

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	9
1.1	Womit sich die Physik beschäftigt	9
1.2	Messen einer Größe	9
1.2.1	Zeit, Zeitdauer	9
1.2.2	Länge	10
1.2.3	Materie, Masse	10
1.3	Die physikalische Größe	12
1.4	Dimension	12
1.5	Messfehler	13
1.5.1	Mittelwert $\bar{x}$	13
1.5.2	Die Varianz $s^2$	13
1.5.3	Fehler des Mittelwertes $\Delta\bar{x}$	14
1.5.4	Fehlerfortpflanzung	14
1.5.5	Gültige Ziffern	16
1.6	Skalare, Vektoren	16
1.6.1	Vektoraddition	17
1.6.2	Multiplikation mit einer Zahl	19
1.6.3	Das Skalarprodukt	19
1.6.4	Einheitsvektoren	20
<b>2</b>	<b>1D-Bewegung</b>	21
2.1	Ortsvektor $\vec{r}$	21
2.2	Geschwindigkeit $v$	22
2.3	Beschleunigung $a$	23
2.3.1	Konstante Beschleunigung	24
2.4	Elimination der Zeit $t$	25
2.5	Nicht konstante Beschleunigung	25
<b>3</b>	<b>2D-Bewegung</b>	27
3.1	Verschiebungsvektor $\Delta\vec{r}$	27
3.2	Geschwindigkeit	27
3.3	Beschleunigung	28
3.3.1	Konstante Beschleunigung	29
3.3.2	Bogen	30
3.3.3	Winkelgeschwindigkeit	31
3.3.4	Kreisfrequenz	31
3.3.5	Winkelbeschleunigung	31
3.4	Konstante Winkelgeschwindigkeit	32
3.4.1	Radialbeschleunigung $a_r$	32
3.5	Konstante Winkelbeschleunigung	33
<b>4</b>	<b>Newton'sche Mechanik</b>	35
4.1	Erstes Newtonsches Axiom	35
4.2	Zweites Newtonsches Axiom	35
4.2.1	Impuls $\vec{p}$	35
4.3	Drittes Newtonsches Axiom	37
4.4	Reibung	39
<b>5</b>	<b>Kräfte in rotierenden Koordinatensysteme</b>	41
5.1	Geschwindigkeit	41
5.2	Beschleunigung	43
5.2.1	Corioliskraft	43
5.2.2	Zentrifugalkraft	43
<b>6</b>	<b>Das Gravitationsgesetz</b>	45
6.1	Die Gravitationskraft $F_G$	45
6.2	Das Gravitationsfeld $\vec{E}_G$	46
6.3	Bemerkung zu den Kräften	47
<b>7</b>	<b>Arbeit, Energie, Leistung</b>	49
7.1	Arbeit	49
7.2	Kinetische Energie $E_K$	51
7.3	Potentielle Energie $E_P$	51
7.4	Leistung $P$	53
<b>8</b>	<b>Starre Körper</b>	55
8.1	Der Masseschwerpunkt $\vec{r}_{cm}$	55
8.2	$\vec{v}_{cm}$ und $\vec{a}_{cm}$	56
8.3	Der Schwerpunktimpuls $\vec{p}_{cm}$	57

8.4	Impulserhaltung . . . . .	57	10.1.9	Wellengleichung . . . . .	88
8.4.1	Elastischer Stoß . . . . .	58	10.1.10	Stehende Welle . . . . .	89
8.4.2	Eindimensionaler Stoß . . . . .	58	<hr/>		
8.4.3	Zweidimensionaler Stoß . . . . .	58	<b>11</b>	<b>Thermodynamik</b>	91
8.5	Trägheitsmoment $J$ . . . . .	59	11.1	Die Zustandsgrößen $p, V, T$ . . .	93
8.6	Steinerscher Satz . . . . .	62	11.2	Zustandsgleichung idealer Gase . . .	93
8.6.1	Rollen . . . . .	62	11.2.1	Gesetz von Boyle und Mariotte . . .	94
8.7	Drehmoment $\vec{M}$ . . . . .	63	11.2.2	Gesetze von Gay-Lussac . . . . .	95
