

Inhalt

VORWORT 11

EINFÜHRUNG 15

- 0.1 Zur Rolle der Physikgeschichte in der modernen Gesellschaft 15
- 0.2 Bewertung und Periodisierung 17
 - 0.2.1 Eine historische Gliederung, ausgehend von der Intensität des wissenschaftlichen Schaffens 17
 - 0.2.2 Die wissenschaftliche Erkenntnis aus dem Blickwinkel der Physiker von heute 18
 - 0.2.3 Periodisierung anhand der theoretischen Synthese 21
 - 0.2.4 Die Rolle der Modellfindung 22
- 0.3 Elemente der Wissenschaftstheorie 24
 - 0.3.1 Trügerische Einfachheit 24
 - 0.3.2 Theorie und Erfahrung 26
 - 0.3.3 Die Fallen der induktiven Methode 28
- 0.4 Dynamik der Physikgeschichte 29
 - 0.4.1 Die bewegenden Kräfte 29
 - 0.4.2 Grenzen, Möglichkeiten und Gefahren 32
 - 0.4.3 Ungewisses in den exakten Naturwissenschaften 34
 - 0.4.4 Die Physik in einer neuen Rolle 35
 - 0.4.5 Die grundlegenden Charakteristika der einzelnen Epochen 36

TEIL 1

Das antike Erbe 43

- 1.1 Das Erbe der Griechen 43
 - 1.1.1 Die Anfänge der Wissenschaften 43
 - 1.1.2 Ägypten und Mesopotamien 44
- 1.2 Die harmonische, schöne Ordnung 56
 - 1.2.1 Einleitende Übersicht: zeitliche, räumliche und ursächliche Zusammenhänge 56
 - 1.2.2 Mystik und Mathematik: Pythagoras 61
 - 1.2.3 Idee und Realität 66
 - 1.2.4 Platon über Erkenntnis und Ideen 68
- 1.3 Materie und Bewegung. Die aristotelische Synthese 71
 - 1.3.1 Atome und Elemente 71
 - 1.3.1.1 Platon und die „Elementarteilchen“ 73
 - 1.3.2 Bewegung unter irdischen Bedingungen. Peripatetische Dynamik 76
 - 1.3.3 Die Himmelsbewegungen 81
 - 1.3.4 Das aristotelische Weltbild 84
 - 1.3.5 Ein Ausschnitt aus der Metaphysik des Aristoteles 86
- 1.4 Spitzenleistungen der antiken Fachwissenschaften 88
 - 1.4.1 Archimedes 88
 - 1.4.2 Das ptolemäische System zur Beschreibung der Himmelsbewegungen 97
 - 1.4.3 Die Abmessungen des Kosmos. Geographie 99
 - 1.4.4 Geometrie 102
 - 1.4.5 Instrumente, Technik 105
- 1.5 Der Niedergang des Hellenismus 106
 - 1.5.1 Pessimismus in der Philosophie 106
 - 1.5.2 Augustin über die Absurdität der Astrologie 112
 - 1.5.3 Augustin über die Zeit 113
 - 1.5.4 Das Instrument des Denkens: Aristoteles' Organon 115

TEIL 2

Die Hüter des Erbes 119

- 2.1 Die Bilanz von tausend Jahren 119
 - 2.1.1 Warum geht die Entwicklung nicht weiter? 119
 - 2.1.2 Europa nimmt Gestalt an 121
 - 2.1.3 Die technische Revolution 127
 - 2.1.4 Klöster und Universitäten 129
- 2.2 Überlieferer des antiken Wissensgutes 135
 - 2.2.1 Der unmittelbare Weg 135
 - 2.2.2 Byzanz 137
 - 2.2.3 Die arabische Vermittlung 138
 - 2.2.4 Zurück zu den Quellen 139
- 2.3 Inder und Araber 141
 - 2.3.1 Das Dezimalsystem 141
 - 2.3.2 Algebra – Algorithmus 142
 - 2.3.3 Herausragende Ergebnisse der arabischen Wissenschaften 143
- 2.4 Europa findet zu sich 144
 - 2.4.1 Fibonacci – ein Rechenkünstler 145
 - 2.4.2 Jordanus Nemorarius, der Statiker 146
 - 2.4.3 Beschreibende Bewegungslehre: Nicole d'Oresme und das Merton College 148
 - 2.4.4 Die reformierte peripatetische Dynamik 149
 - 2.4.5 Die Impetustheorie von Buridan 150
 - 2.4.6 Die Physik in der Astronomie 151
 - 2.4.7 Ergebnisse 152
 - 2.4.8 Nicole d'Oresme über die Bewegung der Erde 153
- 2.5 Die mittelalterliche Naturphilosophie 155
 - 2.5.1 Glaube, Autorität und Wissenschaft 155
 - 2.5.2 Glaube und Erfahrung 158
- 2.6 Renaissance und Physik 160
 - 2.6.1 Kunst, Philologie und Naturwissenschaft 160
 - 2.6.2 Fortschritte in der Mechanik 162
 - 2.6.3 Die Wissenschaft der Künstler 164
 - 2.6.4 Leonardo da Vinci 165
 - 2.6.5 Die Berufsastronomen treten in den Vordergrund 167
 - 2.6.6 Das gedruckte Buch gewinnt an Bedeutung 169

