

Inhaltsverzeichnis

1	Klassische Mechanik und Relativitätstheorie	1
1.1	Kurze Übersicht ausgewählter Gleichungen	1
1.1.1	Die Lagrangeschen Bewegungsgleichungen	1
1.1.2	Die Hamiltonschen Bewegungsgleichungen	2
1.1.3	Die kanonischen Transformationen	3
1.2	Numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen	3
1.2.1	Löser mit fester Schrittweite	4
1.2.2	Variable Schrittweiten	8
1.2.3	Steife Differentialgleichungen	9
1.2.4	Realisierungen in MATLAB	11
1.2.5	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	13
1.3	Betrachtungen zum Zweikörper-Zentralkräfteproblem	14
1.3.1	Das Keplerproblem	14
1.3.2	Die Periheldrehung	18
1.3.3	Irdische Satellitenbahnen	22
1.3.4	Die Swing-By Technik	26
1.3.5	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	30
1.4	Oszillatoren und Chaos	31
1.4.1	Das Kepler-System und seine Äquivalenz zum harmonischen Oszillator	31
1.4.2	Simulationswerkzeuge am Beispiel des harmonischen Oszillators	34
1.4.3	Das ebene Pendel	36
1.4.4	Das Foucaultsche Pendel	40
1.4.5	Das chaotische Doppelpendel	43
1.4.6	Berechnung von Nullstellen	51
1.4.7	Das diamagnetische Wasserstoffatom	52
1.4.8	Gleichgewichtspunkte, Katastrophen und Hysterese	62
1.4.9	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	65
1.5	Billardsysteme und inelastische Stöße	66
1.5.1	Chaos im Stadion	68
1.5.2	Inelastische Stöße	70
1.5.3	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	71
1.6	Dreikörperproblem und Lagrangesche Punkte	71
1.7	Starrer Körper	76
1.7.1	Der schwere symmetrische Kreisel	76
1.7.2	Der umfallende Schornstein	79
1.7.3	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	82
1.8	Relativistische Mechanik	82
1.8.1	Metrik	82
1.8.2	Lorentz-Transformation	83
1.8.3	Der relativistische Doppler-Effekt	85
1.8.4	Visualisierung der Schwarzschild-Metrik	86
1.8.5	Lichtablenkung im Gravitationsfeld	87
1.8.6	Gravitationswellen	90

1.8.7	Kosmische Expansion	94
1.8.8	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	97
2	Klassische Elektrodynamik	98
2.1	Die Maxwell-Gleichungen - Übersicht	98
2.2	Ladungen im elektromagnetischen Feld	99
2.2.1	Lagrange- und Hamilton-Funktion im elektromagnetischen Feld	99
2.2.2	Bewegung einer Ladung in homogenen statischen elektrischen und magnetischen Feldern	100
2.2.3	Bewegung einer Ladung im elektrischen Quadrupol- und homogenen Magnetfeld	102
2.2.4	Teilchenbeschleuniger	104
2.2.5	Beschleunigte Bewegung relativistischer Teilchen im magnetischen Feld.	115
2.2.6	Felder gleichförmig bewegter Ladungen	119
2.2.7	Kurze Übersicht der MATLAB Programme	121
3	Einfache Quantensysteme	122
3.1	Kurzer Abriss der Quantenmechanik	122
3.1.1	Die Schrödinger-Gleichung	122
3.1.2	Die Schrödinger-Gleichung als Eigenwertproblem: Der Hamilton-Operator	125
3.1.3	Dirac-Formulierung der Quantenzustände	131
3.1.4	Integrabilität und Separabilität	132
3.2	Drehimpuls	140
3.2.1	Grundlagen	140
3.2.2	Die Eulerschen Winkel	145
3.2.3	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	149
3.3	Quantendynamik im Phasenraum	149
3.4	Wellenpakete: Simulation und Visualisierung	154
3.4.1	Propagation eines freien Wellenpakets	154
3.4.2	Der Zeitentwicklungsoperator	157
3.4.3	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	171
3.5	Simulation zeitunabhängiger Quantensysteme	171
3.5.1	Rechteckpotenziale und Potenzialsprünge	171
3.5.2	Oszillatoren	179
3.5.3	Quantensysteme in äußeren Feldern	194
3.5.4	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme.	195
3.6	Zeitabhängige Störungstheorie	196
4	Finite Elemente in der Quantenmechanik	200
4.1	Vorbemerkungen	200
4.2	Das Verfahren der Finiten Elemente	200
4.2.1	Umformung der Schrödinger-Gleichung	201
4.2.2	Interpolationspolynome	202
4.2.3	Hermite-Interpolationspolynome	205
4.2.4	Erweiterte Hermitesche Interpolationspolynome	208
4.2.5	Ein MATLAB-Programm zur Berechnung von Interpolationspolynomen	208
4.2.6	Globale und lokale Basis	209
4.2.7	Das MATLAB-Programm zur Berechnung der Hamiltonischen Matrix	214
4.3	Ergänzende numerische Betrachtungen	217
4.4	Diagonalisierungsverfahren	221
4.4.1	Lanczos-Verfahren	222
4.5	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	225

5	Zufallszahlen und Quanten-Monte-Carlo Verfahren	226
5.1	Zufallszahlen	226
5.1.1	Erzeugung beliebig verteilter Zufallszahlen	226
5.1.2	Zufallsmatrizen	232
5.2	Das Variationsverfahren	235
5.3	Quanten-Monte-Carlo Verfahren	238
5.3.1	Monte-Carlo Integration	238
5.3.2	Variationelles Quanten-Monte-Carlo Verfahren	241
5.4	Kurze Übersicht der MATLAB-Programme	246
6	Kurzeinführung in MATLAB und die Symbolic Math Toolbox	247
6.1	MATLAB	247
6.1.1	Befehlen, Arrays und Indizierung	247
6.1.2	Dokumentation - Plot-Befehle	249
6.1.3	Matrix- und Arrayoperationen	251
6.1.4	Berechnung der Inversen	251
6.1.5	Logik und Ablaufsteuerung	252
6.1.6	MATLAB-Funktionen und Skripte	256
6.1.7	Zellvariablen, Strukturen und Tabellen	259
6.1.8	Kann man mit ∞ rechnen?	263
6.2	Aspekte der Berechnungsgenauigkeit	263
6.3	Die Symbolic Math-Toolbox	268
	Literaturverzeichnis	271
	Index	275