

Manfred Trümper



© 2008 AGI-Information Management Consultants
May be used for personal purposes only or by
libraries associated to dandelion.com network.

Mechanik

Eine Einführung in
Grundvorstellungen der Physik

Mit 47 Abbildungen

Dr. Dietrich Steinkopff Verlag • Darmstadt

Inhalt

<i>Vorwort der Herausgeber</i>	VI
<i>Vorwort</i>	VIII
1. Die Raumzeit	1
1.1 Grundbegriffe	1
1.1.1 Raum und Zeit	1
1.1.2 Raumzeit-Diagramme	2
1.2 Das Relativitätsprinzip der Mechanik	4
1.3 Das Prinzip der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	10
1.4 Die Eigenzeit	11
1.5 Die Einstein-Minkowskische Raumzeit	14
1.6 Zusammenfassung	19
1.7 Aufgaben	20
2. Grundbegriffe der Kinematik	21
2.0 Einleitung	21
2.1 Ort, Geschwindigkeit und Beschleunigung	22
2.1.1 Beschreibung mit kartesischen Koordinaten	22
2.1.2 Radialer und angularer Teil der Bewegung	24
2.2 Geradlinige Bewegung und Kreisbewegung	28
2.2.1 Geradlinige Bewegung	28
2.2.2 Die Kreisbewegung	30
2.2.3 Gleichförmige Kreisbewegung	31
2.3 Beschreibung der Bewegung in Polarkoordinaten	32
2.4 Kinematik orthogonaler Transformationen	33
2.4.1 Beschreibung der Bewegung eines Teilchens durch ortho- gonale Transformationen	33
2.4.2 Bestimmungsstücke einer orthogonalen Transformation	36
2.4.3 Die Eulerschen Winkel	36
2.4.4 Kinematik im rotierenden Bezugssystem	38
2.5 Zusammenfassung	41
2.6 Aufgaben	42
3. Dynamik eines Massenpunktes	43
3.1 Freie Teilchen und Inertialsysteme	43
3.1.1 Freie Teilchen und Gravitation	43
3.1.2 Nichtrotierende Bezugssysteme	45
3.1.3 Inertialsysteme und Galilei-Transformationen	46

3.2 Grundbegriffe der Dynamik	48
3.2.1 Träge Masse	48
3.2.2 Massendichte	51
3.2.3 Massenmittelpunkt	52
3.2.4 Impuls	53
3.2.5 Impulserhaltungssatz	54
3.2.6 Bahn-Drehimpuls	55
3.3 Wechselwirkungen	57
3.3.1 Kräfte	57
3.3.2 Die fundamentalen Wechselwirkungen	58
3.3.3 Elastische Kräfte	63
3.3.4 Reibungskräfte	64
3.4 Die Newtonschen Axiome	65
3.5 Arbeit und Energie	67
3.5.1 Arbeit	67
3.5.2 Kinetische Energie	68
3.5.3 Reibungsarbeit	69
3.5.4 Konservative Kraftfelder	70
3.6 Zusammenfassung	71
3.7 Aufgaben	73
4. Beispiele von Kraftfeldern	75
4.1 Das homogene Gravitationsfeld	75
4.1.1 Die Bewegungsgleichung	75
4.1.2 Potentielle Energie	76
4.2 Das sphärisch-symmetrische Gravitationsfeld	77
4.2.1 Erhaltung von Energie und Drehimpuls	77
4.2.2 Berechnung der Bahn	78
4.2.3 Der zeitliche Ablauf der Bewegung	80
4.2.4 Das dritte Keplersche Gesetz	82
4.3 Der harmonische Oszillator	83
4.3.1 Der lineare Oszillator	83
4.3.2 Der dreidimensionale isotrope Oszillator	85
4.4 Bewegung im Magnetfeld	86
4.4.1 Die Bewegungsgleichung	86
4.4.2 Homogenes Magnetfeld	87
4.5 Zusammenfassung	89
4.6 Aufgaben	90
5. Systeme von Teilchen	92
5.1 Motivation	92
5.2 Gesamtwerte physikalischer Größen	92
5.2.1 Systeme von Massenpunkten	92
5.2.2 Schwerpunkts- und Relativkoordinaten	93
5.2.3 Kinetische Energie	95

