

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 Lichemission 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