

Jae R. Ballif · William E. Dibble

Anschauliche Physik

Für Studierende der Ingenieurwissenschaften,
Naturwissenschaften und Medizin
sowie zum Selbststudium

Ins Deutsche übertragen von Martin Lambeck

2., durchgesehene und verbesserte Auflage



Walter de Gruyter · Berlin · New York 1987

Inhaltsverzeichnis

Vorwort des Übersetzers	V
Naturkonstanten	XIV
1. Kapitel	
Das erste Bewegungsgesetz und das spezielle Relativitätsprinzip	1
Größen und Messungen	3
Die Einheit und der Standard der Länge	4
Die Einheit und der Standard der Zeitdauer	6
Zählen und Messen: Das Diskrete und das Stetige	6
Abgeleitete Größen	8
Geschwindigkeitsbetrag und Geschwindigkeit	10
Das erste Bewegungsgesetz	11
Formulierung des ersten Bewegungsgesetzes	11
Reibung	12
Beispiele zum ersten Bewegungsgesetz	13
Galileis Beweisführung	16
Das spezielle Relativitätsprinzip	18
Bezugssysteme	18
Das spezielle Relativitätsprinzip	22
Die Bewegung der Erde	28
Weitere Symmetrieprinzipien	31
Symmetrie	32
Die Symmetrie der Lage	34
Die Symmetrie der Richtung	35
Die Symmetrie der Zeit	36
Die Symmetrie der Zeitumkehr	37
Die Spiegelsymmetrie	38
Die neue Astronomie	39
Der Konflikt mit der Theologie	46
Der Konflikt mit der Autorität	49
Aufgaben und Lösungen	52
Die Umrechnung von Einheiten	52
Gleichförmige Bewegung	54
Relativbewegung	61
Aufgaben	69
Schwierigere Fragen und Aufgaben	70
2. Kapitel	
Das zweite Bewegungsgesetz	72
Beschleunigung	72
Masse	74
Ein Standard und die Einheit der Masse	75
Die Messung der Masse	76
Die Erhaltung der Masse	77
Kraft	78
Das zweite Bewegungsgesetz	81

Vektoren	83
Vektoren und Skalare	83
Entfernung und Verschiebung (Weg)	84
Die Addition von Vektoren	86
Die resultierende Kraft und das zweite Bewegungsgesetz	90
Weitere Vektoroperationen	93
Vektorkomponenten	95
Aufgaben und Lösungen	99
Das zweite Bewegungsgesetz	99
Aufgaben mit Vektoroperationen	102
Zusammenfassung	107
Fragen	108
Aufgaben	110
 3. Kapitel	
Das dritte Bewegungsgesetz	113
Wechselwirkungen	113
Das dritte Bewegungsgesetz	114
Impuls	118
Die Erhaltung des Impulses	119
Die Impulserhaltung und die Bewegungsgesetze	121
Aufgaben und Lösungen	122
Berechnung des Impulses	123
Erhaltung des Impulses	126
Zusammenfassung	132
Fragen	132
Aufgaben	133
Schwierigere Fragen und Aufgaben	134
 4. Kapitel	
Gravitationswechselwirkung	138
Das Gravitationsgesetz	139
Die Gravitationskonstante G	140
Das Gewicht	142
Gibt es zwei Arten der Masse oder nur eine?	145
Das Gravitationsgesetz und das „Weltsystem“	149
Die gleichförmige Kreisbewegung	149
Das Planetenmodell	151
Künstliche Satelliten und Gewichtlosigkeit	154
Das Newtonsche Modell	155
Rotation	157
Drehimpuls	157
Spin und Bahndrehimpuls	160
Drehmoment	161
Beispiele für die Erhaltung des Drehimpulses	163
Pseudovektoren und Spiegelungen	166
Die Philosophie der experimentellen Wissenschaft	167
Die Wirkung der Newtonschen Synthese	168
Newtons „Regeln zur Erforschung der Natur“	176
Newton	182
Aufgaben und Lösungen	184
Zusammenfassung	193
Fragen	194
Aufgaben	199

