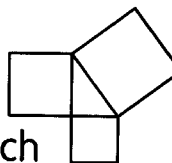


Walter Greiner

Klassische Mechanik I

Kinematik und Dynamik
der Punktteilchen
Relativität

Verlag
Harri
Deutsch 

Inhaltsverzeichnis

I	Vektorrechnung	1
1	Einführung und Grunddefinitionen	1
2	Das Skalarprodukt	3
3	Komponentendarstellung eines Vektors	6
4	Das Vektorprodukt (axialer Vektor)	9
5	Das Spatprodukt	20
6	Anwendung der Vektorrechnung	21
7	Differentiation und Integration von Vektoren	33
8	Das begleitende Dreibein – Frenetsche Formeln	41
9	Flächen im Raum	56
10	Koordinatensysteme	59
11	Vektorielle Differentialoperationen	73
12	Bestimmung von Linienintegralen	98
13	Die Integralsätze von Gauß und Stokes	101
14	Berechnung von Oberflächenintegralen	113
15	Volumen-(Raum-)Integrale	117
II	Newtonsche Mechanik	121
16	Die Newtonschen Axiome	121
17	Grundbegriffe der Mechanik	126
18	Die allgemeine lineare Bewegung	145
19	Der freie Fall	148
20	Die Reibung	157
21	Der harmonische Oszillator	180
22	Mathematische Zwischenbetrachtung (Reihenentwicklung, Eulersche Formeln)	193
23	Der gedämpfte harmonische Oszillator	196
24	Das Pendel	210
25	Mathematische Vertiefung: Differentialgleichungen	224
26	Planetenbewegungen	229
27	Spezielle Probleme in Zentralfeldern	264
28	Die Erde und unser Sonnensystem	276
III	Relativitätstheorie	341
29	Relativitätsprinzip und Michelson-Versuch	341
30	Die Lorentz-Transformation	349
31	Eigenschaften der Lorentz-Transformation	368
32	Additionstheorem der Geschwindigkeiten	398

33	Die Grundgrößen der Mechanik im Minkowski-Raum	403
34	Anwendungen der speziellen Relativitätstheorie	438
	Sachwortverzeichnis	463

Aufgaben und Beispiele

A 3.1	Addition und Subtraktion von Vektoren	8
A 4.1	Vektorprodukt	15
A 4.2	Beweis von Determinantenregeln	15
A 4.3	Determinanten	17
B 4.1	Laplacescher Entwicklungssatz	18
A 6.1	Abstandsvektor	21
A 6.2	Projektion eines Vektors auf einen anderen	22
A 6.3	Geraden- und Ebenengleichung	22
B 6.1	Der Kosinussatz	23
B 6.2	Der Satz von Thales	23
B 6.3	Die Drehmatrix	24
A 6.4	Überlagerung von Kräften	26
B 6.4	Gleichgewichtsbedingung für einen starren Körper ohne feste Drehachse	27
A 6.5	Kraft und Drehmoment	28
A 6.6	Stabkräfte im Dreibock	30
A 6.7	Gesamtkraft und Drehmoment	31
B 7.1	Differentiation eines Vektors	33
B 7.2	Differentiation eines Produktes aus Skalar und Vektor	35
A 7.1	Geschwindigkeit und Beschleunigung auf einer Raumkurve	36
B 7.3	Kreisbewegung	36
B 7.4	Schraubenlinie	37
B 7.5	Integration eines Vektors	39
A 7.2	Integration eines Vektors	39
A 7.3	Bewegung auf einer Raumkurve	39
A 7.4	Flugzeug landet auf spezieller Raumkurve	41
A 8.1	Krümmung und Torsion	47
B 8.1	Frenetsche Formeln am Kreis	48
B 8.2	Begleitendes Dreibein und Schraubenlinie	49
B 8.3	Evolvente eines Kreises	53
A 8.2	Bogenlänge	53
B 8.4	Verallgemeinerung der Evolute	54
B 9.1	Normalenvektor einer Fläche im Raum	58
A 10.1	Zur Geschwindigkeit und Beschleunigung in Zylinderkoordinaten	69
A 10.2	Darstellung eines Vektors in Zylinderkoordinaten	71
A 10.3	Winkelgeschwindigkeit und Radialbeschleunigung	71

