

Rudolf Fleischmann

# Einführung in die Physik

2., überarbeitete Auflage

Physik Verlag · Weinheim · 1980

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Mechanik</b> .....	1
1.1. Beobachten und Messen .....	1
1.1.1. Beobachtung und Beschreibung der Naturerscheinungen in der Physik..	1
1.1.2. Kritik der Sinneswahrnehmung .....	4
1.1.3. Merkmal, Größe, Dimension .....	5
1.2. Kinematik (im ursprünglichen Sinn) .....	8
1.2.1. Raum und Zeit. Messen von Längen; Grundlagen der Zeitmessung; Zeit-	8
dauer und Uhrstände; Beobachtung schnell ablaufender Vorgänge ....	
1.2.2. Geradlinige Bewegung. Geschwindigkeit, abgeleitete Größen und Ein-	
heiten; Verwendung von Einheiten beliebiger Quantität, einheitenin-	
variante Größengleichungen; Geradlinig gleichförmige Bewegung; Be-	
schleunigung, gleichförmig beschleunigte Bewegung; Kinematik des	
freien Falls .....	14
1.3. Dynamik, Gravitation .....	21
1.3.1. Kraft, Impuls, Masse. Raum-Zeit-Geometrie (Kinematik), Dynamik,	
Mechanik; Kraft; Proportionalität von Kraft und Dehnung; Beschleuni-	
gung eines materiellen Körpers durch eine konstante Kraft; Kraft und	
Beschleunigung, Masse; Einheit der Kraft; Kraft und Zeit, Impuls,	
Impulserhaltung; Impulserhaltung, Bestimmung eines Massenverhält-	
nisses .....	21
1.3.2. Gravitation. Gravitationsladung (schwere Masse), Gravitationsfeld-	
stärke, Gewichtskraft; Träge Masse und Gravitationsladung; Gravi-	
tationsfeld eines materiellen Körpers, Gravitationskonstante; Masse	
der Erde .....	30
1.3.3. Richtungsabhängige Größen. Skalare, Vektoren, Tensoren; Skalares Pro-	
dukt, äußeres Produkt, Vektorprodukt; Vektoraddition bei physikalischen	
Größen; Parallel und senkrecht zueinander stehende Vektorgrößen ....	34

1.3.4.	Einfache Drehbewegung, lineare Schwingung, Kinematik der Drehbewegung; Dynamik der Drehbewegung, Radialkraft; Gewichtskraft und Radialkraft; Kinematik der linearen Schwingung; Dynamik der linearen Schwingung; Fadenpendel (Schwependel); Zusammensetzung (Addition) von Schwingungen .....	42
1.3.5.	Energie, Leistung, Wirkung. Energie (Arbeit) und Energieerhaltungssatz; Energieformen der Mechanik; Umwandlung von Energieformen; Potentielle und kinetische Energie; Gleichgewichte; Reibung, Energieerhaltung verallgemeinert; Leistung; Wirkung .....	56
1.3.6.	Impulserhaltung beim Stoß. Stoß; Elastischer Stoß; Unelastischer Stoß	65
1.4.	Dynamik der Drehbewegung, Bezugssysteme .....	71
1.4.1.	Drehmoment, beschleunigte Drehbewegung. Drehmoment, Drillachse; Schwerpunkt; Kinematik der beschleunigten Drehbewegung .....	72
1.4.2.	Trägheitsmoment, Drehschwingung. Dynamik der beschleunigten Drehbewegung, Trägheitsmoment; Drehschwingungen und Trägheitsmoment; Trägheitsmoment als Tensor, Hauptträgheitsachsen; Kinetische Energie bei der Drehbewegung .....	78
1.4.3.	Drehimpuls, Kreisel. Drehimpuls; Symmetrischer Kreisel, Drehung um die Symmetrieachse; Symmetrischer und unsymmetrischer Kreisel, Nutation; Gegenüberstellung von Linear- und Drehbewegung; Erhaltung des Drehimpulses; Zentralbewegung, Keplersche Gesetze .....	85
1.4.4.	Dynamik relativ zu verschiedenen Bezugssystemen. Relativitätsprinzip, Inertialsysteme; Geradlinig gleichförmige Bewegung, Grenzgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsaddition; Übergang zu einem beschleunigten Bezugssystem; Die Erde als rotierendes Bezugssystem; Kreiselkompaß....	97
1.5.	Aufbau und Eigenschaften der Materie .....	104
1.5.1.	Kristallgitter. Anziehende und abstoßende Kräfte zwischen Atomen und Molekülen; Mathematische Punktgitter; Beispiele von Gitterstrukturen; Atomgitter, Ionengitter usw. ....	105
1.5.2.	Äußere Kräfte auf gasförmige, flüssige, feste Körper. Druck in Flüssigkeiten und Gasen (ohne Berücksichtigung der Schwerkraft); Normalspannungen und Schubspannungen in festen Körpern, Verformung; Dehnung und Biegung; Torsion; Dichte von festen, flüssigen, gasförmigen Substanzen; Kompressibilität; Druck in Abhängigkeit von der Höhe im Schwerfeld der Erde; Auftrieb; Dichtemessung von Flüssigkeiten .....	115
1.5.3.	Grenzflächenspannung und Zähigkeit. Grenzflächenspannung; Kapillarröhren, Tropfenbildung; Ausbreitung auf Oberflächen („Spreitung“); Innere Reibung, Zähigkeit (dynamische Viskosität) .....	131
1.6.	Dynamik der Flüssigkeiten und Gase, Fluiddynamik .....	137
1.6.1.	Laminare und turbulente Strömung .....	137
1.6.2.	Beschleunigungsarbeit und Reibungsarbeit (Reynoldssche Zahl) .....	140
1.6.3.	Druck und Strömungsgeschwindigkeit (Bernoullische Gleichung) .....	142
1.6.4.	Strömungswiderstand, Stokessches Gesetz .....	145
1.6.5.	Zirkulation, Auftrieb eines Tragflügels .....	147

