

Inhaltsverzeichnis

Teil I Mechanik

1	Einführung, Längen- und Zeitmessung	3
1.1	Einführung	3
1.2	Messung von Längen, echte Längenmessung	4
1.3	Die Längeneinheit Meter	6
1.4	Unechte Längenmessung bei sehr großen Längen	7
1.5	Winkelmessung	9
1.6	Zeitmessung, echte Zeitmessung	10
1.7	Uhren, graphische Aufzeichnung	11
1.8	Messung periodischer Folgen gleicher Zeiten und Längen	13
1.9	Unechte Zeitmessung	15
	Aufgaben	16
2	Darstellung von Bewegungen, Kinematik	17
2.1	Definition von Bewegung, Bezugssystem	17
2.2	Definition der Geschwindigkeit, Beispiel einer Geschwindigkeitsmessung	18
2.3	Definition der Beschleunigung, die beiden Grenzfälle	20
2.4	Bahnbeschleunigung, gerade Bahn	22
2.5	Konstante Radialbeschleunigung, Kreisbahn	27
2.6	Die Unterscheidung physikalischer Größen und ihrer Zahlenwerte	28
2.7	Grundgrößen und abgeleitete Größen	29
	Aufgaben	30

3	Grundlagen der Dynamik	33
3.1	Kraft und Masse	33
3.2	Messverfahren für Kraft und Masse, die Grundgleichung der Mechanik	36
3.3	Einheiten von Kraft und Masse, Größengleichungen	39
3.4	Dichte und spezifisches Volumen	40
	Aufgaben	40
4	Anwendungen der Grundgleichung	43
4.1	Konstante Beschleunigung auf gerader Bahn	43
4.2	Kreisbahn, Radialkraft	46
4.3	Sinusförmige Schwingungen, Schwerependel als Sonderfall	52
4.4	Zentralbewegungen	56
4.5	Ellipsenbahnen, elliptisch polarisierte Schwingungen	58
4.6	LISSAJOUS-Bahnen	60
4.7	Die KEPLER-Ellipse und das Gravitationsgesetz	61
4.8	Die Konstante des Gravitationsgesetzes	62
4.9	Gravitationsgesetz und Himmelsmechanik	64
	Aufgaben	67
5	Drei nützliche Begriffe: Arbeit, Energie, Impuls	69
5.1	Vorbemerkung	69
5.2	Arbeit und Leistung	69
5.3	Energie und Energiesatz	73
5.4	Erste Anwendungen des mechanischen Energiesatzes	76
5.5	Kraftstoß und Impuls	77
5.6	Der Impulssatz	78
5.7	Erste Anwendungen des Impulssatzes	79
5.8	Impuls- und Energiesatz beim elastischen Stoß von Körpern	81
5.9	Der Impulssatz beim unelastischen Stoß zweier Körper und das Stoßpendel	82
5.10	Nichtzentraler Stoß	84
5.11	Bewegungen gegen energieverzehrende Widerstände	84
5.12	Erzeugung von Kräften ohne und mit Leistungsaufwand	88
5.13	Schlussbemerkung	89
	Aufgaben	90