A 11.1	Gradient eines Skalarfeldes	80
A 11.2	Bestimmung des Skalarfeldes aus dem zugehörigen Gradientenfeld .	81
A 11.3	Divergenz eines Vektorfeldes	81
A 11.4	Rotation eines Vektorfeldes	81
A 11.5	Elektrische Feldstärke, elektrisches Potential	82
A 11.6	Differentialoperationen in Kugelkoordinaten	83
A 11.7	Reziprokes Dreibein	88
A 11.8	Reziproke Koordinatensysteme	89
B 12.1	Linienintegral über ein Vektorfeld	100
A 13.1	Wegunabhängigkeit eines Linienintegrals	107
A 13.2	Bestimmung der Potentialfunktion	109
A 13.3	Wirbelfluß eines Kraftfeldes durch eine Halbkugel	110
A 13.4	Zum konservativen Kraftfeld	112
B 14.1	Zur Berechnung eines Oberflächenintegrals	114
A 14.1	Flußdurch eine Oberfläche	115
B 15.1	Berechnung eines Volumenintegrals	118
A 15.1	Berechnung einer Gesamtkraft aus der Kraftdichte	119
A 16.1	Einfache Seilrolle	124
A 16.2	Doppelte Seilrolle	124
B 17.1	Potentielle Energie	129
A 17.1	Impulsstoß durch zeitabhängiges Kraftfeld	131
A 17.2	Kraftstoß	132
A 17.3	Das ballistische Pendel	133
B 17.2	Kräfte bei der Bewegung auf einer Ellipse	137
A 17.4	Berechnung von Drehimpuls und Drehmoment	139
A 17.5	Nachweis, daß ein gegebenes Kraftfeld konservativ ist	140
A 17.6	Kraftfeld, Potential, Gesamtenergie	140
A 17.7	Impuls und Kraft am Rammfahl	141
B 17.3	Elementare Betrachtungen über Scheinkräfte	142
A 19.1	Bewegung einer Masse im konstanten Kraftfeld	153
A 19.2	Bewegung auf einer Schraubenlinie im Schwerfeld	153
A 19.3	Raumschiff umkreist Erde	156
B 20.1	Freier Fall mit Reibung nach Stokes	158
B 20.2	Der schräge Wurf mit Reibung nach Stokes	160
A 20.1	Freier Fall mit Newtonscher Reibung	165
A 20.2	Bewegung einer Lokomotive mit Reibung	168
B 20.3	Die schiefe Ebene	169
A 20.3	Zwei Massen auf schiefen Ebenen	171
A 20.4	Eine Kette rutscht vom Tisch	172
A 20.5	Eine Scheibe auf Eis – der Reibungskoeffizient	174
A 20.6	Ein Autounfall	175
A 20.7	Ein Teilchen auf einer Kugel	176
A 20.8	Eine Leiter lehnt an einer Wand	178
A 20.9	Eine Masse rutscht unter Haft- und Gleitreibung	179

A 21.1	Amplitude, Frequenz und Periode einer harmonischen Schwingung .	187
A 21.2	Masse hängt an Feder	188
A 21.3	Schwingung einer Masse an einer ausgelenkten Feder	188
A 21.4	Schwingung eines schwimmenden Zylinders	189
A 21.5	Masse hängt an zwei Federn und schwingt	189
B 21.1	Zusammengesetzte Federn	191
A 21.6	Schwingung eines drehbar gelagerten Stabes	192
A 22.1	Zur Taylorreihe	195
A 23.1	Gedämpfte Schwingung eines Teilchens	205
A 23.2	Harmonischer Oszillator wird von außen erregt	207
A 23.3	Massenpunkt in der x - y -Ebene	208
A 24.1	Die Zyклоide	214
A 24.2	Das Zyклоidenpendel	215
A 24.3	Eine Perle gleitet auf einer Zyклоide	217
A 24.4	Das Probleme der Tautochrone	218
A 24.5	Bewegung einer Peitschenschnur	221
B 26.1	Das Cavendish-Experiment	235
A 26.1	Kraftgesetz einer Kreisbahn	248
A 26.2	Kraftgesetz einer Spiralbahn	249
A 26.3	Die Lemniskatenbahn	249
A 26.4	Fluchtgeschwindigkeit auf der Erde	251
A 26.5	Das Raketenproblem	251
A 26.6	Bewegungsgleichungen einer Zweistufenrakete	254
A 26.7	Kondensation eines Wassertropfens	254
A 26.8	Bewegung eines Lastwagens mit variabler Ladung	255
B 26.2	Die reduzierte Masse	256
A 26.9	Bahn eines Kometen	258
A 26.10	Bewegung im Zentralfeld	259
A 26.11	Meerwasser als Raketenantrieb	262
B 26.3	Geschichtliche Bemerkung zur Vertiefung	262
A 27.1	Gravitationskraft eines homogenen Stabes	267
A 27.2	Gravitationskraft einer homogenen Scheibe	268
A 27.3	Gravitationspotential einer Hohlkugel	269
A 27.4	Tunnel durch die Erde	270
A 27.5	Stabilität einer Kreisbahn	275
A 27.6	Stabilität einer Kreisbahn	275
A 28.1	Massenakkretion der Sonne	324
B 28.1	Bewegung eines geladenen Teilchens im Magnetfeld der Sonne	325
B 28.2	Ausflug zu den äußeren Planeten	327
A 28.2	Periheldrehung	337
A 30.1	Lorentz-Invarianz der Wellengleichung	361
A 30.2	Rapidität	367
B 31.1	Zerfall der Myonen	370
A 31.1	Zur Zeitdilatation	371