5. Kapitel	
Weitere Anwendungen der Bewegungs- und Kraftgesetze	202
Kräfte auf Objekte	202
Die für die Bewegung verantwortliche resultierende Kraft	202
Gleichgewicht	206
Das Paradoxon vom Elch und dem Baumstamm	208
Kräfte in Flüssigkeiten	210
Flüssigkeiten in Ruhe	210
Der Druck in bewegten Flüssigkeiten	219
Die Beziehung zwischen dem Weg, der Geschwindigkeit und der Zeit für bewegte	
Objekte	222
Bewegung bei fehlender Kraft	222
Geradlinige Bewegung unter dem Einfluß einer konstanten Kraft	224
Wurfbewegung unter konstanter Kraft	234
Bewegung unter dem Einfluß veränderlicher Kräfte	238
Aufgaben und Lösungen	241
Ermittlung der resultierenden Kraft	241
Drücke und Kräfte in Flüssigkeiten	246
Konstante Beschleunigung	250
Aufgaben mit Bahnberechnungen	257
Zusammenfassung	262
Fragen	263
Aufgaben	268
Schwierigere Fragen und Aufgaben	269
6. Kapitel	
Die Erhaltung der Energie	272
Die Erhaltung der Energie	274
Die potentielle Energie im Schwerfeld	275
Kinetische Energie	276
Die Einheit der Energie	277
Die Gesamtenergie	277
Ableitung der Energieformen und der Erhaltung	279
Die innere Energie	281
Umwandlungen der Energie	283
Der Wärme fluß	283
Arbeit	283
Arbeit von Kräften, die nicht in der Richtung der Bewegung wirken	286
Leistung	287
Anwendungen	288
Bindungsenergie	288
Das Perpetuum mobile	289
Einfache Maschinen – der Hebel	291
Aufgaben und Lösungen	293
Zusammenfassung	302
Fragen	303
Aufgaben	306
Schwierigere Fragen und Aufgaben	308
7. Kapitel	
Die Ordnung und Unordnung der Moleküle	314
Die kinetische Theorie der Materie	314
Moleküle und Atome	314
Festkörper, Flüssigkeiten und Gase	315

Die Beschreibung der Gase durch das Bild bewegter Moleküle	316
Verdampfen und Schmelzen	320
Beweise für die kinetische Theorie	323
Das Gesetz der Entropiezunahme	324
Zeitlich umkehrbare Prozesse	325
Zeitlich nicht umkehrbare Prozesse	325
Entropie als Unordnung	327
Entropie als Wahrscheinlichkeit	329
Das Perpetuum mobile zweiter Art	333
Die freie Energie und der Wärmetod	334
Entropie als Mangel an Information	335
Definition der Entropie-Änderungen durch Wärme und Temperatur	338
Der Carnot-Prozeß und die Definition der Temperatur	340
Zusammenfassung	346
Fragen und Aufgaben	347
 8. Kapitel	
Elektrische Ladungen und Felder	352
Elektrizität	353
Die elektrische Ladung	355
Zwei Elementarteilchen	355
Die Erhaltung der Ladung	356
Die Einheit der Ladung	356
Das Gesetz der elektrischen Kraft für ruhende Ladungen	357
Elektrische Ströme	358
Der Begriff des Feldes	359
Gravitationsfelder	359
Das elektrische Feld	361
Die potentielle elektrische Energie	363
Das Ohmsche Gesetz und die elektrische Arbeit	364
Illustration einiger Wirkungen der elektrischen Kräfte und Felder	366
Das Elektroskop	367
Die Ladung des Elektrons	369
Die elektrischen Verhältnisse in Leitern	371
Der Van de Graaff Generator	373
Magnetische Kräfte und Felder	374
Das magnetische Feld in der Umgebung von Magneten und Strömen	376
Die magnetische Kraft auf bewegte Ladungen	382
Anwendungen der magnetischen Kräfte	384
Richtungen und Größen der magnetischen Kräfte und Felder	387
Induzierte elektrische Ströme	390
Das Induktionsgesetz	390
Der elektrische Generator	392
Die Richtung der induzierten Ströme	393
Die elektromagnetische Wechselwirkung	393
Zusammenfassung	394
Fragen	396
Schwierigere Fragen und Aufgaben	400
 9. Kapitel	
Wellen	403
Beschreibung der Wellen	405
Eigenschaften der Wellen	405
Arten von Wellen	407
Wellen – Erscheinungen	408