<b>2. Schwingungslehre</b> .....	150
2.1. Gedämpfte, erzwungene, gekoppelte Schwingungen .....	151
2.1.1. Gedämpfte Schwingungen, Dämpfung und Entdämpfung .....	151
2.1.2. Erzwungene Schwingungen .....	154
2.1.3. Anwendung erzwungener Schwingungen .....	156
2.1.4. Gekoppelte Schwingungen .....	157
2.2. Wellen in kontinuierlichen Medien, Eigenschwingungen .....	160
2.2.1. Fortpflanzung von Schwingungen längs eines linearen Gebildes, Wellen	160
2.2.2. Fortschreitende und stehende Wellen .....	161
2.2.3. Stehende Wellen, Eigenschwingungen .....	163
2.2.4. Druck- und Geschwindigkeitsverteilung in Luftsäulen .....	165
2.2.5. Messung der Schallgeschwindigkeit .....	166
2.2.6. Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Schwingungen .....	168
2.2.7. Schwingungen flächenhafter und räumlicher Gebilde .....	171
2.3. Abstrahlung, Beugung, Interferenz .....	172
2.3.1. Abstrahlung, Erzeugung von ebenen Wellenbündeln .....	172
2.3.2. Überlagerung von Sinusschwingungen, Fourier-Reihe .....	174
2.3.3. Interferenz .....	178
2.3.4. Ausbreitung von Wellen nach dem Huygensschen Prinzip, Beugung ....	180
2.3.5. Beugung am Gitter .....	185
2.3.6. Beugung am Spalt .....	187
2.4. Reflexion, Streuung, Dispersion, Dopplereffekt .....	191
2.4.1. Reflexion und Streuung .....	191
2.4.2. Brechung, Totalreflexion .....	192
2.4.3. Interferometer .....	194
2.4.4. Dispersion .....	196
2.4.5. Phasen- und Gruppengeschwindigkeit .....	197
2.4.6. Dopplereffekt .....	197
2.5. Schallwellen, Schallwahrnehmung .....	198
2.5.1. Schallabstrahlung .....	198
2.5.2. Schallausbreitung, Schallschluckung .....	199
2.5.3. Ohr, Richtungshören .....	201
2.5.4. Töne, Klänge, Geräusche .....	203
2.5.5. Raumakustik .....	205
<b>3. Wärmelehre</b> .....	207
3.1. Temperatur, Wärmemenge, Entropie .....	207
3.1.1. Temperaturskala, Gasthermometer .....	208
3.1.2. Volumen- und Längenänderung bei Temperaturänderung .....	210
3.1.3. Abgeleitete Verfahren zur Temperaturmessung .....	211
3.1.4. Wärmemenge als Energie, elektrisches und mechanisches Wärme- äquivalent, Entropie .....	212