TEIL 3

Ende und Neubeginn 173

- 3.1 Die Welt um 1600 173
- 3.2 Zahlenmystik und Wirklichkeit 178
 - 3.2.1 Im neuen Geiste zurück zu Platon 178
 - 3.2.2 Der rückwärts schauende Revolutionär: Kopernikus 178
 - 3.2.3 Ein Kompromiß: Tycho de Brahe 187
 - 3.2.4 Die Weltharmonie: Kepler 190
- 3.3 Galilei und die in seinem Schatten Stehenden 195
 - 3.3.1 Die Einheit der himmlischen und irdischen Welten 195
 - 3.3.1.1 Aus dem Dialogo 199
 - 3.3.2 Schiefe Ebene, Pendel und Wurfbewegung 201
 - 3.3.3 Galileis Größe 208
 - 3.3.4 Im Hintergrund: Stevin und Beeckman 210
 - 3.3.5 Anschlußmöglichkeiten 212
- 3.4 Die neue Philosophie: Der Zweifel wird zur Methode 213
 - 3.4.1 Francis Bacon und die induktive Methode 213
 - 3.4.2 Eine Methode zum Auffinden sicherer Wahrheiten: Descartes 216
 - 3.4.3 Die kartesischen Bewegungsgesetze 218
 - 3.4.4 Die erste Kosmogonie 219
 - 3.4.5 An der Peripherie des westlichen Kulturkreises 223
- 3.5 Licht, Vakuum und Materie zur Mitte des 17. Jahrhunderts 226
 - 3.5.1 Das Snellius-Cartesius-Gesetz 226
 - 3.5.2 Das Fermatsche Prinzip 230
 - 3.5.3 Vakuum und Luftdruck 232
 - 3.5.4 Die ersten Schritte auf dem Wege zur modernen Chemie 236
- 3.6 Nach Descartes und vor Newton: Huygens 239

- 3.6.1 Huygens' Axiome zur Dynamik 239
- 3.6.2 Das mathematische Pendel 243
- 3.6.3 Das Zykloidenpendel 245
- 3.6.4 Das physikalische Pendel 247
- 3.6.5 Die Stoßgesetze als Schlußfolgerungen aus der Äquivalenz der Inertialsysteme 249
- 3.6.6 Die Bewegung auf einer Kreisbahn 251
- 3.7 Newton und die Principia. Das Newtonsche Weltbild 252
 - 3.7.1 Die auf Newton wartenden Aufgaben 252
 - 3.7.2 Eine Kraft wird nicht zur Aufrechterhaltung, sondern zur Veränderung des Bewegungszustandes benötigt 254
 - 3.7.3 Das allgemeine Gravitationsgesetz 257
 - 3.7.4 Auszüge aus den Principia 261
 - 3.7.5 Newton als Philosoph 266

