

# Landau Lifschitz



**Theoretische  
Physik  
kurzgefaßt**

Band 2

Quantentheorie

Carl Hanser Verlag  
München Wien

L. D. LANDAU † · E. M. LIFSCHITZ

# QUANTENTHEORIE

In deutscher Sprache herausgegeben von

Dr. Siegfried Matthies

Zentralinstitut für Kernforschung der Akademie der Wissenschaften der DDR, Rossendorf

Mit 21 Abbildungen



CARL HANSER VERLAG MÜNCHEN WIEN 1976



# Inhaltsverzeichnis

## TEIL I. Nichtrelativistische Theorie

Kapitel I.	<b>Die Grundbegriffe der Quantenmechanik</b> . . . . .	3
§	1. Das Unbestimmtheitsprinzip . . . . .	3
§	2. Das Superpositionsprinzip . . . . .	8
§	3. Operatoren . . . . .	10
§	4. Addition und Multiplikation von Operatoren . . . . .	15
§	5. Das kontinuierliche Spektrum . . . . .	17
§	6. Der Übergang zur klassischen Mechanik . . . . .	20
§	7. Die Dichtematrix . . . . .	22
Kapitel II.	<b>Die Erhaltungssätze in der Quantenmechanik</b> . . . . .	25
§	8. Der HAMILTON-Operator . . . . .	25
§	9. Die Differentiation von Operatoren nach der Zeit . . . . .	26
§	10. Stationäre Zustände . . . . .	27
§	11. Matrizen physikalischer Größen . . . . .	30
§	12. Der Impuls . . . . .	33
§	13. Die Unschärferelation . . . . .	37
§	14. Der Drehimpuls . . . . .	38
§	15. Die Eigenwerte des Drehimpulses . . . . .	41
§	16. Die Eigenfunktionen des Drehimpulses . . . . .	45
§	17. Die Addition von Drehimpulsen . . . . .	47
§	18. Auswahlregeln bezüglich des Drehimpulses . . . . .	49
§	19. Die Parität eines Zustandes . . . . .	53
Kapitel III.	<b>Die SCHRÖDINGER-Gleichung</b> . . . . .	57
§	20. Die SCHRÖDINGER-Gleichung . . . . .	57
§	21. Die Stromdichte . . . . .	59
§	22. Allgemeine Eigenschaften der Lösungen der SCHRÖDINGER-Gleichung . . . . .	61
§	23. Die Zeitumkehr . . . . .	64
§	24. Der Potentialtopf . . . . .	65
§	25. Der lineare harmonische Oszillator . . . . .	69
§	26. Die quasiklassische Wellenfunktion . . . . .	73
§	27. Die Quantisierungsvorschrift nach BOHR und SOMMERFELD . . . . .	75
§	28. Der Durchgangskoeffizient . . . . .	80
§	29. Die Bewegung im kugelsymmetrischen Feld . . . . .	85
§	30. Kugelwellen . . . . .	88
§	31. Die Bewegung im COULOMB-Feld . . . . .	93

Kapitel IV. <b>Störungstheorie</b> . . . . .	100
§ 32. Zeitunabhängige Störungen . . . . .	100
§ 33. Die Säkulargleichung . . . . .	102
§ 34. Zeitabhängige Störungen . . . . .	105
§ 35. Übergänge im kontinuierlichen Spektrum . . . . .	107
§ 36. Zwischenzustände . . . . .	109
§ 37. Die Unschärferelation für die Energie . . . . .	110
§ 38. Quasistationäre Zustände . . . . .	113
Kapitel V. <b>Der Spin</b> . . . . .	115
§ 39. Der Spin . . . . .	115
§ 40. Der Spinoperator . . . . .	118
§ 41. Spinoren . . . . .	119
§ 42. Die Polarisation von Elektronen . . . . .	123
§ 43. Ein Teilchen im Magnetfeld . . . . .	126
§ 44. Die Bewegung im homogenen Magnetfeld . . . . .	128
Kapitel VI. <b>Identische Teilchen</b> . . . . .	131
§ 45. Das Prinzip der Ununterscheidbarkeit gleichartiger Teilchen . . . . .	131
§ 46. Die Austauschwechselwirkung . . . . .	134
§ 47. Die zweite Quantisierung. Der Fall der BOSE-Statistik . . . . .	136
§ 48. Die zweite Quantisierung. Der Fall der FERMI-Statistik . . . . .	141
Kapitel VII. <b>Das Atom</b> . . . . .	145
§ 49. Die Energieniveaus eines Atoms . . . . .	145
§ 50. Die Elektronenzustände in einem Atom . . . . .	146
§ 51. Die Feinstruktur der Atomniveaus . . . . .	149
§ 52. Das MENDELEJEWSche Periodensystem der Elemente . . . . .	152
§ 53. Die RÖNTGEN-Terme . . . . .	158
§ 54. Das Atom im elektrischen Feld . . . . .	159
§ 55. Das Atom im Magnetfeld . . . . .	163
Kapitel VIII. <b>Das zweiatomige Molekül</b> . . . . .	169
§ 56. Die Elektronenterme des zweiatomigen Moleküls . . . . .	169
§ 57. Das Überschneiden der Elektronenterme . . . . .	171
§ 58. Die Valenz . . . . .	173
§ 59. Die Schwingungs- und die Rotationsstruktur der Terme eines zweiatomigen Moleküls . . . . .	178
§ 60. Para- und Orthowasserstoff . . . . .	181
§ 61. VAN DER WAALS-Kräfte . . . . .	183
Kapitel IX. <b>Die Theorie der elastischen Stöße</b> . . . . .	187
§ 62. Die Streuamplitude . . . . .	187
§ 63. Die quasiklassische Streubedingung . . . . .	190
§ 64. Diskrete Energieniveaus als Pole der Streuamplitude . . . . .	191
§ 65. Die Streuung langsamer Teilchen . . . . .	192
§ 66. Die Resonanzstreuung bei niedrigen Energien. . . . .	195
§ 67. Die BORNSche Formel . . . . .	197