3.2. Wärmeleitung, Wärmekapazität, Umwandlungsenthalpie .....	214
3.2.1. Wärmeleitung in festen Körpern .....	214
3.2.2. Wärmekapazität und spezifische Wärmekapazität .....	216
3.2.3. Menge, Molekülmasse, Mol .....	218
3.2.4. Molare Wärmekapazitäten .....	220
3.2.5. Umwandlungsenthalpie, Unterkühlung und Überhitzung .....	221
3.3. Idealer und realer Gaszustand .....	223
3.3.1. Programm der kinetischen Gastheorie, Avogadrosche (Loschmidtsche) Konstante .....	223
3.3.2. Zustandsgleichung für den idealen Gaszustand, molares Volumen .....	224
3.3.3. Reale Gase, van der Waalssche Zustandsgleichung .....	227
3.4. Kinetische Bewegung der Atome und Moleküle .....	230
3.4.1. Druck auf die Wand eines gasgefüllten Gefäßes .....	230
3.4.2. Mittlere freie Weglänge .....	232
3.4.3. Diffusion .....	232
3.4.4. Osmose .....	235
3.4.5. Vakuum, Diffusionspumpen .....	236
3.4.6. Innere Reibung, Wärmeleitfähigkeit in Gasen .....	238
3.4.7. Molekularstrahlen, Messung der Geschwindigkeit von Atomen und Molekülen .....	239
3.4.8. Maxwell'sche Geschwindigkeitsverteilung .....	240
3.5. Wärmekapazität und innere Energie .....	242
3.5.1. Innere Energie eines idealen einatomigen Gases .....	242
3.5.2. Molare Wärmekapazitäten $c_{m,p}$ und $c_{m,v}$ , mechanisches Wärmeäquivalent .....	244
3.5.3. $c_{m,p}$ und $c_{m,v}$ von ein-, zwei-, mehratomigen Gasen und in festen Körpern; Freiheitsgrade .....	246
3.6. Hauptsätze der Wärmelehre, Entropie .....	249
3.6.1. Erster Hauptsatz .....	249
3.6.2. Reversible und irreversible Vorgänge .....	250
3.6.3. Reversible Zustandsänderungen idealer Gase .....	251
3.6.4. Ideale Wärmekraftmaschine (Carnotscher Kreisprozeß) .....	253
3.6.5. Zweiter Hauptsatz, Thermodynamische Temperaturskala .....	257
3.6.6. Kreisprozeß in umgekehrter Richtung (Wärmepumpe, Kältemaschine) .....	258
3.6.7. Phasendiagramm, Clausius-Clapeyronsche Gleichung .....	259
3.6.8. Dritter Hauptsatz .....	262
3.6.9. Entropie als Basisgröße der Wärmelehre, Entropie und Wahrscheinlichkeit .....	263
<b>4. Elektrizität und Magnetismus .....</b>	<b>267</b>
4.1. Grundbeobachtungen, Existenz elektrischer und magnetischer Felder .....	267
4.2. Elektrische Ladung, elektrisches Feld, Stromkreis .....	269
4.2.1. Elektrische Ladung und Stromstärke. Zusammenhang der elektrischen Be- griffe; Elektrischer Strom, Stromkreis; Einheit der elektrischen Ladung und der elektrischen Stromstärke; Erhaltung der elektrischen Ladung, ver-	

