

Inhaltsverzeichnis

1	Klassische Mechanik	1
1.1	Was bedeutet eigentlich „klassisch“?	1
1.2	Zur Bedeutung mathematischer Modelle	1
1.3	Womit beschäftigt sich die klassische Mechanik?	5
1.4	Newtonsche Mechanik	7
1.4.1	Bewegung, Geschwindigkeit und Beschleunigung	7
1.4.2	Die Kraft als Ursache der Bewegungsänderung	10
1.4.3	Wovon Kräfte abhängen	11
1.4.4	Die Grundgleichungen der Newtonschen Mechanik	19
1.4.5	Bewegungsgleichungen lösen	24
1.4.6	Definition von Impuls, kinetischer Energie und Drehimpuls	33
1.4.7	Dynamik eindimensionaler Bewegungen	36
1.4.8	Dynamik dreidimensionaler Bewegungen	46
1.4.9	Dynamik von Mehrteilchensystemen	58
1.4.10	Der Zustandsbegriff in der klassischen Mechanik	65
1.4.11	Der Observablenbegriff in der klassischen Mechanik	66
1.4.12	Mechanik des starren Körpers*	68
1.5	Bezugssysteme und das Raumzeit-Konzept der Newtonschen Mechanik	91
1.5.1	Galileitransformationen und Inertialsysteme	91
1.5.2	Rotierende Bezugssysteme	99
1.6	Lagrangeformalismus	103
1.6.1	Ein neuer Zugang – das Wirkungsprinzip	103
1.6.2	Beispiel: der harmonische Oszillator	103
1.6.3	Lagrangefunktion	106
1.6.4	Verallgemeinerte Koordinaten und verallgemeinerte Geschwindigkeiten	107
1.6.5	Verallgemeinerte Impulse und die Euler-Lagrange-Gleichungen	109
1.6.6	Symmetrien und Erhaltungssätze	115
1.6.7	Beispiel: Das gravitative Zweikörperproblem und die Keplerbewegung	127
1.6.8	Systeme mit Zwangsbedingungen: Pendelbewegungen	136
1.6.9	Einige weitere Lagrangefunktionen*	139
1.6.10	Mehrteilchensysteme und Galilei-Invarianz im Lagrangeformalismus	143
1.7	Hamiltonformalismus	148
1.7.1	Hamiltonfunktion	148
1.7.2	Die Hamiltonschen Gleichungen	149
1.7.3	Phasenraum, Wirkungsprinzip und Poissonklammern	152
1.7.4	Kanonische Transformationen*	157
1.7.5	Hamilton-Jacobi-Theorie*	160

1.8	Aufgaben	165
2	Spezielle Relativitätstheorie	173
2.1	Warum eine neue Theorie?	173
2.2	Raum und Zeit in relativistischer Sicht	175
2.2.1	Lorentztransformationen	175
2.2.2	Relativistische Effekte von Raum und Zeit	180
2.2.3	Die Raumzeit und ihre Geometrie	190
2.3	Relativistische Mechanik	202
2.3.1	Kräftefreie Bewegung	202
2.3.2	Masselose Teilchen	208
2.3.3	Wechselwirkungen, Poincaré-Invarianz und Erhaltungsgrößen	210
2.3.4	Relativistische Bewegung im äußeren elektromagnetischen Feld	211
2.3.5	Relativistische Stoßgesetze	218
2.3.6	Die Äquivalenz von Masse und Energie	219
2.3.7	Vierervektoren, Viererschreibweise und relativistische Kovarianz*	227
2.4	Die Bedeutung der Speziellen Relativitätstheorie für die Physik	241
2.5	Aufgaben	243
	Anhang	251
A	Lösungen und Lösungstipps zu den Aufgaben	253
A.1	Klassische Mechanik	253
A.2	Spezielle Relativitätstheorie	273
B	Mathematischer Anhang	287
B.1	Vektoren	287
B.1.1	Skalarprodukt	287
B.1.2	Einsteinsche Summenkonvention	288
B.1.3	Vektorprodukt	288
B.2	Epsilon-Symbol (Epsilon-Tensor)	290
B.3	Matrizen: Beschreibung von Drehungen und Drehspiegelungen	293
B.4	Krummlinige Koordinaten	297
B.4.1	Ebene Polarkoordinaten	297
B.4.2	Kugelkoordinaten	298
B.4.3	Zylinderkoordinaten	298
B.5	Differenzieren	300
B.5.1	Kettenregel	301
B.5.2	Leibnizsche Kettenregel	302
B.6	Ein bisschen Vektoranalysis	304
B.6.1	Skalar- und Vektorfelder	304
B.6.2	Gradient und Richtungsableitung	306
B.6.3	Rotation	307
B.6.4	Beziehungen zwischen Gradient und Rotation	308

B.6.5	Laplace-Operator	309
B.7	Integrieren	312
B.7.1	Volumsintegrale	313
B.7.2	Linienintegrale	315
B.8	Griechisches Alphabet	318
C	Einheiten und Konstanten	319
C.1	Massen- und Energieeinheiten	319
C.2	Fundamentale Naturkonstanten	319
C.3	Auf Himmelskörper bezogene Konstanten	320
Index		325