5.3 Erhaltungssätze für isolierte Systeme	95
5.3.1 Impulserhaltung	95
5.3.2 Drehimpulserhaltung	96
5.3.3 Energieerhaltung	97
5.4 Kontinuierliche Materie	99
5.4.1 Die Beschreibung kontinuierlicher Materie	99
5.4.2 Die Kontinuitätsgleichung	100
5.4.3 Die Schwerpunktschwindigkeit	102
5.4.4 Schwerpunkts- und Relativkoordinaten	103
5.5 Verschiedene Momente einer Materieverteilung	104
5.5.1 Definition der Momente. Änderung des Bezugspunktes	104
5.5.2 Die Multipolmomente einer Materieverteilung	105
5.5.3 Trägheitstensor und Tisserand-System	108
5.6 Zusammenfassung	112
5.7 Aufgaben	113
6. Starre Körper	114
6.0 Vorbemerkung	114
6.1 Drehimpuls und Drehenergie	115
6.1.1 Berechnung im raumfesten Bezugssystem	115
6.1.2 Berechnung im körperfesten Bezugssystem	117
6.1.3 Der Trägheitstensor	118
6.1.4 Symmetrieachsen	122
6.2 Die Bewegung starrer Körper	125
6.2.1 Drehmomente	125
6.2.2 Die Eulerschen Gleichungen	126
6.2.3 Drehmomentfreier Kreisel	128
6.2.4 Symmetrischer Kreisel	130
6.2.5 Elektrischer Ringstrom im Magnetfeld	135
6.3 Zusammenfassung	140
6.4 Aufgaben	141
7. Lagrangesche und Hamiltonsche Mechanik	143
7.1 Vorbemerkungen	143
7.1.1 Nebenbedingungen und Zwangskräfte	143
7.1.2 Beispiel für die Berechnung der Zwangskraft	144
7.1.3 Verschiedene Arten von Nebenbedingungen	146
7.2 Lagrange-Gleichungen für holonome Systeme	148
7.2.1 Generalisierte Koordinaten	148
7.2.2 Lagrange-Gleichungen	148
7.2.3 Euler-Lagrangesches Variationsprinzip	155
7.2.4 Lagrange-Funktion und Erhaltungsgrößen	157
7.2.5 Die Hamiltonschen Gleichungen	159
7.2.6 Teüchenbewegung im elektromagnetischen Feld	161

7.3 Lagrange-Gleichungen für nichtholonome Systeme	165
7.3.1 Variationsprinzip mit Nebenbedingungen.	165
7.3.2 Eine »Fußgänger«-Methode zur Aufstellung der Bewegungs- gleichungen.	166
7.3.3 Die Methode der Lagrangeschen Multiplikatoren	167
7.3.4 Beispiele.	168
7.4 Zusammenfassung	173
7.5 Aufgaben.	175
8. Stöße und Streuung.	177
8.1 Vorbemerkungen.	177
8.2 Stöße.	178
8.2.1 Elastische Stöße.	178
8.2.2 Inelastische Stöße.	183
8.3 Streuung am kugelsymmetrischen Potential.	184
8.3.1 Streuquerschnitte.	184
8.3.2 Berechnung des Streuquerschnitts.	185
8.3.3 Messung des Streuquerschnitts.	186
8.4 Rutherford-Streuung.	187
8.5 Zusammenfassung	190
8.6 Aufgaben.	191
9. Arbeits- und Studienhilfen.	193
9.1 Gesichtspunkte für das Lösen von Aufgaben.	193
9.2 Ansätze und Lösungen von Aufgaben.	194
9.3 Bezeichnungen und Konventionen	202
9.4 Sachwörterverzeichnis.	204