

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINSTIEG	2.3	Arbeit, Energie und Leistung	33
1.1	Motivation	1	Mechanische Arbeit	33
1.2	Physikalische Größen	1	Potenzielle Energie	34
1.3	Maßsystem und Standards	2	Kinetische Energie	35
1.4	Größenordnungen	5	Energieerhaltungssatz der Mechanik	35
1.5	Messgenauigkeit	7	Stoßgesetze	36
1.6	Vektoren und Koordinaten	9	Leistung und Wirkungsgrad	38
<i>Zusammenfassung: Einstieg</i>		12	<i>Zusammenfassung: Arbeit, Energie und Leistung</i>	39
<i>Testfragen zu Kapitel 1</i>		12		
<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 1</i>		13		
2	MECHANIK	2.4	Kinematik und Dynamik der Kreisbewegung	40
2.1	Kinematik	14	2.4.1 Grundbegriffe der Kreisbewegung ..	40
2.1.1	Eindimensionale Bewegungen	14	2.4.2 Radialbeschleunigung	41
2.1.1.1	Geschwindigkeit	14	2.4.3 Radialkräfte	43
2.1.1.2	Beschleunigung	16	2.4.4 CORIOLIS-Beschleunigung und -Kraft ..	44
2.1.1.3	Bewegungsgleichung	17	<i>Zusammenfassung: Kreisbewegung</i>	47
2.1.1.4	Der freie Fall	18	2.5 Rotation starrer Körper	47
2.1.2	Bewegungen in zwei und drei Dimensionen	19	2.5.1 Drehmoment	47
2.1.2.1	Überlagerung eindimensionaler Bewegungen	20	2.5.2 Schwerpunkt, Gleichgewicht und Statik	49
2.1.2.2	Bezugssysteme und Transformationen	22	2.5.3 Trägheitsmoment	51
<i>Zusammenfassung: Kinematik</i>		23	2.5.4 Rotationsenergie und Drehimpuls ..	53
2.2	Dynamik	2.6	<i>Zusammenfassung: Rotation starrer Körper</i> ...	55
2.2.1	NEWTONsche Axiome	23	Schwingungen und Wellen	55
2.2.1.1	Trägheitsgesetz	24	2.6.1 Freie ungedämpfte Schwingungen ..	56
2.2.1.2	Aktionsgesetz	24	2.6.2 Freie gedämpfte Schwingungen	59
2.2.1.3	Reaktionsgesetz	25	2.6.3 Erzwungene Schwingungen	60
2.2.2	Folgerungen aus den NEWTONschen Axiomen	26	2.6.4 Überlagerung von Schwingungen ..	62
2.2.2.1	Kraft und Impuls	26	2.6.4.1 Räumliche Überlagerung	62
2.2.2.2	Abgeschlossenes System und Impulserhaltungssatz	26	2.6.4.2 Zeitliche Überlagerung	64
2.2.3	Mechanische Kräfte	28	2.6.4.3 Gekoppelte Schwingungen	65
2.2.3.1	Trägheitskraft	28	2.6.5 Harmonische Wellen	66
2.2.3.2	Gewichtskraft	28	<i>Zusammenfassung: Schwingungen und Wellen</i> ..	68
2.2.3.3	Federkraft und Hooke'sches Gesetz ..	31	2.7 Gravitation und Himmelsmechanik	69
2.2.3.4	Reibungskraft	31	2.7.1 KEPLERSche Gesetze	69
<i>Zusammenfassung: Dynamik</i>		32	2.7.2 NEWTONsches Gravitationsgesetz ..	71
			2.7.3 Gravitationsfeld	73
			2.7.4 Ergebnisse der EINSTEINSchen Relativitätstheorien	75
			2.7.4.1 Spezielle Relativitätstheorie	75

