

Inhaltsverzeichnis

0 Einleitung	1
1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes	1
1.1 Grundbegriffe und Formeln	1
1.1.1 Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung	1
1.1.2 Kinematische Diagramme	2
1.1.3 Geradlinige Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit (gleichförmige Bewegung)	2
1.1.4 Geradlinige Bewegung mit konstanter Beschleunigung (gleichmäßig beschleunigte Bewegung oder gleichmäßig verzögerte Bewegung)	3
1.1.5 Ungleichförmig beschleunigte Bewegung	3
1.2 Aufgaben mit Lösungen	5
Aufgabe 1.1 Freier Fall	5
Aufgabe 1.2 Bewegung von Zug und Kraftfahrzeug	6
Aufgabe 1.3 Geradlinige Bewegung eines Fahrzeugs	7
Aufgabe 1.4 Auffahrunfall zweier Fahrzeuge	9
Aufgabe 1.5 Zwei sich begegnende Körper auf parallelen Strecken	11
Aufgabe 1.6 Punktmasse über Seil an Gleitstein gekoppelt	13
Aufgabe 1.7 Parallelprojektion einer Kreisbewegung	16
Aufgabe 1.8 Kinematik eines Überholvorgangs	18
Aufgabe 1.9 Kinematik eines Motorradausflugs	19
Aufgabe 1.10 Freier Fall unter Berücksichtigung des Luftwiderstandes	20
Aufgabe 1.11 Sedimentation in hochviskosen Medien	22
Aufgabe 1.12 Bewegungsgleichung eines Feder-Massen-Schwingers	23
Aufgabe 1.13 Freier Fall aus großer Höhe	24
1.3 Fragen und Antworten	27
2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes	29
2.1 Grundbegriffe und Formeln	29
2.1.1 Ebene Bewegung in einem rechtwinkligen Koordinatensystem	29
2.1.2 Ebene Bewegung in natürlichen Koordinaten; Tangential- und Normalbeschleunigung	32
2.1.3 Bewegung auf kreisförmiger Bahn; Winkelgeschwindigkeit, Winkelbeschleunigung, gleichförmige Kreisbewegung, gleichmäßig beschleunigte Kreisbewegung	34
2.1.4 Beschreibung der Bewegung in Polarkoordinaten	36
2.1.5 Räumliche Punktbewegung	36

2.2 Aufgaben mit Lösungen	38
Aufgabe 2.1 Ebene Punktbewegung in Parameterdarstellung	38
Aufgabe 2.2 Bewegung des Schnittpunktes zweier Geraden	39
Aufgabe 2.3 Bewegungsanalyse eines Motorradsprungs	40
Aufgabe 2.4 Hubschrauberflug	42
Aufgabe 2.5 Steil- und Flachwurf	44
Aufgabe 2.6 Räumliche Bahnkurve	45
Aufgabe 2.7 Rollendes Rad auf horizontaler Unterlage	47
Aufgabe 2.8 Punktbewegung auf ebener Kurve	50
Aufgabe 2.9 Ziehen eines Bootes über einen Kanal	51
Aufgabe 2.10 Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe	53
Aufgabe 2.11 Kreisbewegung eines Punktes	54
Aufgabe 2.12 Kreisförmige Kurvenfahrt eines Zuges	55
Aufgabe 2.13 Entgegengesetzte Punktbewegungen auf einer Kreisbahn	57
Aufgabe 2.14 Bremsscheibe	59
Aufgabe 2.15 Schwungscheibe	60
Aufgabe 2.16 Rotierende Schleifenschwinge	61
Aufgabe 2.17 Roboter	62
2.3 Fragen und Antworten	63
3 Kinematik des starren Körpers	65
3.1 Grundbegriffe und Formeln	65
3.1.1 Translation und Rotation sowie Winkelgeschwindigkeit des starren Körpers	65
3.1.2 Ebene Bewegung des starren Körpers (mit Hinweisen auf die Bewegung im Raum), Momentanpol, Geschwindigkeit und Beschleunigung	66
3.2 Aufgaben mit Lösungen	70
Aufgabe 3.1 Rechtwinkliger Kreuzschieber	70
Aufgabe 3.2 Dreieckscheibe	72
Aufgabe 3.3 Beschleunigte rollende Kreisscheibe	73
Aufgabe 3.4 Kette einer Planierraupe	75
3.3 Fragen und Antworten	78
4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktssysteme	81
4.1 Grundbegriffe und Formeln	81
4.1.1 Dynamisches Grundgesetz (Massenpunkt)	81
4.1.2 Prinzip von D'ALEMBERT (Massenpunkt)	82
4.1.3 Impulssatz (Massenpunkt)	83
4.1.4 Arbeit, Energie, Leistung (Massenpunkt)	84
4.1.5 Energiesatz und Arbeitssatz (Massenpunkt)	86