	zweiter Stromkreis; Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen; Drehspule im Magnetfeld .....	270
4.2.2.	Elektrische Spannung. Elektrisches Feld, elektrische Spannung; Statische Voltmeter; Schaltung von Spannungsquellen (Addition und Subtraktion von Spannungswerten).....	278
4.2.3.	Unverzweigter elektrischer Stromkreis, Materialeinfluß. Elektrischer Widerstand, elektrischer Leitwert; Ohmsches Gesetz; Spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit; Leitfähigkeit, Stromdichte, Feldstärke; Anwendung von $U = R \cdot I$ auf Teile eines Stromkreises, Potentiometerschaltung	285
4.2.4.	Verzweigter Stromkreis. Parallel- und Hintereinanderschaltung von Widerstandsdrähten; Umeichung von Strom- und Spannungsmessern; Brückenschaltung zur Widerstandsmessung; Zweiter Kirchhoffscher Satz ...	291
4.2.5.	Elektrisches Feld, Kondensator. Stromstoß, Spannungstoß; Messung einer Ladung, Galvanometer ballistisch verwendet; Elektrisches Feld eines Plattenkondensators, Erhaltung der elektrischen Ladung; Kapazität eines Kondensators; Kondensatorentladung über Widerstand, Zeitkonstante .....	295
4.2.6.	Flächendichte der Ladung, Feldstärke, Influenz. Flächendichte der elektrischen Ladung (Verschiebungsdichte), elektrische Feldkonstante $\epsilon_0$ ; Auseinanderziehen eines geladenen Plattenkondensators; Plattenkondensator mit Dielektrikum; Influenz, Verschiebungsfluß; Faraday-Käfig; Bandgenerator nach van de Graaff .....	303
4.2.7.	Kraft und Energie im elektrischen Feld. Arbeit und Kraft; Energieinhalt eines Kondensators, Anziehungskraft zwischen den Platten; Energiedichte des elektrischen Feldes; Elektrisches Feld um eine punktförmige Ladung, Kapazität eines Kugelkondensators; Coulombsches Gesetz; Statischer elektrischer Dipol, elektrisches Moment; Arbeit und Leistung beim Ladungstransport .....	310
4.3.	Ladungstransport in verschiedenen Medien.....	319
4.3.1.	Elektronen in Metallen, Halbleitern und im leeren Raum. Mechanismus des Ladungstransportes; Ladungsträger in Metallen (Elektronen); Glühemission von Elektronen; Elementarladung .....	319
4.3.2.	Elektrizitätsleitung in flüssigen und festen Stoffen. Elektrolytische Dissoziation, Ionenleitung; Faradaysches Äquivalentgesetz, $m/q$ von Ionen, Wertigkeit; Geschwindigkeit von Ladungsträgern, Beweglichkeit, Ladungsdichte; Dissoziationsgrad; Temperaturabhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit in festen Stoffen .....	325
4.3.3.	Grenzschichten. Elektrische Felder in Grenzschichten, Kontaktpotential; Thermospannung .....	333
4.4.	Magnetischer Fluß, magnetisches Feld, Induktionsvorgänge .....	336
4.4.1.	Magnetisches Feld, Induktion. Elektrisches Feld, magnetisches Feld; Magnetische Feldlinien; Eichung von Galvanometern für elektrische Spannungstöße; Elektromagnetische Induktion, elektromagnetische Feldkonstante $\gamma_{em}$ .....	336

4.4.2.	Magnetischer Fluß, magnetische Feldstärke. Magnetischer Fluß einer stromdurchflossenen Spule, Flußdichte; Varianten des Induktionsgesetzes; Magnetisches Moment, magnetische Feldstärke; Magnetische Feldstärke in einer langen Spule, elektrischer Strombelag; Addition von magnetischen Feldstärken; Magnetische Spannung, Integralform des 1. Verkettungsgesetzes; Zusammenhang zwischen $B$ und $H$ im materiefreien Raum, magnetische Feldkonstante $\mu_0$ . . . . .	346
4.4.3.	Materie im Magnetfeld, Ferromagnetismus. Zusammenhang zwischen $B$ und $H$ in Eisen, Hysterisis; Atomare Vorgänge beim Ferromagnetismus; Permeabilität und Suszeptibilität; Dämpfung mit elektromagnetischen Mitteln, Wirbelstrom; Vorzeichenregeln für elektrische und magnetische Größen . . . . .	359
4.4.4.	Wechselseitige Induktion und Selbstinduktion. Koeffizient der wechselseitigen Induktion und der Selbstinduktion; Stromstärke in einem Kreis mit Selbstinduktivität . . . . .	366
4.4.5.	Kraft und Energie im magnetischen Feld, magnetisches Moment. Kraft auf einen magnetischen Dipol, inhomogenes Magnetfeld; Kraft auf einen stromdurchflossenen Leiter in einem Magnetfeld, Lorentzkraft; Hall-Effekt; Magnetisches Moment einer stromdurchflossenen Spule; Feld in der Umgebung eines magnetischen Dipols; Vektorpotential; Energieinhalt eines magnetischen Feldes . . . . .	370
4.4.6.	Maxwellsche Gleichungen, Überblick. Verschiebungsstrom, die vollständigen Verkettungsgleichungen; Maxwellsche Gleichungen (differentiell); Elektromagnetische Wellen . . . . .	384
4.5.	Wechselstrom, Wechselfelder . . . . .	389
4.5.1.	Wechselspannung und -strom. Erzeugung von Wechselspannung durch Induktion; Wechselspannung, Oszillograph; Addition von Wechselspannungen, Zeiger, Drehstrom; Effektivspannung und Effektivstromstärke; Transformator . . . . .	389
4.5.2.	Wechselstromkreis. Widerstand im Wechselstromkreis; Hintereinander- und Parallelschalten von Wechselstromwiderständen; Energie und Leistung bei Wechselstrom; Elektrischer Schwingkreis, Strom- und Spannungsresonanz . . . . .	399
4.5.3.	Hochfrequenz (HF), elektromagnetische Wellen. Hochfrequente Schwingungen; Resonanztransformator für hochfrequente Schwingungen (Tesla-Transformator); Offener Schwingkreis, Dipol, Verschiebungsstrom; Untersuchung des hochfrequenten Dipolfeldes, Nachweis der elektromagnetischen Wellen; Identität der elektromagnetischen Wellen und der Lichtwellen . . . . .	407
<b>5.</b>	<b>Optik</b> . . . . .	<b>421</b>
5.1.	Ausbreitung und Brechung von Licht . . . . .	421
5.1.1.	Abgrenzung des Gebietes Optik . . . . .	421
5.1.2.	Fortpflanzung des Lichtes, geometrische Optik . . . . .	423
5.1.3.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, Grenzggeschwindigkeit . . . . .	423

