

# ***Inhalt***

## **Kapitel 1 Quantenverhalten**

1-1	Atommechanik . . . . .	17
1-2	Ein Experiment mit Kugeln . . . . .	18
1-3	Ein Experiment mit Wellen . . . . .	19
1-4	Ein Experiment mit Elektronen . . . . .	21
1-5	Die Interferenz von Elektronenwellen . . . . .	23
1-6	Beobachtung der Elektronen . . . . .	25
1-7	Grundprinzipien der Quantenmechanik . . . . .	29
1-8	Das Unbestimmtheitsprinzip . . . . .	31

## **Kapitel 2 Die Beziehung zwischen dem Wellen- und Teilchenstandpunkt**

2-1	Wahrscheinlichkeitsamplituden . . . . .	33
2-2	Messung von Ort und Impuls . . . . .	34
2-3	Beugung an Kristallen . . . . .	38
2-4	Die Größe eines Atoms . . . . .	41
2-5	Energieniveaus . . . . .	43
2-6	Philosophische Konsequenzen . . . . .	45

## **Kapitel 3 Wahrscheinlichkeitsamplituden**

3-1	Die Gesetze zur Kombination von Amplituden . . . . .	48
3-2	Das Interferenzbild bei zwei Spalten . . . . .	53
3-3	Streuung an einem Kristall . . . . .	57
3-4	Identische Teilchen . . . . .	60

## **Kapitel 4 Identische Teilchen**

4-1	Bose-Teilchen und Fermi-Teilchen . . . . .	65
4-2	Zustände mit zwei Bose-Teilchen . . . . .	68
4-3	Zustände mit $n$ Bose-Teilchen . . . . .	72
4-4	Emission und Absorption von Photonen . . . . .	74
4-5	Das Spektrum des schwarzen Körpers . . . . .	76
4-6	Flüssiges Helium . . . . .	82
4-7	Das Ausschließungsprinzip . . . . .	83

**Kapitel 5 Spin eins**

5-1	Das Filtern von Atomen mit einer Stern-Gerlach-Apparatur . . . . .	88
5-2	Experimente mit gefilterten Atomen . . . . .	94
5-3	Stern-Gerlach-Filter in Serie . . . . .	96
5-4	Basiszustände . . . . .	98
5-5	Interferierende Amplituden . . . . .	101
5-6	Die Maschinerie der Quantenmechanik . . . . .	104
5-7	Transformation auf eine andere Basis . . . . .	107
5-8	Andere Situationen . . . . .	110

**Kapitel 6 Spin  $\frac{1}{2}$** 

6-1	Transformation von Amplituden . . . . .	112
6-2	Transformation auf ein gedrehtes Koordinatensystem . . . . .	114
6-3	Drehungen um die z-Achse . . . . .	119
6-4	Drehungen von $180^\circ$ und $90^\circ$ um y . . . . .	123
6-5	Drehungen um x . . . . .	127
6-6	Beliebige Drehungen . . . . .	129

**Kapitel 7 Die Zeitabhängigkeit der Amplituden**

7-1	Atome in Ruhe; stationäre Zustände . . . . .	133
7-2	Gleichförmige Bewegung . . . . .	136
7-3	Potentielle Energie; Energieerhaltung . . . . .	140
7-4	Kräfte; der klassische Grenzfall . . . . .	145
7-5	Die »Präzession« eines Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchens . . . . .	147

**Kapitel 8 Die Hamiltonsche Matrix**

8-1	Amplituden und Vektoren . . . . .	152
8-2	Zerlegung von Zustandsvektoren . . . . .	154
8-3	Was sind die Basiszustände der Welt? . . . . .	158
8-4	Wie sich die Zustände mit der Zeit verändern . . . . .	161
8-5	Die Hamiltonsche Matrix . . . . .	164
8-6	Das Ammoniakmolekül . . . . .	166

**Kapitel 9 Der Ammoniak-Maser**

9-1	Die Zustände eines Ammoniakmoleküls . . . . .	172
9-2	Das Molekül in einem elektrostatischen Feld . . . . .	177
9-3	Übergänge in einem zeitabhängigen Feld . . . . .	183
9-4	Übergänge bei Resonanz . . . . .	186
9-5	Übergänge ohne Resonanz . . . . .	189
9-6	Die Lichtabsorption . . . . .	191

## Kapitel 10 Andere Zweizustandssysteme

10-1	Das Ion des Wasserstoffmoleküls . . . . .	194
10-2	Kernkräfte . . . . .	201
10-3	Das Wasserstoffmolekül . . . . .	204
10-4	Das Benzolmolekül . . . . .	207
10-5	Farbstoffe . . . . .	210
10-6	Die Hamiltonsche Matrix für ein Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen in einem magnetischen Feld . . . . .	211
10-7	Das Elektron mit Spin in einem magnetischen Feld . . . . .	214

## Kapitel 11 Weitere Zweizustandssysteme

11-1	Die Paulischen Spin-Matrizen . . . . .	219
11-2	Die Spin-Matrizen als Operatoren . . . . .	225
11-3	Die Lösung der Zweizustandsgleichungen . . . . .	229
11-4	Die Polarisationszustände des Photons . . . . .	231
11-5	Das neutrale K-Meson . . . . .	236
11-6	Verallgemeinerung auf $N$ -Zustandssysteme . . . . .	247