6	Drehbewegungen fester Körper	93
6.1	Vorbemerkung	93
6.2	Definition des Drehmomentes	93
6.3	Herstellung bekannter Drehmomente, die Winkelrichtgröße D^* , die Winkelgeschwindigkeit ω als Vektor	96
6.4	Trägheitsmoment, Grundgleichung für Drehbewegungen, Drehschwingungen	99
6.5	Das physikalische Pendel und die Balkenwaage	104
6.6	Der Drehimpuls	106
6.7	Freie Achsen	110
6.8	Freie Achsen bei Mensch und Tier	113
6.9	Definition des Kreisels und seiner drei Achsen	114
6.10	Die Nutation des kräftefreien Kreisels und sein raumfester Drehimpuls	116
6.11	Kreisel unter Einwirkung von Drehmomenten, die Präzession der Drehimpulsachse	119
6.12	Präzessionskegel mit Nutationen	124
6.13	Kreisel mit nur zwei Freiheitsgraden	126
	Aufgaben	128
7	Beschleunigte Bezugssysteme	131
7.1	Vorbemerkung, Trägheitskräfte	131
7.2	Bezugssystem mit reiner Bahnbeschleunigung	132
7.3	Bezugssystem mit reiner Radialbeschleunigung, Zentrifugalkraft und CORIOLIS-Kraft	135
7.4	Fahrzeuge als beschleunigte Bezugssysteme	143
7.5	Das Schwerependel als Lot in beschleunigten Fahrzeugen	146
7.6	Die Erde als beschleunigtes Bezugssystem: Zentrifugalbeschleunigung ruhender Körper	148
7.7	Die Erde als beschleunigtes Bezugssystem: CORIOLIS-Beschleunigung bewegter Körper	150
	Aufgaben	153
8	Einige Eigenschaften fester Körper	155
8.1	Vorbemerkung	155
8.2	Elastische Verformung, Fließen und Verfestigung	155
8.3	HOOKE'sches Gesetz und POISSON'sche Beziehung	157

8.4	Scherung	158
8.5	Normal-, Schub- und Hauptspannung	159
8.6	Biegung und Verdrillung (Torsion)	162
8.7	Zeitabhängigkeit der Verformung, elastische Nachwirkung und Hysterese	167
8.8	Zerreißfestigkeit und spezifische Oberflächenarbeit fester Körper .	169
8.9	Haft- und Gleitreibung	171
8.10	Rollreibung	174
	Aufgaben	175
9	Ruhende Flüssigkeiten und Gase	177
9.1	Die freie Verschiebbarkeit der Flüssigkeitsmoleküle	177
9.2	Druck in Flüssigkeiten, Manometer	180
9.3	Allseitigkeit des Drucks und Anwendungen	182
9.4	Druckverteilung im Schwerefeld und Auftrieb	185
9.5	Der Zusammenhalt der Flüssigkeiten, ihre Zerreißfestigkeit, spezifische Oberflächenarbeit und Oberflächenspannung	188
9.6	Gase als Flüssigkeiten geringer Dichte ohne Oberfläche, BOYLE-MARIOTTE'sches Gesetz	195
9.7	Modell eines Gases, der Gasdruck als Folge der ungeordneten Bewegung („Wärmebewegung“)	198
9.8	Grundgleichung der kinetischen Gastheorie, Geschwindigkeit der Gasmoleküle	199
9.9	Die Lufthülle der Erde, der Luftdruck in Schauversuchen	201
9.10	Druckverteilung der Gase im Schwerefeld, barometrische Höhenformel	205
9.11	Der statische Auftrieb in Gasen	207
9.12	Gase und Flüssigkeiten in beschleunigten Bezugssystemen	209
	Aufgaben	211
10	Bewegungen in Flüssigkeiten und Gasen	215
10.1	Drei Vorbemerkungen	215
10.2	Innere Reibung und Grenzschicht	216
10.3	Laminare, unter entscheidender Mitwirkung der Reibung entstehende Flüssigkeitsbewegung	218
10.4	Die REYNOLDS'sche Zahl	221
10.5	Reibungsfreie Flüssigkeitsbewegung, BERNOULLI'sche Gleichung .	224

10.6	Ausweichströmung, Quellen und Senken, drehungsfreie oder Potentialströmung	230
10.7	Drehungen von Flüssigkeiten und ihre Messung, das drehungsfreie Wirbelfeld	233
10.8	Wirbel und Trennungsflächen in praktisch reibungsfreien Flüssigkeiten	237
10.9	Widerstand und Stromlinienprofil	239
10.10	Die dynamische Querkraft	242
10.11	Anwendungen der Querkraft	246
	Aufgaben	249