X INHALTSVERZEICHNIS

2.7.4.2 Allgemeine Relativitätstheorie	78	3.4.3 Zustandsänderungen	125
<i>Zusammenfassung:</i>		3.4.3.1 Isotherme Zustandsänderung	125
<i>Gravitation und Himmelsmechanik</i>	80	3.4.3.2 Isochore Zustandsänderung	126
2.8 Flüssigkeiten und Gase	80	3.4.3.3 Isobare Zustandsänderung	127
2.8.1 Druck	80	3.4.3.4 Adiabatische Zustandsänderung ...	128
2.8.1.1 Kolbendruck	80	<i>Zusammenfassung: Zustandsänderungen</i>	
2.8.1.2 Schweredruck	81	<i>und erster Hauptsatz</i>	130
2.8.1.3 Luftdruck	82	3.5 Kreisprozesse und	
2.8.1.4 Auftrieb	83	zweiter Hauptsatz	130
2.8.2 Oberflächenspannung	85	3.5.1 Kreisprozess von CARNOT	131
2.8.3 Strömungen	85	3.5.2 Reversibilität und Wirkungsgrad ...	133
2.8.3.1 Reibungsfreie Strömungen	85	3.5.3 Kreisprozesse bei Motoren	135
2.8.3.2 Viskose Strömungen	87	3.5.4 Zweiter Hauptsatz	136
<i>Zusammenfassung: Flüssigkeiten und Gase</i>	90	3.5.5 Entropie	137
<i>Testfragen zu Kapitel 2</i>	90	<i>Zusammenfassung:</i>	
<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 2</i>	91	<i>Kreisprozesse und zweiter Hauptsatz</i>	141
3 THERMODYNAMIK		<i>Testfragen zu Kapitel 3</i>	142
3.1 Temperatur	96	<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 3</i>	143
3.1.1 Skalen und Fixpunkte	96	4 ELEKTRIZITÄT UND	
3.1.2 Thermische Ausdehnung	98	MAGNETISMUS	
3.1.3 Temperaturmessung	100	4.1 Elektrostatik	145
<i>Zusammenfassung: Temperatur</i>	102	4.1.1 Elektrische Ladungen und	
3.2 Wärme	102	die COULOMB-Kraft	145
3.2.1 Wärmekapazität	102	4.1.2 Elektrisches Feld	148
3.2.2 Aggregatzustände	103	4.1.3 Potenzial und Spannung	150
3.2.3 Wärmetransport	108	4.1.4 Kondensator und Kapazität	152
3.2.3.1 Konvektion	108	4.1.4.1 Plattenkondensator	153
3.2.3.2 Wärmeleitung	109	4.1.4.2 Dielektrikum im Kondensator	154
3.2.3.3 Wärmestrahlung	111	4.1.4.3 Kondensator als Energiespeicher ...	156
<i>Zusammenfassung: Wärme</i>	115	<i>Zusammenfassung: Elektrostatik</i>	157
3.3 Ideale Gase	116	4.2 Strom und Widerstand	158
3.3.1 Molare Größen	116	4.2.1 Stromstärke und Stromdichte	158
3.3.2 Zustandsgleichung	117	4.2.2 Widerstand	159
3.3.3 Kinetische Gastheorie	119	4.2.3 Stromkreise und	
3.3.3.1 Druck	119	Stromverzweigungen	163
3.3.3.2 Temperatur und Energie	121	<i>Zusammenfassung: Strom und Widerstand</i>	168
3.3.3.3 MAXWELLSche Geschwindigkeits- verteilung und BOLTZMANN-Faktor ...	121	4.3 Magnetfeld	169
<i>Zusammenfassung: Ideale Gase</i>	123	4.3.1 Magnetische Phänomene	169
3.4 Zustandsänderungen und erster Hauptsatz	123	4.3.2 Strom und Magnetfeld	170
3.4.1 Volumenänderungsarbeit	123	4.3.3 Materie im Magnetfeld	173
3.4.2 Erster Hauptsatz	124	4.3.4 Strom und magnetische Kraft	175
		4.3.5 LORENTZ-Kraft	177
		<i>Zusammenfassung: Magnetfeld</i>	181