§ 68. Die RUTHERFORDSche Formel . . . . .	203
§ 69. Stöße gleichartiger Teilchen . . . . .	204
§ 70. Elastische Stöße schneller Elektronen mit Atomen . . . . .	207
<b>Kapitel X. Die Theorie unelastischer Stöße . . . . .</b>	<b>211</b>
§ 71. Das Prinzip des detaillierten Gleichgewichts . . . . .	211
§ 72. Die elastische Streuung beim Vorhandensein unelastischer Prozesse . . . . .	214
§ 73. Die unelastische Streuung langsamer Teilchen . . . . .	216
§ 74. Unelastische Stöße schneller Elektronen mit Atomen . . . . .	217
 <b>TEIL II. Relativistische Theorie</b>	
<b>Kapitel XI. Das Photon . . . . .</b>	<b>223</b>
§ 75. Unschärferelationen im relativistischen Bereich . . . . .	223
§ 76. Die Quantisierung des freien elektromagnetischen Feldes . . . . .	227
§ 77. Photonen . . . . .	231
§ 78. Drehimpuls und Parität des Photons . . . . .	233
<b>Kapitel XII. Die DIRAC-Gleichung . . . . .</b>	<b>237</b>
§ 79. Die KLEIN-FOCK-Gleichung. . . . .	237
§ 80. Vierdimensionale Spinoren . . . . .	238
§ 81. Die Inversion von Spinoren . . . . .	242
§ 82. Die DIRAC-Gleichung . . . . .	243
§ 83. Die DIRAC-Matrizen . . . . .	246
§ 84. Die Stromdichte in der DIRAC-Gleichung . . . . .	249
<b>Kapitel XIII. Teilchen und Antiteilchen . . . . .</b>	<b>253</b>
§ 85. $\Psi$ -Operatoren . . . . .	253
§ 86. Teilchen und Antiteilchen . . . . .	255
§ 87. Der Zusammenhang zwischen Spin und Statistik . . . . .	259
§ 88. Streng neutrale Teilchen . . . . .	260
§ 89. Die innere Parität von Teilchen . . . . .	263
§ 90. Das CPT-Theorem . . . . .	265
§ 91. Das Neutrino . . . . .	268
<b>Kapitel XIV. Das Elektron in einem äußeren Feld . . . . .</b>	<b>271</b>
§ 92. Die DIRAC-Gleichung für ein Elektron im äußeren Feld. . . . .	271
§ 93. Das magnetische Moment des Elektrons . . . . .	272
§ 94. Die Spin-Bahn-Wechselwirkung. . . . .	275
<b>Kapitel XV. Strahlung . . . . .</b>	<b>279</b>
§ 95. Der Operator für die elektromagnetische Wechselwirkung . . . . .	279
§ 96. Spontane und induzierte Emission. . . . .	283
§ 97. Die Dipolstrahlung . . . . .	284

§ 98. Multipolstrahlung . . . . .	286
§ 99. Die Strahlung von Atomen . . . . .	288
§ 100. Die Infrarotkatastrophe . . . . .	290
§ 101. Lichtstreuung . . . . .	292
§ 102. Die natürliche Breite von Spektrallinien . . . . .	296
<b>Kapitel XVI. FEYNMAN-Diagramme . . . . .</b>	<b>299</b>
§ 103. Die Streumatrix . . . . .	299
§ 104. FEYNMAN-Diagramme . . . . .	303
§ 105. Strahlungskorrekturen . . . . .	310
§ 106. Strahlungskorrekturen atomarer Energieniveaus. . . . .	311
<b>Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>315</b>