

# **Grundwissen Experimentalphysik**

Von Prof. Dr. Dr. h.c. Harry Pfeifer  
und Prof. Dr. Herbert Schmiedel  
Universität Leipzig



B. G. Teubner Verlagsgesellschaft  
Stuttgart · Leipzig 1997

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Physikalische Größen und ihre Messung</b>	<b>9</b>
1.1	Physikalische Größen	9
1.2	Das SI (Système International d'Unités)	10
1.3	Messfehler	12
<b>2</b>	<b>Mechanik der Massenpunkte</b>	<b>15</b>
2.1	Eindimensionale Bewegungen	15
2.2	Mehrdimensionale Bewegungen	17
	Der schiefe Wurf	17
	Die Kreisbewegung	18
2.3	Kraft und Masse	20
	Die drei Newton'schen Axiome	20
	Schwere und träge Masse	22
	Das Pendel	23
2.4	Impuls und Energie	27
	Der Impulssatz	27
	Der Energiesatz	28
	Raketenbewegung	31
	Der unelastische und der elastische Stoß	32
2.5	Reibung	35
	Reibung auf einer Unterlage	35
	Reibung in einem Medium	38
2.6	Gravitation	40
	Das Newton'sche Gravitationsgesetz	40
	Die Kepler'schen Gesetze	42
	Die kosmischen Geschwindigkeiten, die Gezeiten	44
2.7	Trägheitskräfte	45
<b>3</b>	<b>Mechanik der starren Körper</b>	<b>48</b>
3.1	Ruhende starre Körper	48
3.2	Drehbewegungen	50
	Punktmassen	50
	Starre Körper	51
3.3	Der Kreisel	57
<b>4</b>	<b>Mechanik der deformierbaren Körper</b>	<b>59</b>
4.1	Ruhende Fluide (Flüssigkeiten und Gase)	60
	Der Schweredruck inkompressibler Fluide (Flüssigkeiten)	62
	Der Schweredruck idealer Gase	65
4.2	Oberflächen- und Grenzflächenspannung	67

	Oberflächenspannung - - - - -	67
	Grenzflächenspannung - - - - -	70
4.3	Strömungen - - - - -	72
	Strömungen reibungsfreier Fluide - - - - -	74
	Strömungen realer Fluide - - - - -	77
4.4	Deformation von Festkörpern - - - - -	82
<b>5</b>	<b>Schwingungen und Wellen - - - - -</b>	<b>85</b>
5.1	Schwingungen - - - - -	85
	Freie Schwingungen des linearen Oszillators - - - - -	86
	Erzwungene Schwingungen des linearen Oszillators - - - - -	88
	Überlagerung von Schwingungen - - - - -	90
5.2	Wellen - - - - -	92
5.3	Wellenausbreitung - - - - -	97
	Stehende Wellen - - - - -	97
	Der Doppler-Effekt - - - - -	99
5.4	Schallwellen ( Akustik ) - - - - -	101
	Größen des Schallfeldes - - - - -	102
	Die Lautstärke - - - - -	103
<b>6</b>	<b>Die Zustandsgleichung idealer Gase - - - - -</b>	<b>106</b>
6.1	Ableitung der Zustandsgleichung, das Gleichverteilungsgesetz - - - - -	106
6.2	Spezialfälle der Zustandsgleichung, die Wärmeausdehnung - - - - -	109
6.3	Die Boltzmann-Verteilung - - - - -	110
<b>7</b>	<b>Wärmekapazitäten - - - - -</b>	<b>112</b>
<b>8</b>	<b>Der erste Hauptsatz der Wärmelehre - - - - -</b>	<b>116</b>
<b>9</b>	<b>Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre - - - - -</b>	<b>121</b>
9.1	Der Carnot'sche Kreisprozess - - - - -	121
9.2	Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre - - - - -	127
<b>10</b>	<b>Die Entropie - - - - -</b>	<b>129</b>
10.1	Definition und Eigenschaften der Entropie - - - - -	129
10.2	Die Entropie des idealen Gases - - - - -	131
10.3	Entropie und Wahrscheinlichkeit - - - - -	132
10.4	Entropie und Zeitumkehr - - - - -	133
<b>11</b>	<b>Thermodynamische Potentiale und der dritte Hauptsatz der Wärmelehre - - - - -</b>	<b>135</b>
11.1	Thermodynamische Potentiale - - - - -	135

