

Inhaltsverzeichnis

I Mechanik 11

1 Kinematik 11

1.1 Einleitung und Übersicht 11

1.2 Eindimensionale Bewegung 16

1.3 Kinematische Diagramme 21

1.4 Bewegungen in der Ebene – zweidimensionale Kinematik 28

1.5 Bewegungen in drei Raumrichtungen – Vektoren 30

1.6 Bewegungen auf einer Kreisbahn 32

1.7 Übungsaufgaben 36

2 Grundgesetze der klassischen Mechanik 40

2.1 Übersicht 40

2.2 NEWTONsche Axiome 41

2.3 Anmerkungen zum Begriff der Masse 44

2.4 Anmerkungen zum Begriff ‘Kraft’ und zum SI-Einheitensystem 46

2.5 Beispiele für Kraftgesetze 47

2.5.1 Gewichtskraft 47

2.5.2 Federkräfte 48

2.5.3 Reibungskräfte 50

2.5.4 Kraftgesetze – Abhängigkeit reziprok zum Abstandsquadrat 50

2.6 Übungsaufgaben 54

3 Impuls und Impulssatz 56

3.1 Impuls eines materiellen Teilchens 57

3.1.1 Definition (differentielle Darstellung) und SI-Einheiten 57

3.1.2 Kraftstoß (integrale Darstellung) 57

3.1.3 Satz von der Erhaltung des Impulses 59

3.2 Impulssatz für ein System materieller Teilchen – Schwerpunktsatz 59

3.2.1 Teilchensysteme 59

3.2.2 Äußere und innere Kräfte 60

3.2.3 Impulssatz für ein System materieller Teilchen 61

3.2.4 Drehmoment 63

3.2.5 Massenmittelpunkt 64

3.2.6	Schwerpunktsatz	66
3.2.7	Beispiele für die Erhaltung des Impulses	67
3.3	Übungsaufgaben	69
4	Arbeit, Energie und Energiesatz der Mechanik	70
4.1	Arbeit – Definition	70
4.1.1	Arbeit, verrichtet von einer konstanten Kraft	71
4.1.2	Arbeit, verrichtet von einer ortsabhängigen Kraft	74
4.1.3	Beschleunigungsarbeit – Arbeit-Energie-Theorem	75
4.2	Leistung	77
4.3	Satz von der Erhaltung der Energie	77
4.3.1	Hubarbeit und Beschleunigungsarbeit im Schwerfeld	78
4.3.2	Energiediagramm eines Feder-Masse-Systems	79
4.3.3	Energiesatz und konservative Kräfte	80
4.4	Übungsaufgaben	83
5	Stoßprozesse	84
5.1	Übersicht und Grundbegriffe	84
5.2	Einteilung mechanischer Stoßprozesse	85
5.3	Gerader, zentraler, (vollständig) elastischer Stoß zweier Körper	86
5.3.1	Allgemeiner Fall	87
5.3.2	Diskussion von Sonderfällen	88
5.3.3	Energieübertragung beim geraden, zentralen, elastischen Stoß	89
5.4	Gerader, zentraler, inelastischer Stoß	92
5.4.1	Allgemeiner Fall	92
5.4.2	Sonderfall – Vollständig inelastischer (oder plastischer) Stoß	92
5.5	Zweidimensionale Stoßprozesse	93
5.5.1	Schiefer, zentraler, elastischer Stoß zweier Körper	93
5.5.2	Schiefer, zentraler, inelastischer Stoß zweier Körper	94
5.6	FRANCK-HERTZ-Versuch	96
5.7	Übungsaufgaben	97

II Schwingungslehre 99

1	Periodizität und harmonische Bewegungen/Schwingungen	99
1.1	Einleitung	99
1.2	Harmonische Bewegungsformen und ihre mathematische Beschreibung	100

1.3	Harmonische Bewegungen/Schwingungen	105
1.4	Differentialgleichung ungedämpfter harmonischer Bewegungen	108
1.5	Übungsaufgaben	110
2	Eindimensionale harmonische Schwingungen	112
2.1	Einleitung	112
2.2	Standard-Modell – Feder-Masse-System oder Federpendel	113
2.2.1	Differentialgleichung ungedämpfter harmonischer Schwingungen . .	113
2.2.2	Lösung der Differentialgleichung	115
2.2.3	Auslenkung, Geschwindigkeit und Beschleunigung	118
2.2.4	Energiebetrachtungen	123
2.3	Weitere Beispiele für ungedämpfte harmonische Bewegungen	125
2.3.1	Physikalisches Pendel bei kleinen Auslenkungen	125
2.3.1.1	Aufstellen der Differentialgleichung	127
2.3.1.2	Linearisieren der Differentialgleichung	128
2.3.1.3	Lösung der Differentialgleichung	129
2.3.2	Mathematisches Pendel bei kleinen Auslenkungen	129
2.3.3	Torsions- oder Drehpendel	130
2.3.3.1	Aufstellen der Differentialgleichung	131
2.3.3.2	Lösung der Differentialgleichung	132
2.3.4	Analogien Federpendel – Torsionspendel	132
2.4	Übungsaufgaben	133
3	Gedämpfte (quasi)harmonische Schwingungen	136
3.1	Einleitung	136
3.2	Differentialgleichung viskos gedämpfter Schwingungen	138
3.3	Lösung der Differentialgleichung viskos gedämpfter Schwingungen	139
3.4	Diskussion der Lösung der Differentialgleichung für den Schwingfall . . .	142
3.4.1	Bestimmung der Integrationskonstanten	142
3.4.2	Logarithmisches Dekrement	144
3.4.3	Bestimmung des Abklingkoeffizienten δ	145
3.4.4	Zusammenfassung	147
3.5	Kriechfall und aperiodischer Grenzfall	148
3.5.1	Kriechfall	148
3.5.2	Aperiodischer Grenzfall	149
3.6	Übungsaufgaben	152