A 31.2	Relativität der Gleichzeitigkeit	372
A 31.3	Klassische Längenkontraktion	374
A 31.4	Zur Längenkontraktion	375
A 31.5	Lorentz-Transformation für beliebig orientierte Relativgeschwindigkeit	397
B 33.1	Konstruktion der Viererkraft durch Lorentz-Transformation	408
B 33.2	Der Einsteinsche Kasten	413
B 33.3	Zum Massenzuwachs mit der Geschwindigkeit	414
A 33.1	Relativistischer Massenzuwachs	416
A 33.2	Ablenkung des Lichtes im Gravitationsfeld	418
A 33.3	Massenverlust der Sonne durch Strahlung	426
A 33.4	Geschwindigkeitsabhängigkeit der Protonenmasse	426
A 33.5	Effektivität eines funktionierenden Fusionsreaktors	427
A 33.6	Zerfall des π^+ -Mesons	428
A 33.7	Lebensdauer der K^+ -Mesonen	429
A 33.8	Zur Kernspaltung	432
A 33.9	Masse-Energie-Äquivalenz am Beispiel des π^0 -Mesons	432
A 33.10	Zur Paarvernichtung	433
A 33.11	Kinetische Energie des Photons	434
A 33.12	Das sogenannte „Zwillingsparadoxon“	435
A 33.13	Kinetische Energie eines relativistischen Teilchens	437
A 34.1	Die relativistische Rakete	448
A 34.2	Die Photonenrakete	450
A 34.3	Das relativistische Zentralkraftproblem	451
B 34.1	Beispiel zur Vertiefung: Gravitationslinsen	459

Historische Notizen

1	Leopold Kronecker	5
2	Pierre Frédéric Sarrus	12
3	Thales von Milet	23
4	Jean Frédéric Frenet	44
5	Jean Gaston Darboux	46
6	Gabriel Cramer	67
7	Pierre Simon Laplace	79
8	Carl Friedrich Gauß	101
9	Sir George Gabriel Stokes	106
10	August Ferdinand Möbius	116
11	Isaak Newton	122
12	Robert Hooke	148
13	Leonhard Euler	195
14	Christiaan Huygens	221
15	Johannes Kepler	229
16	Tycho Brahe	230
17	Henry Cavendish	236
18	Giovanni Domenico Cassini	250
19	Edwin Hubble	278
20	Immanuel Kant	294
21	Claudius Ptolemäus	296
22	Nikolaus Kopernikus	297
23	Sir Friedrich Wilhelm Herschel	303
24	Val Logsdon Fitch	307
25	James Watson Cronin	307
26	Andrej Sacharov	308
27	Robert Woodrow Wilson	308
28	Arno Allan Penzias	309
29	George Gamow	309
30	Robert Dicke	311
31	Philip James Edwin Peebles	311
32	Vera Cooper Rubin	313
33	Fritz Zwicky	316
34	Bohdan Paczynski	321
35	Galileo Galilei	341
36	Albert Abraham Michelson	344

37	Albert Einstein	347
38	Hendrik Antoon Lorentz	350
39	Hermann Minkowski	354
40	Anton Lampa	376
41	Robert Vivian Pound	435
42	Wolfgang Pauli	448
43	Arnold Johannes Wilhelm Sommerfeld	458