8.7.1	Hebel . . . . .	63	11.3	Zustandsdiagramme . . . . .	96
8.7.2	Arbeit bei Rotationsbewegungen	66	11.4	Dampf-Druck-Kurve . . . . .	97
8.7.3	Leistung und Drehmoment . . .	66	11.5	Spezifische Wärme . . . . .	99
8.7.4	Getriebe, Drehmomentwandler .	66	11.6	Thermodynamische Prozesse . . . . .	101
8.8	Der Drehimpuls $l$ . . . . .	67	11.7	Wärme und Volumenarbeit . . . . .	101
8.8.1	Gesamtdrehimpuls $L$ . . . . .	68	11.7.1	Wärme $\Delta Q$ . . . . .	101
8.8.2	Drehimpuls eines starren Körpers	69	11.7.2	Volumenarbeit $\Delta W$ . . . . .	102
8.8.3	Eingespannte Achsen . . . . .	70	11.8	1. Hauptsatz der Thermodynamik	104
<b>9</b>	<b>Schwingungen</b>	71	11.9	Kreisprozesse . . . . .	105
9.1	Schwingungen . . . . .	71	11.10	Wärmekraftmaschine, WKM . . . . .	106
9.1.1	Amplitude $A$ und Phase $\varphi$ . . .	73	11.11	Die Wärmepumpe . . . . .	107
9.1.2	Kinetische und potentielle Energie . . . . .	73	11.12	Carnot Prozess . . . . .	108
9.2	Mathematisches Pendel . . . . .	74	11.13	Begriff der Entropie $S$ . . . . .	109
9.3	Physikalisches Pendel . . . . .	75	<hr/>		
9.4	Gedämpfter harmonischer Oszillator . . . . .	76	<b>12</b>	<b>Elektrische Ladung, <math>E</math>-Feld</b>	113
9.4.1	Die unterkritische Dämpfung . . .	76	12.1	Elektrische Ladung . . . . .	113
9.4.2	Die überkritische Dämpfung . . .	77	12.2	Coulombkraft $\vec{F}_{el}$ . . . . .	113
9.4.3	Die kritische Dämpfung . . . . .	77	12.3	Elektrische Induktion . . . . .	114
9.4.4	Getriebenes Pendel, Resonanz . .	77	12.4	Das Elektrische Feld $\vec{E}$ . . . . .	114
9.5	Schwebung . . . . .	80	12.5	Elektrischer Fluss . . . . .	116
<b>10</b>	<b>Wellen</b>	81	12.6	Elektrostatische Abschirmung . . . . .	117
10.1	Welleneigenschaften . . . . .	82	12.7	Arbeit im $E$ -Feld, Potential $U$ . . .	117
10.1.1	Periode $T$ , Wellenlänge $\lambda$ . . .	82	12.8	Gradient des Potential, Feldstärke . . . . .	118
10.1.2	Beugung . . . . .	83	12.9	Äquipotentialflächen . . . . .	119
10.1.3	Interferenz . . . . .	83	<hr/>		
10.1.4	Brechung . . . . .	84	<b>13</b>	<b>Leitungsstrom</b>	121
10.1.5	Reflexion . . . . .	85	13.1	Driftgeschwindigkeit $v_d$ . . . . .	121
10.1.6	Wellenargument . . . . .	85	13.2	Elektrischer Strom $I$ . . . . .	121
10.1.7	Gruppen- und Phasengeschwindigkeit $v_g, v_p$ . . . . .	86	13.3	Stromdichte $j$ . . . . .	122
10.1.8	Harmonische Welle . . . . .	87	13.4	Widerstand $R$ , Ohmsches Gesetz	122

<b>14</b>	<b>Elektronenwellen</b>	129
14.1	Elektronenwellen	129
14.2	1D- Potentialtopf, $V = \infty$	131
14.3	Die Schrödinger-Gleichung	132
14.4	Kastenpotential	133
