

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Die Newtonsche Mechanik	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
3. Die Lagrangeschen Methoden in der Klassischen Mechanik	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

4. Der starre Körper	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
5. Bewegungen in einem Nicht-Inertialsystem	99
5.1 Scheinkräfte in Nicht-Inertialsystemen	99
5.2 Das Foucaultsche Pendel	102
6. Lineare Schwingungen	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
7. Klassische Statistische Mechanik	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 Gibbssche 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
8. Anwendungen der Thermodynamik	169
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
9. Elemente der Strömungslehre	185
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
10. Die wichtigsten linearen partiellen Differentialgleichungen der Physik .	205
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
11. Elektrostatik	225
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
12. Bewegte Ladungen, Magnetostatik	243
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
13. Zeitabhängige elektromagnetische Felder	253
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
14. Elemente der Elektrodynamik kontinuierlicher Medien	269
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
15. Spezielle Relativitätstheorie		289
15.1	Relativitätsprinzipien	289
15.1.1	Newton'sches Relativitätsprinzip und die Elektrodynamik	289
15.1.2	Einstein'sches 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
Anhang		327
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

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