

---

Joachim Heintze  
Peter Bock (Hrsg.)

Lehrbuch zur  
Experimentalphysik  
Band 1: Mechanik

 Springer Spektrum

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Mechanik

<b>1</b>	<b>Längen- und Zeitmessung</b> . . . . .	<b>3</b>
	1.1 Längenmessung . . . . .	4
	1.2 Zeitmessung . . . . .	7
	1.3 Zeit- und Längenstandards und das Internationale Einheitensystem . . . . .	10
	1.4 Messung der Lichtgeschwindigkeit . . . . .	11
	Übungsaufgaben . . . . .	14
<b>2</b>	<b>Kinematik</b>	
	<b>des Massenpunkts</b> . . . . .	<b>17</b>
	2.1 Geradlinige Bewegung . . . . .	18
	2.2 Maßeinheiten und Dimensionen von physikalischen Größen . . . . .	19
	2.3 Bewegung im Raum . . . . .	19
	2.4 Die Kreisbewegung . . . . .	22
	2.5 Wechsel des Koordinatensystems . . . . .	24
	2.6 Skalare und Vektoren . . . . .	26
	Übungsaufgaben . . . . .	28
<b>3</b>	<b>Newtonsche Dynamik</b> . . . . .	<b>29</b>
	3.1 Die Newtonschen Gesetze . . . . .	30
	3.2 Harmonische Schwingungen . . . . .	34
	3.3 Gravitation und Planetenbewegung . . . . .	37
	3.4 Quantitatives zur Masse . . . . .	40
	3.5 Grenzen der Newtonschen Mechanik . . . . .	43
	Übungsaufgaben . . . . .	46
<b>4</b>	<b>Impuls</b> . . . . .	<b>47</b>
	4.1 Impuls und Kraftstoß . . . . .	48
	4.2 Systeme von Massenpunkten, der Schwerpunkt . . . . .	49
	4.3 Raketenantrieb, Bewegung von Körpern mit veränderlicher Masse . . . . .	52
	4.4 Stoßprozesse: Der kollineare Stoß . . . . .	54
	4.5 Der schiefe Stoß . . . . .	57
	Übungsaufgaben . . . . .	59
<b>5</b>	<b>Energie</b> . . . . .	<b>61</b>
	5.1 Energie, Arbeit, Leistung bei geradliniger Bewegung eines Massenpunkts . . . . .	62
	5.2 Maßeinheiten für Energie, Arbeit und Leistung . . . . .	67
	5.3 Energie und Arbeit bei der Bewegung im Raum . . . . .	68
	5.4 Energie und Arbeit bei einem System von Massenpunkten . . . . .	71
	5.5 Energiediagramme, Gleichgewicht . . . . .	72
	5.6 Energie und Quantenphysik . . . . .	74
	Übungsaufgaben . . . . .	76

<b>6</b>	<b>Kräfte</b> . . . . .	77
	6.1 Überblick über Kräfte und Wechselwirkungen . . . . .	78
	6.2 Reibung . . . . .	83
	6.3 Allgemeine Bemerkungen über Kräfte . . . . .	85
	Übungsaufgaben . . . . .	87
<b>7</b>	<b>Beschleunigte Bezugssysteme</b> . . . . .	89
	7.1 Geradlinige Beschleunigung des Bezugssystems . . . . .	90
	7.2 Rotierende Bezugssysteme . . . . .	90
	7.3 Die Erde als rotierendes Bezugssystem . . . . .	93
	7.4 Nochmals: Was ist ein Inertialsystem? . . . . .	95
	Übungsaufgaben . . . . .	96
<b>8</b>	<b>Kinematik und Statik des starren Körpers</b> . . . . .	97
	8.1 Translation und Rotation . . . . .	98
	8.2 Drehmoment und Kräftepaar . . . . .	99
	8.3 Polare und axiale Vektoren . . . . .	100
	8.4 Die Gleichgewichtsbedingungen . . . . .	101
	8.5 Gleichgewicht im Schwerfeld, der Schwerpunkt . . . . .	102
	8.6 Beispiele zur Statik . . . . .	103
	Übungsaufgaben . . . . .	105
<b>9</b>	<b>Rotation um eine feste Achse</b> . . . . .	107
	9.1 Das Trägheitsmoment . . . . .	108
	9.2 Rotation um eine feste Achse und geradlinige Bewegung . . . . .	110
	9.3 Die Rollbewegung . . . . .	111
	Übungsaufgaben . . . . .	112
<b>10</b>	<b>Drehimpuls</b> . . . . .	113
	10.1 Drehimpuls eines Massenpunkts . . . . .	114
	10.2 Systeme von Massenpunkten . . . . .	115
	10.3 Die Bewegungsgleichung des starren Körpers . . . . .	116
	10.4 Erhaltung des Drehimpulses . . . . .	117
	10.5 Drehimpulserhaltung, Rotationsenergie und Zentrifugalkraft . . . . .	118
	10.6 Drehimpuls, Winkelgeschwindigkeit und Trägheitsmoment . . . . .	119
	10.7 Drehimpuls und Quantenmechanik . . . . .	120
	Übungsaufgaben . . . . .	122
<b>11</b>	<b>Rotation im Raum</b> . . . . .	123
	11.1 Die Kreiselpräzession . . . . .	124
	11.2 Die Nutationsbewegung des Kreisels . . . . .	125
	11.3 Anwendungen . . . . .	127
	Übungsaufgaben . . . . .	129
<b>12</b>	<b>Schwingungen</b> . . . . .	131
	12.1 Die ungedämpfte harmonische Schwingung . . . . .	132
	12.2 Gedämpfte Schwingungen . . . . .	133
	12.3 Erzwungene Schwingungen . . . . .	135
	12.4 Gekoppelte Schwingungen . . . . .	139
	12.5 Lösung der Schwingungsgleichung mit komplexen Zahlen . . . . .	141
	12.6 Anharmonische Schwingungen . . . . .	143
	12.7 Chaotische Schwingungen . . . . .	146
	Übungsaufgaben . . . . .	150