Teil II Akustik

11	Schwingungslehre	253
11.1	Vorbemerkung	253
11.2	Erzeugung ungedämpfter Schwingungen	253
11.3	Darstellung nichtsinusförmiger periodischer Vorgänge und Strukturen mithilfe von Sinuskurven	257
11.4	Spektraldarstellung komplizierter Schwingungsvorgänge	262
11.5	Elastische Transversalschwingungen gespannter linearer fester Körper	265
11.6	Elastische Longitudinal- und Torsionsschwingungen gespannter linearer fester Körper	269
11.7	Elastische Schwingungen in Säulen von Flüssigkeiten und Gasen . .	271
11.8	Eigenschwingungen starrer linearer Körper	276
11.9	Eigenschwingungen flächenhaft und räumlich ausgedehnter Gebilde, Wärmeschwingungen	277
11.10	Erzwungene Schwingungen	279
11.11	Durch Resonanz stimulierte Energieabgabe	284
11.12	Die Resonanz in ihrer Bedeutung für den Nachweis einzelner Sinusschwingungen, Spektralapparate	285
11.13	Die Bedeutung erzwungener Schwingungen für die verzerrungsfreie Aufzeichnung nichtsinusförmiger Schwingungen	287
11.14	Verstärkung von Schwingungen	288
11.15	Zwei gekoppelte Pendel und ihre erzwungenen Schwingungen . .	290
11.16	Gedämpfte und ungedämpfte Wackelschwingungen	293
11.17	Relaxations- oder Kippschwingungen	294
	Aufgaben	296

12	Fortschreitende Wellen und Strahlung	299
12.1	Fortschreitende Wellen	299
12.2	DOPPLER-Effekt	301
12.3	Interferenz	303
12.4	Interferenz bei zwei etwas verschiedenen Senderfrequenzen	304
12.5	Stehende Wellen	305
12.6	Ausbreitung fortschreitender Wellen	307
12.7	Reflexion und Brechung	310
12.8	Abbildung	311
12.9	Totalreflexion	312
12.10	Keilwellen beim Überschreiten der Wellengeschwindigkeit	315
12.11	Das HUYGHENS'sche Prinzip	316
12.12	Modellversuche zur Wellenausbreitung	317
12.13	Quantitatives zur Beugung an einem Spalt	319
12.14	FRESNEL'sche Zonenkonstruktion	322
12.15	Verschärfung der Interferenzstreifen durch gitterförmige Anordnung der Wellenzentren	325
12.16	Interferenz von Wellenzügen begrenzter Länge	329
12.17	Entstehung von Longitudinalwellen, ihre Geschwindigkeit	329
12.18	Hochfrequente Longitudinalwellen in Luft, Schallabdruckverfahren	331
12.19	Strahlungsdruck des Schalls, Schallradiometer	334
12.20	Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz von räumlichen Wellen	336
12.21	Die Entstehung von Wellen auf der Oberfläche von Flüssigkeiten	344
12.22	Dispersion und Gruppengeschwindigkeit	349
12.23	Die Umwandlung unperiodischer Vorgänge in Wellen	353
12.24	Energie des Schallfeldes, Schallwellenwiderstand	356
12.25	Schallsender	359
12.26	Unperiodische Schallsender und Überschallgeschwindigkeit	362
12.27	Schallempfänger	363
12.28	Vom Hören	365
12.29	Phonometrie	368
12.30	Das Ohr	370
	Aufgaben	374

