anfangswertprobleme im $\mathbb{R}^D$ . . . . .	207
10.1.3 Inhomogene Gleichungen und Greensche Funktionen . . . . .	209
10.2 Lösungen der Wellengleichung . . . . .	210
10.3 Randwertprobleme . . . . .	212
10.3.1 Vorberichtigungen . . . . .	212
10.3.2 Beispiele für Randwertprobleme . . . . .	213
10.3.3 Allgemeine Behandlung von Randwertproblemen . . . . .	215
10.4 Die Helmholtz-Gleichung in Kugelkoordinaten, Kugelfunktionen und Bessel-Funktionen . . . . .	217
10.4.1 Der Separationsansatz . . . . .	217
10.4.2 Die Gleichungen für die Winkelvariablen, Kugelfunktionen .	218
10.4.3 Die Gleichung für die Radialvariable, Bessel-Funktionen .	221
10.4.4 Lösungen der Helmholtz-Gleichung . . . . .	222
10.4.5 Ergänzende Betrachtungen . . . . .	223
<b>11. Elektrostatik . . . . .</b>	<b>225</b>
11.1 Die Grundgleichungen der Elektrostatik und erste Folgerungen .	225
11.1.1 Coulombsches Gesetz und elektrisches Feld . . . . .	225
11.1.2 Elektrostatisches Potential und Poisson-Gleichung . . . . .	226

11.1.3 Beispiele und wichtige Eigenschaften elektrostatischer Felder	228
11.2 Randwertprobleme in der Elektrostatik, Greensche Funktionen . . . . .	230
11.2.1 Dirichletsche und Neumannsche Greensche Funktionen . . . . .	230
11.2.2 Ergänzende Bemerkungen zu Randwertproblemen der Elektrostatik . . . . .	232
11.3 Berechnung Greenscher Funktionen, die Methode der Bildladungen	233
11.4 Berechnung Greenscher Funktionen, Entwicklung nach Kugelflächenfunktionen . . . . .	237
11.5 Lokalisierte Ladungsverteilungen, die Multipol-Entwicklung . . . . .	239
11.6 Die elektrostatische potentielle Energie . . . . .	241
<b>12. Bewegte Ladungen, Magnetostatik . . . . .</b>	<b>243</b>
12.1 Das Biot-Savartsche Gesetz, die Grundgleichungen der Magnetostatik . . . . .	243
12.1.1 Elektrische Stromdichte und Magnetfeld . . . . .	243
12.1.2 Vektorpotential und Ampèresches Gesetz . . . . .	245
12.1.3 Das SI-System der Maßeinheiten in der Elektrodynamik . . . . .	246
12.2 Lokalisierte Stromverteilungen . . . . .	247
12.2.1 Das magnetische Dipolmoment . . . . .	247
12.2.2 Kraft, Potential und Drehmoment im magnetostatischen Feld . . . . .	249
<b>13. Zeitabhängige elektromagnetische Felder . . . . .</b>	<b>253</b>
13.1 Die Maxwell-Gleichungen . . . . .	253
13.2 Potentiale und Eichtransformationen . . . . .	255
13.3 Elektromagnetische Wellen im Vakuum, die Polarisation transversaler Wellen . . . . .	256
13.4 Elektromagnetische Wellen, der Einfluß der Quellen . . . . .	258
13.5 Die Energie des elektromagnetischen Feldes . . . . .	261
13.5.1 Energiebilanz und Poynting-Vektor . . . . .	261
13.5.2 Energiefluß des Strahlungsfeldes . . . . .	262
13.5.3 Energie des elektrischen Feldes . . . . .	264
13.5.4 Energie des magnetischen Feldes . . . . .	265
13.5.5 Selbstenergie und Wechselwirkungsenergie . . . . .	266
13.6 Der Impuls des elektromagnetischen Feldes . . . . .	267
<b>14. Elemente der Elektrodynamik kontinuierlicher Medien . . . . .</b>	<b>269</b>
14.1 Die makroskopischen Maxwell-Gleichungen . . . . .	269
14.1.1 Mikroskopische und makroskopische Felder . . . . .	269
14.1.2 Gemittelte Ladungsdichte und elektrische Verschiebung . . . . .	270
14.1.3 Gemittelte Stromdichte und magnetische Feldstärke . . . . .	271
14.2 Elektrostatische Felder in kontinuierlichen Medien . . . . .	274
14.3 Magnetostatische Felder in kontinuierlichen Medien . . . . .	276
14.4 Ebene Wellen in Materie, Wellenpakete . . . . .	277
14.4.1 Die Frequenzabhängigkeit der Suszeptibilität . . . . .	278
14.4.2 Wellenpakete, Phasen- und Gruppengeschwindigkeit . . . . .	280
14.5 Reflexion und Brechung an ebenen Grenzflächen . . . . .	283
14.5.1 Grenzbedingungen, Reflexions- und Brechungsgesetz . . . . .	283
14.5.2 Die Fresnelschen Formeln . . . . .	284