TEIL 4

Die volle Entfaltung der klassischen Physik 275

- 4.1 Das Ausgangskapital für das 18. Jahrhundert 275
 - 4.1.1 Ergebnisse, über die schon berichtet und über die bisher noch nicht berichtet wurde 275
 - 4.1.2 Welle oder Teilchen 275
 - 4.1.3 Die analytische Geometrie 282
 - 4.1.4 Differential- und Integralrechnung: Der Streit der „Größten“ 284
 - 4.1.5 Für und wider Descartes 290
 - 4.1.6 Voltaire und die Philosophen 293
- 4.2 Würdige Nachfolger: d'Alembert, Euler und Lagrange 294
 - 4.2.1 Mögliche Wege für die Weiterentwicklung der Mechanik 294
 - 4.2.2 Die Ergebnisse der Statik 297
 - 4.2.3 Die Newtonsche Mechanik in der Bearbeitung Eulers 297
 - 4.2.4 Das erste Variationsprinzip in der Mechanik: Maupertuis 302
 - 4.2.5 Der erste „Positivist“: d'Alembert 304
 - 4.2.6 Moderne Gedanken 306
 - 4.2.7 Die Mechanik als Poesie 308
- 4.3 Das Jahrhundert des Lichts 311
 - 4.3.1 Die Aufklärung 311
 - 4.3.2 Die Große Enzyklopädie 312
 - 4.3.3 d'Alembert: Vorwort zur Enzyklopädie 313
 - 4.3.4 Das für unerschütterlich gehaltene Fundament der klassischen Physik: die Kantsche Philosophie 317
- 4.4 Vom Effluvium zum elektromagnetischen Feld 320
 - 4.4.1 Petrus Peregrinus und Gilbert 320
 - 4.4.2 Chronologie des Fortschritts 321
 - 4.4.3 Qualitative Elektrostatik 323
 - 4.4.4 Die quantitative Elektrostatik 329
 - 4.4.5 Strömung elektrischer Ladungen 333
 - 4.4.6 Das Magnetfeld der Ströme: der befruchtende Einfluß der Naturphilosophie 336
 - 4.4.7 Die Wechselwirkung der Ströme – eine Verallgemeinerung Newtonscher Ideen 337
 - 4.4.8 Faraday – der größte Experimentator 340
 - 4.4.9 Maxwell: die Grundgesetze des elektromagnetischen Feldes 344
 - 4.4.10 Die elektromagnetische Theorie des Lichts 349
 - 4.4.11 Die Lorentzsche Elektronentheorie 354
- 4.5 Wärme und Energie 355
 - 4.5.1 Das Thermometer 355
 - 4.5.2 Progressiv zu ihrer Zeit: die Caloricum-Theorie von Joseph Black 357
 - 4.5.3 Rumford: Und die Wärme ist doch Bewegung! 358
 - 4.5.4 Die Theorie der Wärmeleitung von Fourier 360
 - 4.5.5 Das Caloricum und die Zustandsgleichung 362
 - 4.5.6 Der Carnot-Prozeß 363
 - 4.5.7 Die kinetische Theorie der Wärme: die ersten Schritte 365
 - 4.5.8 Der Energieerhaltungssatz 366
 - 4.5.9 Die kinetische Theorie der Gase 368

- 4.5.10 Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre 369
- 4.5.11 Entropie und Wahrscheinlichkeit 371
- 4.6 Der Aufbau der Materie und die Elektrizität: das klassische Atom 376
 - 4.6.1 Chemie: Argumente für die atomische Struktur der Materie 376
 - 4.6.2 Das Elektron: J. J. Thomson 377
 - 4.6.3 Und wieder ein Beitrag der Chemie: das Periodensystem 382
 - 4.6.4 Die ersten Vorstellungen über den Aufbau der Atome 384
 - 4.6.5 Das Linienspektrum und das erneute Auftreten der ganzen Zahlen 386
 - 4.6.6 Abschied vom 19. Jahrhundert 388