4.4	Elektromagnetische Induktion	181	5	OPTIK
4.4.1	Induktion durch Bewegung	181	5.1	Grundlagen der Strahlenoptik
4.4.2	Induktionsgesetz	182	5.1.1	Lichtausbreitung
4.4.3	LENZsche Regel	183	5.1.2	Reflexion
4.4.4	Selbstinduktion	185	5.1.3	Brechung und Totalreflexion
4.4.5	Energie des Magnetfeldes	186	<i>Zusammenfassung:</i>	
	<i>Elektromagnetische Induktion</i>			<i>Grundlagen der Strahlenoptik</i>
				223
4.5	Wechselstrom	188	5.2	Strahlenoptische Abbildungen
4.5.1	Generator und Transformator	188	5.2.1	Eigenschaften von Linsen
4.5.2	Wechselstromwiderstand	190	5.2.2	Abbildungen mit Linsen
4.5.3	Phasenbeziehungen im Wechselstromkreis	193	5.2.3	Linsensysteme und Abbildungsfehler
	<i>Zusammenfassung: Wechselstrom</i>			238
			<i>Zusammenfassung:</i>	
				<i>Strahlenoptische Abbildungen</i>
				239
4.6	Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	196	5.3	Strahlenoptische Instrumente
4.6.1	Schwingkreis	196	5.3.1	Kamera und Auge
4.6.2	MAXWELLSche Gleichungen	198	5.3.2	Fernrohre
4.6.3	Elektromagnetische Wellen	200	5.3.3	Mikroskop
4.6.3.1	Abstrahlung	200	<i>Zusammenfassung:</i>	
4.6.3.2	Ausbreitung	201	<i>Strahlenoptische Instrumente</i>	
4.6.3.3	Eigenschaften	202		246
	<i>Zusammenfassung:</i>			
	<i>Elektromagnetische Schwingungen und Wellen</i>			
			5.4	Grundlagen der Wellenoptik
4.7	Grundlagen der Elektronik	205	5.4.1	Interferenz und Kohärenz
4.7.1	Elektronen im Vakuum	205	5.4.2	Wellenausbreitung
4.7.1.1	Glühelektrischer Effekt	206	5.4.3	Beugung
4.7.1.2	Beschleunigung im elektrischen Feld	207	<i>Zusammenfassung:</i>	
4.7.1.3	Ablenkung im magnetischen Feld	209	<i>Grundlagen der Wellenoptik</i>	
4.7.2	Elektronen in Gasen	209		252
4.7.3	Ladungen in Flüssigkeiten	210	5.5	Anwendungen der Wellenoptik
4.7.4	Elektronen in Metallen	213	5.5.1	Beugungsbegrenztes Auflösungsvermögen
4.7.5	Ladungsträger in Halbleitern	214	5.5.2	Beugungsgitter
4.7.5.1	Eigenleitung	214	5.5.3	Holografie
4.7.5.2	Störstellenleitung	215	5.5.4	Interferometrie
4.7.5.3	pn-Übergang	215	<i>Zusammenfassung:</i>	
4.7.5.4	Halbleiterdioden	217	<i>Anwendungen der Wellenoptik</i>	
4.7.5.5	Transistoren	218		260
	<i>Zusammenfassung: Grundlagen der Elektronik</i>		5.6	Polarisationsoptik
			5.6.1	Grundbegriffe
			5.6.2	Erzeugung polarisierten Lichtes
			5.6.3	Anwendungen polarisierten Lichtes
			<i>Zusammenfassung: Polarisationsoptik</i>	
				265
	<i>Testfragen zu Kapitel 4</i>		<i>Testfragen zu Kapitel 5</i>	
				265
	<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 4</i>		<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 5</i>	
				266

XII INHALTSVERZEICHNIS

6	QUANTEN UND ATOME	6.4	Festkörper	301
6.1	Welle-Teilchen-Dualismus	269	6.4.1 Bindung und Struktur	301
6.1.1	Quantenoptik	269	6.4.2 Bändermodell	303
6.1.1.1	Fotoeffekt	269	6.4.3 FERMI -Energie	304
6.1.1.2	Eigenschaften von Photonen	272	6.4.4 Elektronen- und Löcherleitung	305
6.1.1.3	COMPTON-Effekt	273	6.4.5 Halbleiter-Bauelemente	307
6.1.2	Materiewellen	274	<i>Zusammenfassung: Festkörper</i>	309
6.1.3	HEISENBERGSche Unschärferelation ..	275	6.5	Atomkern
	<i>Zusammenfassung: Welle-Teilchen-Dualismus</i> ..	278	6.5.1 Nukleonen	310
6.2	Atomhülle	278	6.5.2 Masse und Massendefekt	312
6.2.1	RUTHERFORDsches Planetenmodell ...	278	6.5.3 Radioaktivität	314
6.2.2	BOHRsches Atommodell	279	6.5.3.1 Strahlungen	314
6.2.3	Quantenzahlen und das PAULI-Prinzip	281	6.5.3.2 Kernumwandlungen	316
6.2.4	Wellenmodell und Quantenmechanik	285	6.5.3.3 Aktivität und Dosis	318
	<i>Zusammenfassung: Atomhülle</i>	289	6.5.3.4 Strahlungsnachweis	320
6.3	Quanten-Emission und -Absorption	289	6.5.4 Kernenergie	321
6.3.1	Atomspektren	290	6.5.4.1 Kernspaltung	321
6.3.2	Laser	292	6.5.4.2 Kernfusion	324
6.3.2.1	Stimulierte Emission	292	<i>Zusammenfassung: Atomkern</i>	326
6.3.2.2	Besetzungsumkehr	294	<i>Testfragen zu Kapitel 6</i>	327
6.3.2.3	Resonator	294	<i>Übungsaufgaben zu Kapitel 6</i>	328
6.3.2.4	Rubin- und Helium-Neon-Laser	295		
6.3.2.5	Eigenschaften und Anwendungen ..	296		
6.3.3	Röntgenstrahlung	298		
6.3.3.1	Bremsspektrum	298		
6.3.3.2	Charakteristisches Röntgenspektrum	299		
6.3.3.3	Anwendungen	299		
	<i>Zusammenfassung: Quanten-Emission und -Absorption</i>	301		
ANHANG				
• Antworten zu den Testfragen und Musterlösungen der Übungsaufgaben 330				
• Nützliche mathematische Beziehungen ... 366				
• Quellen- und Literaturverzeichnis 370				
• Verzeichnis der Bildquellen 372				
• Sachwortverzeichnis 373				