5.1.4.	Reflexion und Brechung, ortsabhängige Brechzahl .....	426
5.1.5.	Prisma, Dispersion (Brechzahldispersion) .....	429
5.2.	Linsen und optische Instrumente .....	431
5.2.1.	Linsen .....	431
5.2.2.	Abbildung durch dünne Linsen .....	432
5.2.3.	Brechkraft von Linsen, dicke Linsen .....	436
5.2.4.	Abbildungsfehler von Linsen, Blenden .....	437
5.2.5.	Optische Instrumente .....	439
5.2.6.	Vergrößerung in optischen Instrumenten .....	442
5.3.	Licht als Wellenerscheinung .....	444
5.3.1.	Wellennatur des Lichtes, Interferenz .....	444
5.3.2.	Interferenz an dünnen Plättchen, Interferometer .....	446
5.3.3.	Beugung und Interferenz von Lichtwellen .....	448
5.3.4.	Beugung an Schichtgittern, Braggsche Reflexion .....	452
5.3.5.	Einfluß der Beugung des Lichtes auf die mikroskopische Abbildung .....	454
5.3.6.	Phasenkontrast-Mikroskopie .....	456
5.4.	Polarisiertes Licht .....	457
5.4.1.	Polarisation des Lichtes bei der Reflexion .....	457
5.4.2.	Polarisieren durch Streuung .....	460
5.5.	Doppelbrechung .....	461
5.5.1.	Doppelbrechung in Kalkspat .....	461
5.5.2.	Kalkspatplatte parallel zur Symmetrieachse, zirkular polarisiertes Licht .....	464
5.5.3.	Lichteinfall in Richtungen nahe der optischen Achse .....	467
5.5.4.	Doppelbrechung in Nichtkristallen .....	468
5.5.5.	Zirkulare Doppelbrechung, Drehung der Polarisationsebene .....	469
5.6.	Optisches Verhalten von nichtabsorbierenden und absorbierenden Stoffen .....	470
5.6.1.	Strahlungsleistung, Photoelemente .....	470
5.6.2.	Reflexion an Isolatoren, Einfluß von $n$ , Phasenverschiebung .....	471
5.6.3.	Absorption von Licht, Absorptionskoeffizient $k$ .....	475
5.6.4.	Phasendifferenz $\delta$ , Interferenz mit Amplitudenausgleich .....	476
5.6.5.	Reflexion an absorbierenden Stoffen .....	478
5.6.6.	$n$ - und $k$ -Bestimmung aus $A_r$ und $\delta_r$ , Dicke dünner Schichten .....	479
5.6.7.	Absorption und Dispersion, $n(\lambda)$ und $k(\lambda)$ .....	480
5.7.	Temperaturstrahlung eines schwarzen Körpers (Hohlraumstrahlung) .....	482
5.8.	Wahrnehmung des Lichtes mit dem Auge .....	486
5.8.1.	Helligkeitsempfindung .....	486
5.8.2.	Farbempfindung .....	487
5.9.	Lichtgeschwindigkeit und Frequenz relativ zu bewegten Bezugssystemen .....	488
5.9.1.	Lichtgeschwindigkeit (Michelson-Versuch) .....	488
5.9.2.	Dopplereffekt .....	489
<b>6.</b>	<b>Atomphysik</b> .....	<b>490</b>
6.1.	Freie Elektronen .....	491
6.1.1.	Übersicht .....	491