TEIL 5

Die Physik des 20. Jahrhunderts 393

- 5.1 Die Jahrhundertwende 393
 - 5.1.1 „Wolken am Himmel der Physik des 19. Jahrhunderts“ 393
 - 5.1.2 Mach und Ostwald 395
- 5.2 Die Relativitätstheorie 397
 - 5.2.1 Gescheiterte Versuche zur Messung der absoluten Geschwindigkeit 397
 - 5.2.2 Erklärungsversuche im Rahmen der nichtrelativistischen Physik 400
 - 5.2.3 Die Väter der Relativitätstheorie: Lorentz, Einstein und Poincaré 404
 - 5.2.4 Die Längen- und Zeitmessung 410
 - 5.2.5 Die Äquivalenz von Energie und Masse 412
 - 5.2.6 Materie und die Geometrie des Raumes 416
 - 5.2.7 Das Raum-, Äther- und Feld-Problem der Physik 420
 - 5.2.8 Newton, Einstein und die Gravitation 422
- 5.3 Die Quantentheorie 425
 - 5.3.1 Die schwarze Strahlung in der klassischen Physik 425
 - 5.3.2 Planck: Die Entropie weist den Weg zur Lösung 428
 - 5.3.3 Das Erscheinen des Wirkungsquantums 431
 - 5.3.4 Einstein: Das Licht ist auch gequantelt 435
 - 5.3.5 Die „klassische“ Bohrsche Atomtheorie 435
 - 5.3.6 Die statistische Ableitung der Strahlungsformel als Auftakt zur Quantenelektronik 438
 - 5.3.7 Die Heisenbergsche Matrizenmechanik 439
 - 5.3.8 Einstein und Heisenberg 443
 - 5.3.9 Die Schrödingersche Wellenmechanik 444
 - 5.3.10 Heisenberg: Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie 450
 - 5.3.11 Operatoren. Quantenelektrodynamik 454
 - 5.3.12 Das Kausalitätsproblem 459
 - 5.3.13 Johann von Neumann über Kausalität und verborgene Parameter 463
 - 5.3.14 Quantenmechanik als Arbeitsgerät und als Philosophie der Physiker 466
 - 5.3.15 Was ist von der klassischen Physik übriggeblieben? 469
- 5.4 Kernstruktur und Kernenergie 472
 - 5.4.1 Ein Rückblick auf die ersten drei Jahrzehnte 472
 - 5.4.2 Die wichtigsten Etappen bei der Erforschung des Atomkerns 477
 - 5.4.3 Becquerel: Warum fluoreszieren die Uransalze? 479
 - 5.4.4 Das Ehepaar Curie und Rutherford 481
 - 5.4.5 Das Rutherford-Bohrsche Modell zeichnet sich ab 485
 - 5.4.6 Die erste künstliche Kernreaktion 487
 - 5.4.7 Die Quantenmechanik kann auch auf die Erscheinungen der Kernphysik angewendet werden 487
 - 5.4.8 Von Rutherford vorhergesagt, von Chadwick gefunden: das Neutron 488
 - 5.4.9 Kernstruktur und Kernmodelle 489
 - 5.4.10 Die Kernspaltung: experimentelle Evidenz und theoretische Zweifel 493

5.4.11 Die Kettenreaktion und die Freisetzung der Kernenergie im großen Maßstab	498
5.4.12 Die Energieerzeugung durch Kernfusion – die Energiequellen der Sterne in den Händen des Menschen	501
5.4.13 Die Verantwortung des Physikers	502
5.5 Gesetz und Symmetrie	503
5.5.1 Pessimismus in den sechziger Jahren: Experimentalphysiker eilen voran	503
5.5.2 Die Entdeckungsgeschichte der Elementarteilchen	504
5.5.3 Einige Worte zur kosmischen Strahlung	508
5.5.4 Teilchenbeschleuniger und Detektoren	509
5.5.5 Grundlegende Wechselwirkungen	512
5.5.6 Die Erhaltungssätze	515
5.5.7 Symmetrie – Invarianz – Erhaltung	516
5.5.8 Spiegelungssymmetrie	519
5.5.9 „Die kleine Asymmetrie vergrößert das Ästhetikum“	522
5.5.10 Zurück zum Apeiron?	524
5.5.11 Energie mit Hilfe von Elementarteilchen?	526
5.5.12 An der Schwelle des dritten Jahrtausends	527
5.6 Mensch und Kosmos	528
5.6.1 Neue Informationskanäle	528
5.6.2 Der Energiehaushalt der Sterne	532
5.6.3 Geburt, Leben und Tod in kosmischen Maßstäben	534
5.6.4 Die Entstehung des Universums	537
5.6.5 „Zwischen Nichts und Unendlich“	542
5.7 Zusammenfassung und Ausblick	544
5.7.1 Die Frontlinien	544
5.7.2 Ergänzungen	547
5.7.3 Physik, Philosophie, Gesellschaft an der Jahrtausendwende	548
5.7.4 Das Standard-Modell und jenseits dieses Modells	551
5.7.5 Das Große Laboratorium	558
5.7.6 Die Fragen und Zweifel wachsen an	560
Literatur	565
Personenregister (zusammengestellt von Ildikó Csurgay)	571
Register arabischer Namen und Begriffe	590
Sachregister	591
Periodensystem der Elemente	} ausklappbares Blatt
Herkunft der Namen der Elemente und der Teilchen	
Die Grundkonstanten der Physik	