III Wärmelehre	154
1 Aufbau der Materie	154
1.1 Phasen	154
1.2 Grundbegriffe	157
1.2.1 Masseneinheiten im atomaren Bereich	157
1.2.2 Teilchenmenge n – Basisgröße im SI-Einheitensystem	159
1.2.3 Verknüpfungen zwischen den definierten Größen	160
1.3 Spezifische und molare physikalische Größen	161
1.3.1 Spezifische physikalische Größen	161
1.3.2 Molare physikalische Größen	161
1.4 Übungsaufgaben	163
2 Kinetische Gastheorie	164
2.1 Ideale Gase – Modellvorstellungen	164
2.2 Kinetische Ableitung des Gasdruckes p	165
2.2.1 Vorgehensweise zur Herleitung des Druckes	165
2.2.2 Geometrie und Nomenklatur	166
2.2.3 Anwendung ‘Erhaltung des Impulses’	167
2.2.4 Anzahl der Kollisionen Z eines Einzelmoleküls mit einer Wand	167
2.2.5 Statistische Betrachtungen – Summation über N Moleküle	168
2.2.6 Berechnung des Gesamtdruckes	168
2.3 Folgerungen aus der Grundgleichung	169
2.3.1 Mittlere Geschwindigkeit	169
2.3.2 Zustandsgleichung idealer Gase	170
2.3.3 Gastemperatur T	172
2.3.4 Molare Gaskonstante und Innere Energie idealer Gase	176
2.3.5 Makroskopische Beschreibung idealer Gase	177
2.4 MAXWELLSche Geschwindigkeitsverteilung	177
2.4.1 Verteilungsfunktion nach MAXWELL	177
2.4.2 Definition spezieller Geschwindigkeiten	179
2.5 Übungsaufgaben	181
3 1. Hauptsatz der Wärmelehre	183
3.1 Begriffe und Definitionen	183
3.1.1 Systembegriff	183
3.1.2 Zustand und Zustandsgrößen	184

3.1.2.1	Gleichgewicht, Zustandsgrößen, Zustandsfunktionen	185
3.1.2.2	Zustandsänderungen – thermodynamische Prozesse	185
3.1.2.3	Zustandsgleichungen	186
3.1.2.4	Zustandsdiagramme	186
3.1.3	Wärme	187
3.1.4	Arbeit	187
3.2	Wärmekapazitäten	189
3.2.1	Definitionen	190
3.2.1.1	Wärmekapazität C	190
3.2.1.2	Spezifische Wärmekapazität c	190
3.2.1.3	Molare Wärmekapazität C_m	190
3.2.2	Abhängigkeit von der Temperatur	191
3.2.3	Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen	191
3.2.4	Spezifische und molare Wärmekapazitäten	191
3.2.5	Temperaturabhängigkeit von Wärmekapazitäten	192
3.2.5.1	Kristalline Festkörper	192
3.2.5.2	Flüssigkeiten	193
3.2.5.3	Gase	194
3.3	Innere Energie U und 1. Hauptsatz	195
3.4	Übungsaufgaben	198
4	Spezielle Zustandsänderungen idealer Gase	199
4.1	Isochore Zustandsänderungen	201
4.2	Isotherme Zustandsänderungen	202
4.3	Isobare Zustandsänderungen	204
4.4	Isentrope Zustandsänderungen	205
4.5	Polytrope Zustandsänderungen	208
4.6	Übungsaufgaben	209

IV Anhang Mathematik 211

1	Vektoren	211
1.1	Einleitung	211
1.2	Skalare und Vektoren	211
1.3	Graphische Darstellung eines Vektors	212
1.4	Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar	212

1.5 Vektoraddition und Vektorsubtraktion – Graphisch 213

1.6 Einheitsvektoren und Komponentenschreibweise 214

1.7 Vektoraddition und Vektorsubtraktion – Analytisch 217

1.8 Vektorprodukte zweier Vektoren 218

1.9 Rechtssysteme und Linkssysteme 226

1.10 Differenzieren und Integrieren von Vektoren 227

Sachwortverzeichnis 228

V Systemanforderungen und Hinweise zur Nutzung der CD 231

1 Systemanforderungen 231

2 Hinweise zur Nutzung der beigefügten CD 231