Schallwellen	413
Die Natur des Schalls	413
Interferenz von Schallwellen	416
Der Doppler-Effekt	423
Licht als Welle	425
Die Lichtgeschwindigkeit	427
Interferenz und Beugung des Lichtes	428
Das Auflösungsvermögen des Mikroskops	436
Polarisation	437
Licht als elektromagnetische Welle	440
Elektromagnetische Wellen	440
Die Energie in einer elektromagnetischen Welle	441
Der Äther	442
Zusammenfassung	443
Fragen und Aufgaben	444
Schwierigere Fragen und Aufgaben	447
 10. Kapitel	
Moderne Relativität	449
Einsteins spezielle Relativitätstheorie	449
Der Äther und das Feld	449
Die zwei Postulate Einsteins	454
Einige Konsequenzen der beiden Einsteinschen Postulate	458
Weitere Folgen der Einsteinschen speziellen Relativitätstheorie	469
Die allgemeine Relativitätstheorie	479
Das allgemeine Prinzip der Relativität	479
Das Äquivalenzprinzip	482
Der gekrümmte Raum	486
Einsteins allgemeine Relativitätstheorie	493
Experimentelle Beweise für die allgemeine Relativitätstheorie	493
Das Machsche Prinzip	496
Aufgaben und Lösungen	498
Zusammenfassung	504
Fragen	505
Aufgaben	509
Schwierigere Fragen und Aufgaben	510
 11. Kapitel	
Quantenphysik	513
Lichtteilchen	513
Die Plancksche Konstante	513
Der Photoelektrische Effekt	513
Der Compton-Effekt	518
Wellen des Feldes als Teilchen: Photonen	519
Materiewellen	520
Das Bohrsche Atommodell	520
De Broglie Wellen	525
Das Materie-Feld	528
Die Bedeutung der Quantenphysik	529
Der unbeobachtete Zustand	529
Die Kopenhagener Deutung der Quantenphysik	532
Die Unschärferelation	534
Die Unschärferelation und die Energie	537
Die Information und die Plancksche Konstante	538

Die Nullpunktsenergie eines Oszillators	539
Das gefangene Elektron	540
Eine Veranschaulichung der Unschärferelation	541
Messungen in der Quantenphysik und die Symmetrie der Zeitumkehr	547
Die philosophische Haltung der modernen Physik	549
Der Laser: Eine Anwendung der Quantenphysik	551
Aufgaben und Lösungen	553
Zusammenfassung	561
Fragen	562
Aufgaben	564
Schwierigere Fragen und Aufgaben	565
 12. Kapitel	
Die Kernkräfte	567
Radioaktivität	567
Wahrscheinlichkeit	568
Die Entdeckung des Kerns	570
Teilchendetektoren	571
Die Kernstruktur	573
Die starke Wechselwirkung	576
Nukleare Bindungsenergien	577
Die Freisetzung der Kernenergie	579
Kernspaltung: die Atombombe	580
Kernspaltung: der Kernreaktor	583
Fusion (Verschmelzung)	584
Antimaterie	585
Die Entdeckung der Antimaterie	585
Die Vernichtung von Materie (Annihilation)	587
Teilchen-Antiteilchen Symmetrie	588
Die schwache Wechselwirkung	588
Das Neutrino	588
Die Elektronen- und Myonen-Familienzahlen	590
Verletzung der Spiegelsymmetrie und der Teilchen-Antiteilchen-Symmetrie	592
Weitere Behandlung der starken Wechselwirkung	593
Erhaltung der Baryonen-Familienzahl	593
Alpha-Emission	594
Anwendungen: Radioaktive Zeitbestimmung	596
Datierung durch Spaltspuren	597
Radiokohlenstoff-Datierung	599
Aufgaben und Lösungen	600
Zusammenfassung	603
Fragen	605
Aufgaben	608
Schwierigere Fragen und Aufgaben	610
 13. Kapitel	
Das moderne Weltbild der Physik	612
Der Mikrokosmos	612
Die Elementarteilchen	612
Elementare Wechselwirkungen	620
Naturkonstanten	634
SIC Physik: Tabus	635
Das Raum-Zeit Kontinuum	637

Leben, Geist, Information; Chemie	638
Atome kombinieren zu Molekülen: Chemie	639
Struktur: DNA und RNA	645
Mutation	648
Gedächtnis	649
Der Makrokosmos	650
Teilchen im Raum	651
Objekte im Raum	657
Die Philosophie und Methodologie der Wissenschaft	663
Aufgaben und Lösungen	665
Zusammenfassung	667
Fragen	668
Schwierigere Fragen und Aufgaben	673
 14. Kapitel	
Anhang	676
Einheitensysteme	676
Einige mathematische Begriffe	677
Signifikante Zahlen	677
Die wissenschaftliche Schreibweise der Zahlen	680
Die Proportionalität	685
Der Satz des Pythagoras	691
Ähnliche Dreiecke	694
Die mathematische Ableitung der Formeln der speziellen Relativitätstheorie	695
Die Lorentz-Transformation	697
Die Transformation der Geschwindigkeiten	701
Die Formel für die Zunahme der Masse mit der Geschwindigkeit	702
Die relativistische Energie	705
Das Raum-Zeit-Kontinuum	707
Die Hoffnung der Pythagoräer	708
Ein Paradoxon des Zeno	710
Die Momentangeschwindigkeit: Die Differentialrechnung	712
Die Integralrechnung	717
Fragen im Zusammenhang mit dem Kontinuum	720
Die gegenwärtige Ansicht über das Kontinuum	721
 Zusammenstellung der zitierten deutschen Literatur	723
Hinweise auf weiterführende Literatur	723
Register	725