14.5	Tunneleffekt	135
14.6	3d-Potentialtopf	136
14.7	Zustandsdichte $g(E)$	138
14.8	Die Fermi-Verteilung $f(E)$	139
<b>15</b>	<b>Halbleiter</b>	141
15.1	Halbleiter	141
15.1.1	Eigenleitung	142
15.1.2	Rekombination	143
15.1.3	Dotierung	143
15.1.4	$pn$ -Schicht	145
15.1.5	Diode als Gleichrichter	145
<b>16</b>	<b>Magnetismus</b>	147
16.1	Die Induktionsflussdichte $\vec{B}$	148
16.2	Die Lorentzkraft $\vec{F}_L$	148
16.2.1	Kraft auf Leiter	148
16.3	Das magnetische Moment	149
16.3.1	Drehmoment auf Leiterschleife	150
16.3.2	Drehmoment auf Stabmagnet	151
16.4	Das Gesetz von Biot-Savart	151
16.5	Das Magnetfeld $\vec{H}$	152
16.6	Atomare magnetische Momente	152
16.7	Die Magnetisierung $\vec{M}$	155
16.7.1	Paramagnete ( $\mu_r > 1$ )	157
16.7.2	Diamagnete ( $\mu_r < 1$ )	157
16.7.3	Ferromagnete ( $\mu_r \gg 1$ )	157
16.8	Hysterese	158
<b>17</b>	<b>Aufbau der Materie, Kristalle</b>	
161		
17.1	Das interatomare Potential	163
17.2	Die atomaren Bindungsarten	164
17.2.1	Ionische Bindung	164
17.2.2	Kovalente Bindung (Atombindung)	164
17.2.3	Metallische Bindung	165
17.2.4	Van-der-Waals Bindung	165
17.3	Kristallstruktur	165
17.4	Millersche Indizes ( $hkl$ )	167
17.5	Kristallfehler	168
17.5.1	Punktfehler	168
17.5.2	Linienfehler	169
17.5.3	Flächenfehler	170
<b>18</b>	<b>Module der Festkörper</b>	171
18.1	Elastizitätsmodul $E$	171
18.1.1	Polymere	174
18.2	Poissonzahl $\mu$	174
18.3	Volumenänderung	175
18.4	Hydrostatische Kompression	175
<b>19</b>	<b>Druck und Strömung</b>	177
19.1	Statischer Druck in Flüssigkeiten	177
19.2	Auftrieb	177
19.3	Strömung	178
19.3.1	Bernoulli Gleichung	180
<b>20</b>	<b>Geometrische Optik</b>	183
20.1	Reflexion	183
20.2	Gekrümmte Spiegel	184
20.3	Hohlspiegel	184
20.4	Konvexer Spiegel	186
20.5	Das Brechungsgesetz	187
20.6	Dispersion	188
20.7	Totalreflexion	189
20.8	Linsen	189
20.9	Sammellinsen	190
20.9.1	Lupe	191
20.10	Zerstreuungslinse	192
20.11	Mikroskop	193
20.12	Kepplersches Fernrohr	194
<b>21</b>	<b>Relativität</b>	195
21.1	Die Raumzeit	195
21.1.1	Gleichzeitigkeit	198
21.1.2	Zeitdehnung (Zeitdilatation)	199
21.1.3	Uhren im Gravitationsfeld	200
21.1.4	Längenkontraktion	201
21.1.5	Dynamische Masse	201
21.1.6	Relativistische Energie	202

<b>22</b>	<b><u>Spezielle Themen</u></b>	<b>203</b>
22.1	Radioaktivität . . . . .	203
22.1.1	Alphazerfall . . . . .	203
22.1.2	Betazerfall . . . . .	203
22.1.3	Gammastrahlung . . . . .	204
22.1.4	Kernspaltung . . . . .	204
22.1.5	Ionisation . . . . .	204
22.1.6	Halbwertszeit . . . . .	205
<b>23</b>	<b><u>Anhang-A</u></b>	<b>207</b>