4.1.6 Schwerpunktsatz, Impulssatz, Drallsatz beim Massenpunktsystem	87
4.2 Aufgaben mit Lösungen	90
Aufgabe 4.1 Anziehen eines Autos	90
Aufgabe 4.2 Antriebskraft einer Straßenbahn	90
Aufgabe 4.3 Ebene Massenpunktbewegung in Parameterdarstellung	91
Aufgabe 4.4 Beschleunigte Bewegung und schiefe Ebene	93
Aufgabe 4.5 Drei miteinander verbundene Massen	94
Aufgabe 4.6 Bremsung eines Krans	96
Aufgabe 4.7 Fall eines Transportguts	97
Aufgabe 4.8 Massenpunkt an kreisförmiger Wand	99
Aufgabe 4.9 Massenpunkt auf rauer Unterlage	101
Aufgabe 4.10 Sprung aus einem fahrenden Boot	102
Aufgabe 4.11 Arbeit eines Gepäckträgers	103
Aufgabe 4.12 Aufprall eines beladenen Wagens	103
Aufgabe 4.13 Reibscheibenkopplung	104
Aufgabe 4.14 Abbremsung auf rauer Unterlage	105
Aufgabe 4.15 Bewegung auf rauer schiefer Ebene	106
Aufgabe 4.16 Reibungsfreie horizontale Bewegung eines Massenpunktes	107
Aufgabe 4.17 Fahrzeug auf glatter Fahrbahn	108
Aufgabe 4.18 Untersuchung einer Schiebehülse	110
4.3 Fragen und Antworten	112
5 Kinetik starrer Körper	115
5.1 Grundbegriffe und Formeln	115
5.1.1 Translation	115
5.1.2 Rotation um eine feste Achse	115
5.1.3 Massenträgheitsmomente	117
5.1.4 Auswuchten von Rotoren	124
5.1.5 Ebene Bewegung des starren Körpers	125
5.1.5.1 Schwerpunktsatz, Drallsatz	125
5.1.5.2 Prinzip von D'ALEMBERT	126
5.1.5.3 Energiesatz und Arbeitssatz	127
5.1.6 Räumliche Bewegung starrer Körper	128
5.1.6.1 Schwerpunktsatz, Drallsatz	128
5.2 Aufgaben mit Lösungen	130
Aufgabe 5.1 Rotierender L-förmig gebogener Körper	130
Aufgabe 5.2 Massenträgheitsmoment von Kreisringsegment mit konstanter Dicke	131
Aufgabe 5.3 Massenträgheitsmoment einer homogenen Kugel	132
Aufgabe 5.4 Auswuchten eines starren Rotors	133
Aufgabe 5.5 Gekoppelte Körper auf schiefer Ebene	137

Aufgabe 5.6 Rollende Walze	139
Aufgabe 5.7 Fördersystem aus Rollen und Seil	142
Aufgabe 5.8 Schweres Seil auf Windentrommel	145
Aufgabe 5.9 System aus zwei Körpern und einer Rolle	146
Aufgabe 5.10 Drehbarer Stab	147
5.3 Fragen und Antworten	149
6 Schwingungen	151
6.1 Grundbegriffe und Formeln	151
6.1.1 Freie ungedämpfte Schwingungen	155
6.1.2 Federn und Federnschaltungen	158
6.1.3 Freie gedämpfte Schwingungen	159
6.1.3.1 Das logarithmische Dekrement (Dämpfungsdecrement)	161
6.1.4 Erzwungene Schwingungen	162
6.1.4.1 Krafterregung oder Erregung über eine Feder (Federkrafterregung)	162
6.1.4.2 Unwuchterregung	165
6.2 Aufgaben mit Lösungen	167
Aufgabe 6.1 Taktmesser (Metronom)	167
Aufgabe 6.2 Rollschwinger	167
Aufgabe 6.3 Schwingsystem aus Kreisscheibe und Feder	168
Aufgabe 6.4 Scheibe mit Feder	169
Aufgabe 6.5 Dünner Stab mit Feder	171
Aufgabe 6.6 Schwingende Kreisscheibe	172
Aufgabe 6.7 Masse mit Balken und Stäben	174
Aufgabe 6.8 Feder-Masse-Dämpfer-System	176
Aufgabe 6.9 Ausschwingversuch	177
Aufgabe 6.10 Federkrafterregtes System	178
Aufgabe 6.11 Harmonisch erregtes Federende	179
Aufgabe 6.12 Schwinger mit Erregerkraft	181
Aufgabe 6.13 Unwuchterregte Maschine	183
6.3 Fragen und Antworten	185
7 Stoßvorgänge	187
7.1 Grundbegriffe und Formeln	187
7.2 Aufgaben mit Lösungen	191
Aufgabe 7.1 Stoß auf horizontaler Unterlage	191