11.2	Der dritte Hauptsatz der Wärmelehre - - - - -	137
<b>12</b>	<b>Wärmeleitung und Diffusion - - - - -</b>	<b>139</b>
12.1	Die Wärmeleitungsgleichungen - - - - -	140
12.2	Die Diffusionsgleichungen - - - - -	143
12.3	Wärmeleitung und Selbstdiffusion in Gasen - - - - -	146
<b>13</b>	<b>Dämpfe und reale Gase - - - - -</b>	<b>148</b>
13.1	Van-der-Waals'sche Gleichung, Virialentwicklung - - - - -	148
13.2	Der Joule-Thomson-Effekt - - - - -	153
13.3	Hygrometrie - - - - -	155
<b>14</b>	<b>Koexistenz und Übergänge bei Aggregatzuständen - - - - -</b>	<b>157</b>
14.1	Flüssigkeit und Dampf - - - - -	157
14.2	Festkörper und Flüssigkeit - - - - -	159
14.3	Festkörper, Flüssigkeit und Dampf - - - - -	161
<b>15</b>	<b>Lösungen, osmotischer Druck - - - - -</b>	<b>164</b>
<b>16</b>	<b>Elektrische Gleichfelder (Elektrostatik) - - - - -</b>	<b>167</b>
16.1	Elektrische Ladungen - - - - -	167
16.2	Elektrische Feldstärke, elektrisches Potential, elektrische Spannung - - - - -	169
16.3	Leiter im elektrischen Feld - - - - -	171
16.4	Kapazität, Energiedichte des elektrischen Feldes - - - - -	173
16.5	Elektrischer Dipol - - - - -	178
16.6	Dielektrika - - - - -	180
<b>17</b>	<b>Elektrische Gleichströme - - - - -</b>	<b>187</b>
17.1	Grundbegriffe, Ohm'sches Gesetz, Kirchhoff'sche Regeln - - - - -	187
17.2	Anwendungen - - - - -	191
17.3	Elektrische Leistung - - - - -	194
<b>18</b>	<b>Magnetfelder - - - - -</b>	<b>195</b>
18.1	Das Biot-Savart'sche Gesetz und die Berechnung von Magnetfeldern - - - - -	195
18.2	Messung von Magnetfeldern, das magnetische Erdfeld - - - - -	200
18.3	Induktion - - - - -	204
	Das Induktionsgesetz - - - - -	204
	Die Lorentz-Kraft - - - - -	206
	Selbstinduktion - - - - -	212
18.4	Magnetostatik - - - - -	215

<b>19</b>	<b>Mechanismen der Elektrizitätsleitung</b> - - - - -	223
19.1	Metalle - - - - -	223
	Existenz und Beweglichkeit freier Elektronen in Metallen - - - - -	223
	Abhängigkeit des Widerstands von äußeren Parametern - - - - -	226
19.2	Elektrolyte - - - - -	230
	Grundlagen, die Faraday'schen Gesetze - - - - -	230
	Die Leitfähigkeit von Elektrolyten - - - - -	232
19.3	Galvani'sche Elemente - - - - -	236
19.4	Freie Elektronen - - - - -	241
19.5	Gasentladungen, Plasma - - - - -	245
	Gasentladungen - - - - -	245
	Plasma - - - - -	252
<b>20</b>	<b>Elektrische Wechselströme und elektromagnetische Wellen</b> - - - - -	254
20.1	Elektrische Wechselströme - - - - -	254
	Grundlagen - - - - -	254
	Elektrische Schwingkreise - - - - -	259
	Nichtlineare Theorie elektrischer Schwingungen - - - - -	266
	Der Transformator - - - - -	269
20.2	Elektromagnetische Wellen - - - - -	272
	Die Maxwell'schen Gleichungen - - - - -	272
	Die Entstehung elektromagnetischer Wellen - - - - -	275
	Das elektromagnetische Spektrum, die Lichtgeschwindigkeit - - - - -	284
	Die spezielle Relativitätstheorie - - - - -	287
<b>21</b>	<b>Geometrische Optik</b> - - - - -	293
21.1	Reflexion und Brechung - - - - -	293
	Reflexion - - - - -	294
	Brechung - - - - -	299
	Atomistische Deutung der Dispersion - - - - -	307
21.2	Optische Instrumente - - - - -	311
<b>22</b>	<b>Wellenoptik</b> - - - - -	323
22.1	Kohärenz - - - - -	323
22.2	Interferenz - - - - -	326
22.3	Interferenz inkohärenter Strahlungsquellen - - - - -	328
22.4	Zwei- und dreidimensionale Gitter - - - - -	329
	Optische Gitter (2-dimensionale Gitter) - - - - -	329
	Kristallgitter (3-dimensionale Gitter) - - - - -	334
22.5	Der Spalt - - - - -	338
22.6	Auflösungsvermögen optischer Geräte - - - - -	340
	Spektrales Auflösungsvermögen - - - - -	340