14.5.3	Spezielle Effekte bei Reflexion und Brechung . . . . .	285
a)	Der Brewstersche Winkel . . . . .	285
b)	Totale Reflexion . . . . .	286
c)	Krümmung des Lichtweges in einem inhomogenen Medium . . . . .	286
<b>15. Spezielle Relativitätstheorie</b>		<b>289</b>
15.1	Relativitätsprinzipien . . . . .	289
15.1.1	Newton'sches Relativitätsprinzip und die Elektrodynamik . . . . .	289
15.1.2	Einsteinsches Relativitätsprinzip und Lorentz-Transformationen .	291
15.2	Erste Konsequenzen . . . . .	295
15.2.1	Grafische Darstellung im Minkowski-Raum . . . . .	295
15.2.2	Raumartige Abstände und Kausalität . . . . .	297
15.2.3	Das Additions-Theorem für Geschwindigkeiten . . . . .	298
15.2.4	Der relativistische Doppler-Effekt . . . . .	300
15.3	Eigenschaften von Raum und Zeit . . . . .	302
15.3.1	Die Relativität der Gleichzeitigkeit . . . . .	302
15.3.2	Die Zeitdehnung . . . . .	303
15.3.3	Längenkontraktion . . . . .	306
15.3.4	Das Bild eines bewegten Gegenstandes . . . . .	307
15.4	Relativistische Kinematik von Punktteilchen . . . . .	313
15.4.1	Weltlinien und Eigenzeit . . . . .	313
15.4.2	Vierergeschwindigkeit und Viererbeschleunigung . . . . .	314
15.5	Kovarianter Formalismus . . . . .	315
15.6	Relativistische Mechanik . . . . .	316
15.6.1	Relativistische Dynamik eines Punktteilchens . . . . .	316
15.6.2	Der Compton-Effekt . . . . .	322
15.7	Relativistische Elektrodynamik . . . . .	322
15.7.1	Relativistische Formulierung der Maxwellschen Gleichungen .	322
15.7.2	Lorentz-Kraft und Energie-Impulstensor . . . . .	325
<b>Anhang</b>		<b>327</b>
A.	Die F-Funktion . . . . .	327
B.	Kegelschnitte . . . . .	328
C.	Tensoren . . . . .	329
D.	Fourier-Reihen und Fourier-Integrale . . . . .	331
D.1	Fourier-Reihen . . . . .	331
D.2	Fourier-Integrale und Fourier-Transformationen . . . . .	335
E.	Distributionen und Greensche Funktionen . . . . .	337
E.1	Distributionen . . . . .	337
E.2	Greensche Funktionen . . . . .	339
F.	Vektoranalysis und krummlinige Koordinaten . . . . .	341
F.1	Vektorfelder und skalare Felder . . . . .	341
F.2	Linien-, Flächen- und Volumenintegrale . . . . .	341
F.3	Satz von Stokes . . . . .	343
F.4	Satz von Gauß . . . . .	344

F.5	Einige Anwendungen der Integralsätze . . . . .	345
F.6	Krummlinige Koordinaten . . . . .	345
G.	Die stereographische Transformation . . . . .	348
<b>Übungsaufgaben</b>		349
<b>Literaturverzeichnis</b>		361
<b>Namen- und Sachverzeichnis</b>		365