6.1.2.	Selbständige Gasentladung bei vermindertem Druck	491
6.1.3.	Beobachtungen an Kathodenstrahlen	493
6.1.4.	Masse und Ladung eines Teilchens, hier eines Elektrons	494
6.1.5.	Unabhängigkeit der elektrischen Ladung von der Geschwindigkeit und der kinetischen Energie der Teilchen	498
6.1.6.	Energie, Masse, Impuls, Geschwindigkeit in der relativistischen Mechanik	499
6.2.	Freie Ionen	502
6.2.1.	Ionenstrahlen, Massenspektrometer	502
6.2.2.	Isotopie	505
6.2.3.	Relative Atommasse, Massendefekt	506
6.3.	Wechselwirkung von Lichtquanten und Elektronen	508
6.3.1.	Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)	508
6.3.2.	Quantenstruktur des Lichtes, Compton-Effekt, Paarbildung	511
6.3.3.	Anregung und Ionisierung von Atomen durch Elektronenstoß	514
6.4.	Spektren angeregter Atome	516
6.4.1.	Spektrum von atomarem Wasserstoff	516
6.4.2.	Spektralserien in Absorption, Energieterme	519
6.4.3.	Wasserstoffgleiche Spektren, Moseleysches Gesetz	520
6.4.4.	Wasserstoffähnliche Spektren, Quantenzahlen für die Energieniveaus	521
6.5.	Ionisierende Strahlung	525
6.5.1.	Nachweis ionisierender Strahlung, Stoßionisation	525
6.5.2.	Röntgenstrahlen	530
6.5.3.	Spektrale Zusammensetzung von Röntgenlicht	531
6.5.4.	Absorption von energiereichen Photonen (Lichtquanten) beim Durchgang durch Materie, Pauli-Prinzip	534
6.6.	Wellen als Teilchen und Teilchen als Wellen	537
6.6.1.	Experimenteller Nachweis der de-Broglie-Wellenlänge, Notwendigkeit einer Wellenmechanik	537
6.6.2.	Heisenbergsche Unschärferelation (Ungenauigkeitsrelation, Unbestimmtheitsrelation)	540
<b>7.</b>	<b>Kernphysik</b>	<b>541</b>
7.1.	Atome und Atomkerne	541
7.1.1.	Durchgang von Elektronen durch Materie, Streuung von Röntgenstrahlen	542
7.1.2.	Streuung von Ionenstrahlen in dünnen Folien, Existenz des Atomkerns	543
7.1.3.	Bremmung schneller geladener Teilchen	546
7.1.4.	Streuung von schnellen Elektronen	547
7.1.5.	Kernradius	548
7.1.6.	Aufbau des Atoms, Rutherford-Bohrsches Atommodell	549
7.1.7.	Die ungefähren Abmessungen der Atomkerne und Atome	552
7.2.	Radioaktive und angeregte Kerne	552
7.2.1.	Radioaktive Kerne	553
7.2.2.	Radioaktiver Zerfall, Nachweis der Kernumwandlung	557

