

# Inhaltsverzeichnis

**Vorwort** *XI*

- 1 Einführung. Die klassische Physik und die Physik der Informationstechnologie** *1*
- 1.1 Der Zustand der Materie in der klassischen Physik *1*
- 1.2 Axiome in der klassischen Physik *2*
- 1.3 Stand und Wirkung der klassischen Physik bis zum Ende des 19. Jahrhunderts *4*
- 1.4 Physikalischer Hintergrund der High-Tech-Ära *7*
- 1.5 Entwicklung der Physik im Spiegel der Beleuchtungstechnik *8*
- 1.5.1 Die Glühlampe *8*
- 1.5.2 Die Entladungslampe *10*
- 1.5.3 Leucht- und Laserdioden *11*
- 1.6 Physikbedarf der Elektrotechnik heute und morgen *12*
- 1.7 Wissen testen *15*
  
- 2 Wärmestrahlung: Physik der Glühbirne und des Pyrometers** *17*
- 2.1 Wärmestrahlung geheizter Körper *17*
- 2.2 Energieverteilung des elektromagnetischen Feldes in einem Metallkasten bei Temperatur  $T$  *19*
- 2.3 Bestimmung der Durchschnittsenergie pro Freiheitsgrad *20*
- 2.4 Praktische Anwendungen des Planck'schen Strahlungsgesetzes *22*
- 2.5 Bedeutung des Planck'schen Strahlungsgesetzes für die Physik *24*
- 2.6 Wissen testen *27*
  
- 3 Photonen. Die Physik des Lasers** *29*
- 3.1 Der fotoelektrische Effekt *29*
- 3.2 Praktische Anwendungen des Fotoeffekts *31*
- 3.3 Der Compton-Effekt *32*
- 3.4 Die Einstein'sche Photonhypothese *33*
- 3.5 Planck'sches Strahlungsgesetz und die Photonen *34*

- 3.6 Der Laser 36
- 3.7 Wissen testen 40
  
- 4 Elektronen. Die Physik der Entladungslampe 41**
  - 4.1 Die Entladungslampe 41
  - 4.2 Frank-Hertz-Experiment 42
  - 4.3 Modelle des Wasserstoffatoms 44
  - 4.4 Praktische Folgen der Energiequantelung für die Entladungslampe 48
  - 4.5 Die de Broglie-Hypothese 51
  - 4.6 Das Davisson-Germer-Experiment 52
  - 4.7 Teilchen-Welle-Dualismus des Elektrons 53
  - 4.8 Wissen testen 55
  
- 5 Das Teilchenkonzept der Quantenmechanik 57**
  - 5.1 Teilchen und Wellen in der klassischen Physik 57
  - 5.2 Doppelspaltexperiment mit einem einzigen Elektron 60
  - 5.3 Die Born-Jordan-Interpretation der Elektronenwelle 61
  - 5.4 Die Heisenberg'sche Unschärferelation 61
  - 5.5 Das Teilchenkonzept der Quantenmechanik 62
  - 5.6 Die Skalenabhängigkeit der Physik 64
  - 5.7 In Richtung einer neuen Physik 65
  - 5.8 Wellennatur der Elektronen in der Elektrotechnik 66
  - 5.9 Darstellung der Elektronenwelle 67
  - 5.10 Wissen testen 68
  
- 6 Die quantenmechanische Messung. Postulate 1–3 71**
  - 6.1 Die Zustandsfunktion 72
  - 6.2 Mathematische Begriffe bezüglich der Zustandsfunktionen 73
  - 6.3 Die messbaren Größen der Quantenmechanik 74
  - 6.4 Mathematische Begriffe bezüglich der Operatoren 75
  - 6.5 Die Messung in der Quantenmechanik 76
  - 6.6 Wissen testen 82
  
- 7 Quantenmechanische Operatoren. Postulate 4–5. Übergang zwischen klassischer Mechanik und Quantenmechanik 83**
  - 7.1 Heisenberg'sche Vertauschungsrelationen 83
  - 7.2 Die Schrödinger'sche Operatorwahl 84
  - 7.3 Der Vektoroperator des Drehimpulses 85
  - 7.4 Die zeitabhängige Schrödinger-Gleichung 87
  - 7.5 Zeitentwicklung der physikalischen Größen 88
  - 7.6 Das Ehrenfest-Theorem 90
  - 7.7 Wissen testen 92