## Kapitel 12 Die Hyperfeinaufspaltung im Wasserstoff

12-1	Basiszustände für ein System mit zwei Spin- $\frac{1}{2}$ -Teilchen . . . . .	252
12-2	Der Hamiltonoperator für den Grundzustand des Wasserstoffs . . . . .	255
12-3	Die Energieniveaus . . . . .	261
12-4	Die Zeeman-Aufspaltung . . . . .	264
12-5	Die Zustände in einem magnetischen Feld . . . . .	268
12-6	Die Projektionsmatrix für Spin eins . . . . .	272

## Kapitel 13 Ausbreitung in einem Kristallgitter

13-1	Zustände eines Elektrons in einem eindimensionalen Gitter . . . . .	276
13-2	Zustände mit bestimmter Energie . . . . .	280
13-3	Zeitabhängige Zustände . . . . .	284
13-4	Ein Elektron in einem dreidimensionalen Gitter . . . . .	286
13-5	Weitere Zustände in einem Gitter . . . . .	288
13-6	Streuung an Fehlerstellen in einem Gitter . . . . .	289
13-7	Einfang durch eine Gitterfehlerstelle . . . . .	292
13-8	Streuamplituden und gebundene Zustände . . . . .	294

## Kapitel 14 Halbleiter

14-1	Elektronen und Löcher in Halbleitern . . . . .	296
14-2	Unreine Halbleiter . . . . .	302
14-3	Der Hall-Effekt . . . . .	305
14-4	Halbleiter-Übergänge . . . . .	308
14-5	Gleichrichtung an einem Halbleiter-Übergang . . . . .	311
14-6	Der Transistor . . . . .	313

**Kapitel 15 Die Näherung unabhängiger Teilchen**

15-1	Spin-Wellen . . . . .	317
15-2	Zwei Spin-Wellen . . . . .	322
15-3	Unabhängige Teilchen . . . . .	324
15-4	Das Benzolmolekül . . . . .	326
15-5	Weitere organische Chemie . . . . .	331
15-6	Andere Anwendungen der Näherung . . . . .	336

**Kapitel 16 Die Ortsabhängigkeit der Amplituden**

16-1	Amplituden auf einer Linie . . . . .	338
16-2	Die Wellenfunktion . . . . .	343
16-3	Zustände mit bestimmtem Impuls . . . . .	346
16-4	Normierung der $x$ -Zustände . . . . .	349
16-5	Die Schrödinger-Gleichung . . . . .	353
16-6	Quantisierte Energieniveaus . . . . .	356

**Kapitel 17 Symmetrie und Erhaltungssätze**

17-1	Symmetrie . . . . .	362
17-2	Symmetrie und Erhaltung . . . . .	366
17-3	Die Erhaltungssätze . . . . .	371
17-4	Polarisiertes Licht . . . . .	375
17-5	Der Zerfall des $\Lambda^0$ . . . . .	378
17-6	Zusammenstellung der Drehmatrizen . . . . .	384

**Kapitel 18 Drehimpuls**

18-1	Elektrische Dipolstrahlung . . . . .	386
18-2	Streuung des Lichts . . . . .	389
18-3	Die Vernichtung von Positronium . . . . .	392
18-4	Drehmatrix für beliebigen Spin . . . . .	400
18-5	Messung eines Kern-Spins . . . . .	404
18-6	Zusammensetzen von Drehimpulsen . . . . .	407
	Zusatz 1: Herleitung der Drehmatrix . . . . .	414
	Zusatz 2: Erhaltung der Parität bei der Photonenemission . . . . .	417

**Kapitel 19 Das Wasserstoffatom und das Periodensystem**

19-1	Die Schrödinger-Gleichung für das Wasserstoffatom . . . . .	419
19-2	Kugelsymmetrische Lösungen . . . . .	421
19-3	Zustände mit Winkelabhängigkeit . . . . .	426
19-4	Die allgemeine Lösung für Wasserstoff . . . . .	432
19-5	Die Wasserstoff-Wellenfunktionen . . . . .	436
19-6	Das Periodensystem . . . . .	439

**Kapitel 20 Operatoren**

20-1	Operationen und Operatoren . . . . .	446
20-2	Mittlere Energien . . . . .	449
20-3	Die mittlere Energie eines Atoms . . . . .	452
20-4	Der Ortsoperator . . . . .	455
20-5	Der Impulsoperator . . . . .	457
20-6	Drehimpuls . . . . .	463
20-7	Die zeitliche Änderung der Mittelwerte . . . . .	466

**Kapitel 21 Die Schrödinger-Gleichung in einem klassischen Zusammenhang:  
Ein Seminar über Supraleitfähigkeit**

21-1	Die Schrödinger-Gleichung in einem Magnetfeld . . . . .	470
21-2	Die Kontinuitätsgleichung für Wahrscheinlichkeiten . . . . .	473
21-3	Zwei Arten von Impuls . . . . .	475
21-4	Die Bedeutung der Wellenfunktion . . . . .	477
21-5	Supraleitfähigkeit . . . . .	479
21-6	Der Meissner-Effekt . . . . .	481
21-7	Flußquantisierung . . . . .	484
21-8	Die Dynamik der Supraleitfähigkeit . . . . .	487
21-9	Der Josephson-Übergang . . . . .	490

<b>Feynmans Epilog . . . . .</b>	<b>499</b>
----------------------------------	------------

<b>Register . . . . .</b>	<b>501</b>
---------------------------	------------