7.2.3.	Halbwertzeit, Lebensdauer (Zerfallsreihen) .....	559
7.2.4.	Angeregte Atomkerne .....	562
7.2.5.	Linienbreite und Lebensdauer, Mößbauereffekt .....	564
7.3.	Wechselwirkung und Eigenschaften von Atomkernen .....	566
7.3.1.	Kernumwandlung und Kernanregung durch Stoß schneller Teilchen ....	566
7.3.2.	Koinzidenzverfahren .....	569
7.3.3.	Nachweis und Eigenschaften des Neutrons .....	571
7.3.4.	Eigenschaften der Kerne, Aufbau aus Protonen und Neutronen .....	573
7.3.5.	Langsame Neutronen, Messung ihrer Geschwindigkeit .....	576
7.3.6.	Wirkungsquerschnitt (WQ).....	578
7.4.	Spezielle Kernprozesse, Kernspaltung .....	581
7.4.1.	Kernumwandlungsprozesse allgemein .....	581
7.4.2.	Kernumwandlungsprozesse mit langsamen Neutronen .....	583
7.4.3.	Weitere ausgewählte Kernumwandlungsprozesse .....	586
7.4.4.	Kernspaltung, Reaktor .....	588
7.4.5.	Atombombe, Wasserstoffbombe .....	593
7.4.6.	Energieproduktion in Sonne und Sternen .....	594
7.4.7.	Erhaltungssätze bei Kernumwandlungsprozessen .....	595
7.5.	Teilchenbeschleuniger .....	597
1.	Ionenstrahlröhre und Hochspannung .....	597
2.	Das Zyklotron .....	598
3.	Linac .....	599
4.	Synchrotron .....	600
5.	Batatron .....	601
7.6.	Strahlendosis, Strahlenschäden .....	603
<b>8.</b>	<b>Physik der Elementarteilchen .....</b>	<b>605</b>
8.1.	Vernichtungsstrahlung, Paarbildung .....	605
8.2.	Elementarteilchen .....	608
<b>9.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>613</b>
9.1.	Physikalische Größen, Einheiten, Dimensionen .....	613
9.1.1.	27 Leitsätze zur quantitativen Beschreibung physikalischer Tatbestände	613
9.1.2.	Beispiele zu 9.1.1 .....	618
9.2.	Historische Entwicklung der elektromagnetischen Begriffe .....	622
9.2.1.	Begriffe und Größen der CGS-Systeme .....	622
9.2.2.	Nichtrationale Größen in den CGS-Systemen .....	623
9.2.3.	Das internationale System .....	624
9.2.4.	Das Miesche Begriffssystem .....	625
9.2.5.	Die gesetzlichen Einheiten seit 1970 (SI) .....	625

9.3. Übersicht über die gebräuchlichsten Größen .....	627
9.3.1. Physikalische Größen (Definitionen, Dimensionen, Einheiten) .....	627
9.3.2. Abzählen der erforderlichen Basiselemente .....	630
9.3.3. Feldkonstanten des elektromagnetischen Feldes .....	632
9.3.4. Beispiele zur Einheiteninvarianz .....	632
9.3.5. Umwandlung von Gleichungen in solche des CGS-Systems .....	634
9.3.6. Umwandlung von Einheiten in CGS-Einheiten .....	635
9.4. Zur Vektor- und Tensorrechnung .....	637
9.4.1. Vektoren und Tensoren (symmetrisch, antisymmetrisch) .....	637
9.4.2. Orientiertes Flächenstück (Bivektor) .....	639
9.4.3. $\partial v_i / \partial x_k$ in einem Vektorfeld .....	640
9.5. Postulate und experimentelle Grundlagen der speziellen Relativitätstheorie ...	643
9.5.1. Grundpostulate .....	643
9.5.2. Raumschiffe als Inertialsystem .....	644
9.5.3. Ereignis, Weltpunkt, „Zeit“ .....	645
9.5.4. Gleichzeitigkeit, Synchronisieren von Uhren .....	645
9.5.5. Längenmessung, Entfernungsmessung .....	647
9.5.6. Relativbewegung (eindimensional) .....	647
9.5.7. Geschwindigkeits-Addition (klassisch und relativistisch) .....	648
9.5.8. Einsteinsches Geschwindigkeits-Additionsgesetz .....	649
9.5.9. Hauptaussagen der Relativitätstheorie .....	650
9.5.10. Träge Masse und schwere Masse (Gravitationsladung) .....	651
9.6. Periodensystem der chemischen Elemente, Atomkerne .....	654
9.6.1. Übersicht .....	654
9.6.2. Auffüllung der Elektronenhülle .....	655
9.6.3. Genaue relative Masse ausgewählter Nuklide .....	655
9.6.4. Halbwertzeit usw. für einige ausgewählte radioaktive Nuklide .....	656
9.6.5. Zur Energieerzeugung auf Sonne und Sternen .....	657
9.7. Naturkonstanten und dergleichen .....	657
9.7.1. Lorentzinvariante Konstanten .....	658
9.7.2. Weitere Konstanten .....	658
9.7.3. Größenordnungen und atomare Größen .....	659
9.7.4. Konstanten der Atomphysik .....	661
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	<b>665</b>