- 8 Quantenmechanische Zustände 93**
- 8.1 Ortseigenzustände 94
- 8.2 Impulseigenzustände 96
- 8.3 Stationäre Zustände 97
- 8.4 Freie Bewegung 99
- 8.5 Gebundene Zustände 101
- 8.6 Wissen testen 105
  
- 9 Der Potenzialtopf: Grundlage moderner Leuchtdioden 107**
- 9.1 Quantentopf LEDs 107
- 9.2 Energieeigenwerte im Quantentopf 109
- 9.3 Anwendung in LED und Detektoren 113
- 9.4 Stationäre Elektronenzustände im Potenzialtopf 114
- 9.5 Unendlicher Potenzialtopf 115
- 9.6 Der unendliche Quantentopf und das klassische Punktmassenkonzept 117
- 9.7 Wissen testen 119
  
- 10 Der Tunneleffekt und seine elektrotechnische Bedeutung 121**
- 10.1 Das Rastertunnelmikroskop 121
- 10.2 Elektron an der Potenzialwand 122
- 10.3 Feldemission, Leckströme, Durchschlagsfeldstärke. Flash-Speicher 127
- 10.4 Resonanztunneln. Quantum-FET, Kaskadenlaser 130
- 10.5 Wissen testen 135
  
- 11 Das Wasserstoffatom. Quantenzahlen. Elektronenspin 137**
- 11.1 Eigenzustände von  $L_z$  138
- 11.2 Eigenzustände von  $L^2$  139
- 11.3 Energieeigenzustände des Elektrons im Wasserstoffatom 142
- 11.4 Drehimpuls der Elektronen. Der Spin 147
- 11.5 Wissen testen 151
  
- 12 Quantenmechanik für Mehrteilchensysteme. Chemische Eigenschaften der Atome. Quanteninformationstechnik 153**
- 12.1 Mehrteilchensysteme. Chemische Eigenschaften der Atome. Quanteninformationstechnik. 153
- 12.2 Das Pauli-Prinzip 154
- 12.3 Näherung unabhängiger Elektronen (Ein-Teilchen-Näherung) 156
- 12.4 Atome mit mehreren Elektronen 159
- 12.5 Chemische Eigenschaften der Atome 160
- 12.6 Periodensystem der Elemente 161
- 12.7 Bedeutung der Superpositionszustände für die Zukunft der Elektronik 163
- 12.8 Wissen testen 167

**Anhang A Formelsammlung aus der Newton'schen Mechanik 169**

- A.1 Grundbegriffe 169
  - A.1.1 Punktmasse 169
  - A.1.2 Bezugssystem 169
  - A.1.3 Bahn 169
  - A.1.4 Kinematik 170
- A.2 Newton'sche Axiome der klassischen Mechanik 171
- A.3 Erhaltungsgesetze der dynamischen Größen 171
- A.4 Beispiele: Dynamik des Teilchens unter verschiedenen Krafttypen 172
  - A.4.1 Elektronen im homogenen Kraftfeld 172
  - A.4.2 Harmonische Schwingung 173
- A.5 Wellen im elastischen Medium 173
- A.6 Wellenoptik 175
  - A.6.1 Beugung am Doppelspalt 176
  - A.6.2 Röntgenbeugung am Kristallgitter 176
- A.7 Energieverteilung unter vielen Teilchen im Gleichgewicht 177
- A.8 Kanonisch konjugierte Größen 178
- A.9 Spezielle Relativitätstheorie 179

**Anhang B Mathematische Formelsammlung 181**

- B.1 Zahlen 181
- B.2 Differenzial- und Integralrechnung 182
- B.3 Operatoren 184
- B.4 Differenzialgleichungen 185
- B.5 Vektoren und Matrizen 185

**Anhang C Notationsverzeichnis 187**

**Richtig gelöst 193**

**Mehr zum Thema 201**

**Quellennachweis 203**

**Stichwortverzeichnis 207**