Aufgabe 7.2 Stoß auf schiefer Ebene	192
Aufgabe 7.3 Stoß gegen drehbar gelagerten Körper	194
Aufgabe 7.4 Stoß zwischen Pendel und drehbarem Stab	196
7.3 Fragen und Antworten	198
8 Relativbewegung	199
8.1 Grundbegriffe und Formeln	199
8.2 Aufgaben mit Lösungen	203
Aufgabe 8.1 Mit dem Boot über einen Fluss	203
Aufgabe 8.2 Gleitstein in radialer Führung einer rotierenden Scheibe	204
Aufgabe 8.3 Kreisbewegung eines Punktes auf rotierender Scheibe	206
Aufgabe 8.4 Radiale Punktbewegung auf einem drehbaren Stab	208
Aufgabe 8.5 Fliehkraftpendel	209
8.3 Fragen und Antworten	211
Leitlinien zum Lösen von Aufgaben aus Kinematik und Kinetik	212
Anhang: Zusammenstellung der Formeln (Formelsammlung)	214
A1 Kinematik der geradlinigen Bewegung eines Punktes	214
A2 Kinematik der krummlinigen Bewegung eines Punktes	215
A3 Kinematik des starren Körpers	221
A4 Kinetik des Massenpunktes und der Massenpunktssysteme	223
A5 Kinetik starrer Körper	229
A6 Schwingungen	236
A7 Stoßvorgänge	240
A8 Relativbewegung	242
Das griechische Alphabet	245
Vorsätze und Vorsatzzeichen für dezimale Teile und Vielfache von Einheiten	245
Einheitennamen und Einheitenzeichen	246
Einige Formeln aus der Mathematik	247

Einige Grundlagen und Formeln aus der Statik	248
S1 Kräfte, Lagerungen, Freimachen, Axiome, Schnittprinzip	248
S2 Zentrales Kräftesystem	253
S3 Allgemeines Kräftesystem	256
S4 Ebenes Fachwerk	259
S5 Schnittgrößen am Balken	261
S6 Schwerpunkt	263
S7 Haftung und Reibung	267
S8 Biegeschlaffes Seil	268
Einige Grundbegriffe und Formeln der Festigkeitslehre	271
F1 Einheiten; Spannungen	271
F2 Verformungen	272
F3 Zusammenhang zwischen Spannungen und Verformungen	273
F4 Zug und Druck in Stäben	273
F5 Flächenträgheitsmomente; Lage der Hauptachsen; Widerstandsmomente	275
F6 Biegung	280
F7 Torsion	283
F8 Lage der Schubmittelpunkte von dünnwandigen Profilen	287
F9 Querkraftschub	288
F10 Knickung	288
F11 Dünnwandige Behälter (Membranschalen) unter Innendruck	291
F12 Festigkeitshypothesen, Vergleichsspannung	292
F13 Zugfestigkeit R_m , Streckgrenze $R_{p0,2}$ und Bruchdehnung A_5 einiger Werkstoffe	293
F14 Zulässige Spannungen für Kran-Stahltragwerke	293
F15 Ausgewählte Werkstoffkennwerte	294
F16 Anwendung des Energieprinzips bei Biegebeanspruchung (CASTIGLIANO, MOHR-sches Arbeitsintegral, Kraftgrößenverfahren)	295
Literatur	300
Sachwortverzeichnis	301