Teil III Wärmelehre

13	Grundbegriffe	379
13.1	Vorbemerkungen, Definition des Begriffs Stoffmenge	379
13.2	Definition und Messung der Temperatur	380
13.3	Definition der Begriffe Wärme und Wärmekapazität	383
13.4	Latente Wärme	386
	Aufgaben	389
14	Erster Hauptsatz und Zustandsgleichung idealer Gase	391
14.1	Ausdehnungsarbeit und technische Arbeit	391
14.2	Thermische Zustandsgrößen	394
14.3	Innere Energie U und erster Hauptsatz	394
14.4	Die Zustandsgröße Enthalpie H	396
14.5	Die beiden spezifischen Wärmekapazitäten c_p und c_v	398
14.6	Thermische Zustandsgleichung idealer Gase, die absolute Temperatur	401
14.7	Addition der Partialdrücke	404
14.8	Kalorische Zustandsgleichungen idealer Gase, GAY-LUSSAC'scher Drosselversuch	405
14.9	Zustandsänderungen idealer Gase	408
14.10	Anwendungsbeispiele für polytrope und adiabatische Zustandsänderungen, Messungen von $\kappa = c_p/c_v$	414
14.11	Druckluftmotor und Gaskompressor	416
	Aufgaben	418
15	Reale Gase	419
15.1	Zustandsänderungen realer Gase	419
15.2	Unterscheidung von Gas und Flüssigkeit	421
15.3	Die VAN DER WAALS'sche Zustandsgleichung realer Gase	424
15.4	Der JOULE-THOMSON'sche Drosselversuch	426
15.5	Herstellung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung	428
15.6	Technische Verflüssigung und Entmischung von Gasen	430
15.7	Dampfdruck und Siedetemperatur, Tripelpunkt	431
15.8	Behinderung des Phasenüberganges flüssig → fest, unterkühlte Flüssigkeiten	434
15.9	Behinderung des Phasenüberganges flüssig ↔ gasförmig, Zerreißfestigkeit der Flüssigkeiten	435
	Aufgaben	436

16	Wärme als ungeordnete Bewegung	439
16.1	Die Temperatur im molekularen Bild	439
16.2	Rückstoß der Gasmoleküle bei der Reflexion, Radiometerkraft	443
16.3	Geschwindigkeitsverteilung und mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle	445
16.4	Molare Wärmekapazitäten im molekularen Bild, das Gleichverteilungsprinzip	447
16.5	Osmose und osmotischer Druck	450
16.6	Experimentelle Bestimmung der BOLTZMANN-Konstante k aus der barometrischen Höhenformel	455
16.7	Statistische Schwankungen und Individuenzahl	458
16.8	Die BOLTZMANN-Verteilung	459
17	Transportvorgänge: Diffusion und Wärmeleitung	463
17.1	Vorbemerkung	463
17.2	Diffusion und Durchmischung	463
17.3	Erstes FICK'sches Gesetz und Diffusionskonstante	464
17.4	Quasistationäre Diffusion	467
17.5	Nichtstationäre Diffusion	468
17.6	Allgemeines über Wärmeleitung und Wärmeverteilung	470
17.7	Stationäre Wärmeleitung	472
17.8	Nichtstationäre Wärmeleitung	474
17.9	Transportvorgänge in Gasen und ihre Unabhängigkeit vom Druck .	475
17.10	Bestimmung der mittleren freien Weglänge	478
17.11	Wechselseitige Verknüpfung der Transportvorgänge in Gasen . . .	480
18	Die Zustandsgröße Entropie	485
18.1	Reversible Vorgänge	485
18.2	Irreversible Vorgänge	487
18.3	Messung der Irreversibilität mithilfe der Zustandsgröße Entropie S	489
18.4	Die Entropie im molekularen Bild	492
18.5	Beispiele für die Berechnung von Entropien	494
18.6	Anwendung der Entropie auf reversible Zustandsänderungen in abgeschlossenen Systemen	497
18.7	Das <i>HS</i> - oder MOLLIER-Diagramm mit Anwendungen, Gasströmung mit Überschallgeschwindigkeit	499
	Aufgaben	503

19	Umwandlung von Wärme in Arbeit, zweiter Hauptsatz	505
19.1	Wärmekraftmaschinen und zweiter Hauptsatz	505
19.2	CARNOT'scher Kreisprozess	507
19.3	Der STIRLING-Motor	508
19.4	Technische Wärmekraftmaschinen	510
19.5	Wärmepumpe (Kältemaschine)	511
19.6	Die thermodynamische Definition der Temperatur	514
19.7	Druckluftmotor, freie und gebundene Energie	515
19.8	Beispiele für die Anwendung der freien Energie	516
19.9	Der Mensch als isotherme Kraftmaschine	519
	Aufgaben	520
	Lösungen der Aufgaben	522
	Sachverzeichnis	528