

Inhalt

Vorwort — V

| | |
|----------|---|
| 1 | Einführung — 1 |
| 1.1 | Das Atom als philosophische Hypothese — 1 |
| 1.2 | Entstehung der Quantenmechanik — 2 |
| 1.3 | Tabellen — 4 |
| | |
| 2 | Das Atom als wissenschaftliche Hypothese — 9 |
| 2.1 | Chemischer Atomismus — 9 |
| 2.2 | Kinetische Gastheorie — 11 |
| 2.3 | Brownsche Bewegung — 14 |
| | |
| 3 | Das Atom als physikalisches Objekt — 20 |
| 3.1 | Die moderne Anschauung vom Atom — 20 |
| 3.2 | Elektrische Ladungen im Atom — 24 |
| 3.2.1 | Gasentladungen — 24 |
| 3.2.2 | Die Entdeckung des Elektrons — 27 |
| 3.2.3 | Massenspektrometrie — 29 |
| 3.3 | Die Entdeckung des Atomkerns – Rutherford-Streuung — 33 |
| 3.3.1 | Streuung und Struktur — 33 |
| 3.3.2 | Rutherford-Streuung — 39 |
| 3.3.3 | Konsequenzen aus dem Rutherford-Experiment — 42 |
| 3.4 | Elektronische Struktur von Atomen — 43 |
| 3.4.1 | Lichterscheinungen in der Gasentladungsröhre — 43 |
| 3.4.2 | Franck-Hertz-Versuch — 45 |
| 3.4.3 | Atomare Lichtemission und -absorption – Spektrallinien — 46 |
| | |
| 4 | Dualismus von Teilchen und Welle — 54 |
| 4.1 | Klassische Vorstellung — 54 |
| 4.2 | Elektromagnetische Wellen als Teilchen — 55 |
| 4.2.1 | Wärmestrahlung — 55 |
| 4.2.2 | Der photoelektrische Effekt — 62 |
| 4.2.3 | Der Compton-Effekt — 67 |
| 4.2.4 | Photonen — 70 |
| 4.3 | Teilchen als Welle — 76 |
| 4.3.1 | Beugung von Elektronen — 76 |
| 4.3.2 | Beugung großer Moleküle — 79 |
| 4.3.3 | Orts- und Impuls-Unschärfe — 80 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.4 | Übersicht — | 82 |
| 4.5 | Das Bohrsche Modell des Wasserstoffatoms — | 84 |
| 4.5.1 | Bohrsche Postulate — | 84 |
| 4.5.2 | Bahnradien und Bahngeschwindigkeiten des Elektrons im Bohr-Modell des Wasserstoffs — | 87 |
| 4.5.3 | Energiezustände des Elektrons im Wasserstoffatom — | 88 |
| 5 | Quantenmechanik — | 93 |
| 5.1 | Materiewellen — | 93 |
| 5.1.1 | Wellenfunktion — | 93 |
| 5.1.2 | Bedeutung der Wellenfunktion — | 95 |
| 5.1.3 | Dispersion und Form der Wellenfunktion — | 95 |
| 5.1.4 | Eindimensionales Materiewellenpaket — | 98 |
| 5.1.5 | Heisenbergsche Unschärferelation — | 101 |
| 5.2 | Die Schrödinger-Gleichung — | 106 |
| 5.2.1 | Das kräftefreie Teilchen im Eindimensionalen — | 106 |
| 5.2.2 | Teilchen im eindimensionalen konservativen Kraftfeld — | 107 |
| 5.2.3 | Teilchen im dreidimensionalen, konservativen Kraftfeld — | 111 |
| 5.3 | Einfache quantenphysikalische Systeme im Eindimensionalen — | 112 |
| 5.3.1 | Das gebundene Teilchen im unendlich hohen Potenzialtopf — | 112 |
| 5.3.2 | Eindimensionaler harmonischer Oszillator — | 118 |
| 5.3.3 | Reflexion eines Teilchens an einer Potenzialstufe — | 122 |
| 5.3.4 | Tunneleffekt — | 127 |
| 5.4 | Formale Elemente der Quantenmechanik — | 132 |
| 5.4.1 | Hamilton-Operator — | 132 |
| 5.4.2 | Observable als Operatoren — | 134 |
| 5.4.3 | Kompatible Observablen — | 136 |
| 5.4.4 | Der Drehimpuls in der Quantenmechanik — | 137 |
| 6 | Modellsystem Wasserstoffatom — | 142 |
| 6.1 | Quantenmechanische Beschreibung des Wasserstoffatoms — | 142 |
| 6.1.1 | Schrödinger-Gleichung — | 142 |
| 6.1.2 | Eigenzustände und Quantenzahlen — | 144 |
| 6.1.3 | Eigenenergien — | 145 |
| 6.1.4 | Atomorbitale — | 150 |
| 6.2 | Der Spin — | 154 |
| 6.2.1 | Der Stern-Gerlach-Versuch — | 156 |
| 6.2.2 | Der Spin als neue physikalische Observable — | 158 |
| 6.3 | Feinstruktur — | 163 |
| 6.3.1 | Spin-Bahn-Kopplung und relativistische Korrekturen — | 164 |
| 6.3.2 | Weitere sehr kleine Korrekturen — | 167 |