**Teil II Relativistische Mechanik und Atomkerne**

<b>13</b>	<b>Das Relativitätsprinzip</b> . . . . .	155
	13.1 Relativitätsprinzip und Lichtgeschwindigkeit . . . . .	156
	13.2 Das Michelson-Morley-Experiment . . . . .	157
	13.3 Die Lorentz-Transformation . . . . .	158
	13.4 Einsteins Spezielle Relativitätstheorie . . . . .	158
	Übungsaufgaben . . . . .	160
<b>14</b>	<b>Relativistische Kinematik</b> . . . . .	161
	14.1 Zeit- und Längenmessung, Gleichzeitigkeit . . . . .	162
	14.2 Ableitung der Lorentz-Transformation . . . . .	164
	14.3 Addition von Geschwindigkeiten . . . . .	165
	14.4 Doppler-Effekt . . . . .	166
	14.5 Experimentelle Nachprüfung . . . . .	169
	Übungsaufgaben . . . . .	171
<b>15</b>	<b>Relativistische Dynamik</b> . . . . .	173
	15.1 Newtonsche Dynamik und Lorentz-Transformation . . . . .	174
	15.2 Minkowski-Welt, Vierervektoren . . . . .	174
	15.3 Der relativistische Viererimpuls . . . . .	177
	15.4 Äquivalenz von Masse und Energie . . . . .	179
	15.5 Stoßprozesse . . . . .	180
	15.6 Die Bewegungsgleichung . . . . .	182
	15.7 Die Lichtgeschwindigkeit als Grenzgeschwindigkeit . . . . .	183
	15.8 Mechanik von Teilchen mit der Ruhemasse Null . . . . .	183
	Übungsaufgaben . . . . .	187
<b>16</b>	<b>Der Atomkern</b> . . . . .	189
	16.1 Atome und Atomkerne . . . . .	190
	16.2 Isotope . . . . .	191
	16.3 Bindungsenergie, Kernradius, Tröpfchenmodell des Atomkerns . . . . .	192
	Übungsaufgaben . . . . .	195
<b>17</b>	<b>Radioaktivität</b> . . . . .	197
	17.1 Radioaktive Strahlung . . . . .	198
	17.2 Ionisation und Reichweite geladener Teilchen . . . . .	199
	17.3 Absorption von $\gamma$ -Quanten . . . . .	201
	17.4 Der radioaktive Zerfall von Atomkernen . . . . .	203
	Übungsaufgaben . . . . .	209
<b>18</b>	<b>Wahrscheinlichkeitsrechnung in der Physik</b> . . . . .	211
	18.1 Mathematische Wahrscheinlichkeit . . . . .	212
	18.2 Wahrscheinlichkeitsverteilungen . . . . .	214
	18.3 Die statistische Intervallverteilung . . . . .	218
	18.4 Ein Anwendungsbeispiel: Die Rutherford'sche Streuformel . . . . .	219
	Übungsaufgaben . . . . .	221
<b>19</b>	<b>Kernreaktionen und Neutronen</b> . . . . .	223
	19.1 Beispiele für Kernreaktionen . . . . .	224
	19.2 Erzeugung und Nachweis von Neutronen . . . . .	225
	19.3 Thermische Neutronen . . . . .	225
	19.4 Kernspaltung und Kernreaktoren . . . . .	226
	19.5 Kernreaktionen bei hohen Energien . . . . .	228
	Übungsaufgaben . . . . .	230

<b>20</b>	<b>Strahlendosis und Strahlenschutz</b> . . . . .	231
	20.1 Einheiten . . . . .	232
	20.2 Natürliche und zivilisationsbedingte Strahlenbelastung . . . . .	233
	20.3 Strahlenwirkung und Strahlenschutz . . . . .	233
	Übungsaufgaben . . . . .	235
<b>Teil III Anhang und Lösungen</b>		
<b>21</b>	<b>Mathematischer Anhang</b> . . . . .	239
	21.1 Geometrie und Algebra . . . . .	241
	21.2 Funktionen . . . . .	247
	21.3 Differentialrechnung . . . . .	252
	21.4 Integralrechnung . . . . .	255
	21.5 Differential- und Integralrechnung bei mehreren Variablen . . . . .	257
	21.6 Vektorrechnung . . . . .	261
	21.7 Vektoranalysis . . . . .	266
	21.8 Komplexe Zahlen . . . . .	271
<b>22</b>	<b>Lösungen der Übungsaufgaben</b> . . . . .	275
	<b>Abbildungsnachweise</b> . . . . .	299
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	301