

Klaus Bethge/Gernot Gruber

Physik der Atome und Moleküle

Eine Einführung



Inhaltsverzeichnis

Teil I Propädeutik und Existenz 1

1 Einleitung 3

- 1.1 Physikalische Begriffe 4
- 1.2 Historischer Überblick 7

2 Atome als Elemente großer Gesamtheiten 19

- 2.1 Gaskinetik 20
- 2.2 Elemente der statistischen Physik 23
- 2.3 Die Maxwell-Boltzmann-Verteilung 27
- 2.4 Fluktuationen 34
- 2.5 Die Hohlraumstrahlung 38
- 2.6 Quantenstatistik und Photonengas 47

3 Äußere Merkmale und Eigenschaften der Atome 55

- 3.1 Die Ladung 55
- 3.2 Die Masse 58
- 3.3 Massenspektroskopie 63
- 3.4 Die spezifische Ladung des Elektrons 71
- 3.5 Relativistische Massenzunahme 73
- 3.6 Die Größe 77

Teil II Instrumentarium 85

4 Dualismus Welle-Teilchen 87

- 4.1 Das Licht als Teilchen 87
- 4.2 Das Elektron als Welle 93
- 4.3 Welle-Teilchen-Dualismus 95

5 Quantenmechanik 103

- 5.1 Wahrscheinlichkeits-Amplituden 104
- 5.2 Grundelemente und Wellengleichung 111
- 5.3 Interpretation 117
- 5.4 Die Unbestimmtheitsrelation 121
- 5.5 Minimales Wellenpaket 127
- 5.6 Erwartungswerte und klassischer Grenzfall 130
- 5.7 Teilchen in Potentialfeldern 137

6 Experimentelle Methoden der Spektroskopie 147

- 6.1 Lichtquellen 148
- 6.2 Spektralzerlegung 156
- 6.3 Strahlungsnachweis 166

Teil III Das freie Atom 173

7 Das Wasserstoffatom 175

- 7.1 Serien-Formel und Bohrsches Atommodell 175
- 7.2 Der Franck-Hertz-Versuch 179
- 7.3 Die Schrödinger-Gleichung mit Coulomb-Wechselwirkung 180
- 7.4 Der Bahndrehimpuls 189
- 7.5 Die Eigenfunktionen 196
- 7.6 Der Spin des Elektrons 200
- 7.7 Feinstrukturen im Energiespektrum 209

8 Periodensystem und Schalenstruktur 219

- 8.1 Pauli-Prinzip und Schalenbau 219
- 8.2 Experimentelle Daten zum Periodensystem 225
- 8.3 Röntgen-Spektren 231

9 Mehrelektronenatome 239

- 9.1 Die Spektren der Alkali-Atome 240
- 9.2 Näherungsverfahren mit Zentralpotential 244

- 9.3 Identische Teilchen 246
- 9.4 Hartree-Fock-Verfahren 250
- 9.5 Multiplettstruktur 252
- 9.6 Rydberg-Atome 256

10 Strahlende Übergänge 259

- 10.1 Lebensdauer von Anregungszuständen 260
- 10.2 Die Intensität von Spektral-Linien 262
- 10.3 Die Breite von Spektral-Linien 271
- 10.4 Der Laser 276
- 10.5 Spektroskopische Methoden mit hoher Auflösung 288

Teil IV Wechselwirkungen 297

11 Dynamische Atomprozesse 299

- 11.1 Schnelle Atomstöße 299
- 11.2 Experimentelle Untersuchungen dynamischer Atomprozesse 309
- 11.3 Spektroskopie bei Innerschalenanregung 314
- 11.4 Exotische Atome 317

12 Atome in äußeren Feldern 325

- 12.1 Die Addition magnetischer Momente 325
- 12.2 Der Zeeman-Effekt 330
- 12.3 Der Paschen-Back-Effekt 332
- 12.4 Atome in sehr starken Magnetfeldern 335
- 12.5 Der Stark-Effekt 340

13 Zweiatomige Moleküle 343

- 13.1 Arten der chemischen Bindung 344
- 13.2 Bindungs-Potentiale 347
- 13.3 Separation der Schrödinger-Gleichung 349
- 13.4 Das Wasserstoff-Molekül 352
- 13.5 Elektronische Energien und Termsymbolik 356
- 13.6 Molekülorbitale 360

XII *Inhaltsverzeichnis*

- 13.7 Hybridisierung 362
- 13.8 Schwingungsenergie 364
- 13.9 Das Franck-Condon-Prinzip 367
- 13.10 Rotationsenergien 370
- 13.11 Molekülspektren und das Fortrat-Diagramm 373
- 13.12 Der Raman-Effekt 376
- 13.13 Zwischenmolekulare Kräfte 381

14 Ausblick 385

Anhang 393

A Herleitungen und Rechnungen 395

- A.1 Herleitung der Beziehung 395
- A.2 Die Fehlerintegrale 396
- A.3 Die Integrale vom Typ $\int_b^c dx x^n e^{-ax}$ 398
- A.4 Mittelwerte von Verteilungen 398
- A.5 Energie-Schwankungsquadrat der Hohlraumstrahlung 402
- A.6 Der Nabla-Operator ∇ 402

B Naturkonstanten 405

Literaturverzeichnis 407

Namensregister 415

Sachregister 419