| | |
|----------|--|
| 6.4 | Wasserstoffähnliche Systeme — 169 |
| 6.4.1 | Echte Wasserstoffsysteme — 169 |
| 6.4.2 | Alkalimetallatome — 171 |
| 7 | Atome mit mehreren Elektronen — 176 |
| 7.1 | Allgemeine Regeln für Ensembles von Quantenteilchen — 176 |
| 7.1.1 | Ununterscheidbarkeit — 176 |
| 7.1.2 | Zwei Sorten von Quantenobjekten und das Pauli-Prinzip — 177 |
| 7.2 | Das Periodensystem der Elemente — 179 |
| 7.2.1 | Aufbau — 179 |
| 7.2.2 | Hundsche Regeln — 182 |
| 7.2.3 | Charakteristische physikalische Eigenschaften der Elemente — 184 |
| 7.3 | Rumpfniveaus innerer Elektronen — 188 |
| 7.3.1 | Ionisation durch Auslösen von Rumpfelektronen — 188 |
| 7.3.2 | Röntgenfluoreszenz — 190 |
| 7.3.3 | Auger-Meitner-Effekt — 191 |
| 8 | Atomphysikalische Anwendungen — 197 |
| 8.1 | Licht und Materie — 197 |
| 8.1.1 | Absorption und Emission von Photonen — 197 |
| 8.1.2 | Auswahlregeln — 202 |
| 8.1.3 | Spontane Fluoreszenz und natürliche Linienbreite — 205 |
| 8.1.4 | Vergrößerte Linienbreiten — 208 |
| 8.2 | Laser — 211 |
| 8.3 | Atome in statischen magnetischen und elektrischen Feldern — 215 |
| 8.3.1 | Atome in statischen Magnetfeldern – Zeeman-Effekt — 216 |
| 8.3.2 | Atome in statischen elektrischen Feldern – Stark-Effekt — 217 |
| 8.4 | Moderne Spektroskopie atomarer Zustände — 218 |
| 8.4.1 | Doppler-freie Spektroskopie — 219 |
| 8.4.2 | Magnetische Resonanz und Cäsiumatomuhr — 221 |
| 8.5 | Unbewegte Atome und Ionen — 228 |
| 8.5.1 | Ionenfallen — 228 |
| 8.5.2 | Atomfallen — 230 |
| 8.5.3 | Optische Atomgitter — 232 |
| 9 | Struktur der Atomkerne — 238 |
| 9.1 | Zusammensetzung und Struktur der Atomkerne — 238 |
| 9.1.1 | Nukleonen — 238 |
| 9.1.2 | Nuklide — 239 |
| 9.1.3 | Ausdehnung und Ladungsverteilung der Kerne im Grundzustand — 242 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 9.2 | Bindungsenergie der Kerne — | 245 |
| 9.3 | Magnetische und elektrische Momente — | 248 |
| 9.3.1 | Kernspin und magnetisches Dipolmoment — | 248 |
| 9.3.2 | Elektrisches Quadrupolmoment — | 251 |
| 9.4 | Modellvorstellungen vom Atomkern — | 252 |
| 9.4.1 | Tröpfchenmodell — | 253 |
| 9.4.2 | Potenzialtopf-Modell — | 255 |
| 9.4.3 | Schalenmodell — | 256 |
| 9.5 | Das Deuteron — | 259 |
| 10 | Kernzerfall, Kernumwandlung und Radioaktivität — | 262 |
| 10.1 | Kernzerfall — | 262 |
| 10.1.1 | Statistik spontaner Zerfälle — | 262 |
| 10.1.2 | Zerfallsarten — | 264 |
| 10.1.3 | Zerfallsreihen — | 269 |
| 10.1.4 | Stabilität von Kernen im Tröpfchenmodell — | 271 |
| 10.2 | Wechselwirkung von Strahlung mit Materie — | 272 |
| 10.2.1 | Stopping Power, Absorption und Reichweite — | 272 |
| 10.2.2 | Nachweis ionisierender Strahlung — | 277 |
| 10.3 | Einfache Kernreaktionen — | 282 |
| 10.3.1 | Kernspaltung — | 282 |
| 10.3.2 | Kernfusion — | 285 |
| 10.3.3 | Lebenslauf der Sterne und stellare Nukleosynthese — | 287 |
| 10.4 | Strahlenexposition und Strahlenschutz — | 288 |
| 10.4.1 | Messgrößen — | 288 |
| 10.4.2 | Natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition — | 290 |
| 11 | Elementarer Aufbau der Materie — | 295 |
| 11.1 | Bausteine der Materie — | 295 |
| 11.1.1 | Quarks und Leptonen — | 295 |
| 11.1.2 | Anti-Materie — | 297 |
| 11.1.3 | Hadronen — | 298 |
| 11.2 | Kräfte und Felder — | 300 |
| 11.2.1 | Grundkräfte — | 300 |
| 11.2.2 | Stärke und Reichweite — | 306 |
| 11.2.3 | Kernkraft zwischen Nukleonen — | 307 |
| 11.2.4 | Das Mysterium der Masse – das Higgs-Feld — | 308 |
| 11.3 | Erhaltungssätze — | 310 |
| 11.4 | Zusammenfassung — | 312 |
| 11.5 | Teilchenphysik und Kosmologie — | 312 |
| 11.5.1 | Das Hubble-Gesetz und die Expansion des Universums — | 313 |

| | | |
|--------|--|------------|
| 11.5.2 | Das Urknallmodell und die Entwicklung des Universums — | 318 |
| 11.5.3 | Weitere Entwicklung des Universums — | 320 |
| 11.5.4 | Viele offene Fragen — | 322 |

| | |
|-----------------------|------------|
| Bildnachweis — | 325 |
|-----------------------|------------|

| | |
|-------------------------------|------------|
| Stichwortverzeichnis — | 327 |
|-------------------------------|------------|