	Räumliches Auflösungsvermögen - - - - -	346
22.7	Das Huygens'sche Prinzip - - - - -	350
22.8	Holografie - - - - -	354
<b>23</b>	<b>Polarisation des Lichtes - - - - -</b>	<b>356</b>
23.1	Die Fresnel'schen Formeln - - - - -	357
23.2	Natürliche Doppelbrechung - - - - -	362
23.3	Zirkular und elliptisch polarisiertes Licht - - - - -	368
23.4	Künstliche Doppelbrechung - - - - -	370
23.5	Optische Aktivität - - - - -	372
	Drehung der Polarisationsebene - - - - -	372
	Nichtreziproke Bauelemente - - - - -	376
	Klassische Interpretation der Verdet'schen Konstanten und des Zeeman-Effektes - - - - -	378
<b>24</b>	<b>Absorption und Streuung - - - - -</b>	<b>381</b>
24.1	Absorption - - - - -	381
24.2	Streuung an isolierten Teilchen - - - - -	385
24.3	Streuung in kondensierter Materie - - - - -	387
<b>25</b>	<b>Wärmestrahlung - - - - -</b>	<b>391</b>
25.1	Grundbegriffe, Photometrie - - - - -	391
25.2	Strahlungsformeln - - - - -	398
25.3	Pyrometrie / Farben - - - - -	406
<b>26</b>	<b>Welle-Teilchen-Dualismus - - - - -</b>	<b>410</b>
26.1	Das Photon - - - - -	410
	Eigenschaften des Photons - - - - -	410
	Anwendungen - - - - -	411
26.2	Materiewellen - - - - -	416
26.3	Quantenmechanik - - - - -	418
	Axiome der Quantenmechanik - - - - -	418
	Kräftefreie Teilchen - - - - -	420
	Teilchen im Kasten - - - - -	423
	Der Tunneleffekt - - - - -	426
<b>27</b>	<b>Atome, Moleküle und Festkörper - - - - -</b>	<b>429</b>
27.1	Das Wasserstoffatom - - - - -	429
	Die Schrödinger-Gleichung - - - - -	429
	Diskussion der Lösungen - - - - -	435
	Das Bohr'sche Atommodell und das Korrespondenzprinzip - - - - -	438

	Der Drehimpuls der Elektronenbahnbewegung - - - - -	440
	Der Eigendrehimpuls des Elektrons und der Atomkerne - - - - -	442
27.2	Atombau und Atomspektren - - - - -	454
	Das Pauli-Verbot und der Bau der Atome - - - - -	454
	Atomspektren - - - - -	457
27.3	Moleküle - - - - -	464
	Heteropolare und homöopolare Bindung - - - - -	464
	Molekülspektren - - - - -	470
27.4	Festkörper - - - - -	479
	Das Bändermodell - - - - -	480
	Boltzmann-, Bose- und Fermi-Statistik - - - - -	485
	Elektronen und Defektelektronen - - - - -	489
	Elektrizitätsleitung durch Grenzflächen - - - - -	499
	Transistoren - - - - -	510
<b>28</b>	<b>Der Atomkern - - - - -</b>	<b>512</b>
28.1	Kernstruktur - - - - -	512
28.2	Radioaktivität - - - - -	515
	Der $\alpha$ -Zerfall - - - - -	517
	Die $\beta$ -Zerfälle - - - - -	519
	Die $\gamma$ -Strahlung - - - - -	522
	Strahlendosimetrie - - - - -	522
28.3	Kernreaktionen - - - - -	525
	Kernspaltung - - - - -	527
	Kernfusion - - - - -	529
<b>29</b>	<b>Elementarteilchen - - - - -</b>	<b>530</b>
29.1	Entdeckung neuer Teilchen - - - - -	530
29.2	Eigenschaften und Klassifikation der Elementarteilchen - - - - -	539
	<b>Anhang - - - - -</b>	<b>548</b>
A 1	Konstanten der Experimentalphysik - - - - -	548
A 2	Abgeleitete Einheiten des SI mit besonderen Namen - - - - -	551
A 3	Definition von Einheiten, die nicht zum SI gehören - - - - -	552
A 4	Periodisches System der Elemente - - - - -	556
A 5	Elektronenkonfiguration der neutralen Atome im Grundzustand - - - - -	558
A 6	Einige mathematische Formeln - - - - -	560
A 7	Redewendungen bei Veröffentlichungen in englischer Sprache - - - - -	564
A 8	Literatur - - - - -	568
	<b>Sachverzeichnis - - - - -</b>	<b>571</b>
	<b>Näherungswerte für physikalische Konstanten und Energieumrechnungen - 610</b>	