K. Lüders · R.O. Pohl (Hrsg.)

Pohls Einführung in die Physik

Band 1:
Mechanik, Akustik und Wärmelehre

20., neu bearbeitete
und mit Kommentaren
und Aufgaben versehene Auflage
mit 497 Abbildungen
und 74 Videofilmen auf DVD

Springer

Inhaltsverzeichnis

A. Mechanik

I. **Einführung, Längen- und Zeitmessung** 1
§ 1 Einführung 1
§ 2 Messung von Längen. Echte Längenmessung 2
§ 3 Die Längeneinheit Meter 3
§ 4 Unechte Längenmessung bei sehr großen Längen 4
§ 5 Winkelmessung 5
§ 6 Zeitmessung. Echte Zeitmessung 6
§ 7 Uhren, graphische Aufzeichnung 6
§ 8 Messung periodischer Folgen gleicher Zeiten und Längen 8
§ 9 Unechte Zeitmessung 9

II. **Darstellung von Bewegungen, Kinematik** 11
§ 10 Definition von Bewegung. Bezugssystem 11
§ 11 Definition der Geschwindigkeit. Beispiel einer Geschwindigkeitsmessung 11
§ 12 Definition der Beschleunigung. Die beiden Grenzfälle 13
§ 13 Bahnbeschleunigung, gerade Bahn 15
§ 14 Konstante Radialbeschleunigung, Kreisbahn 17
§ 15 Die Unterscheidung physikalischer Größen und ihrer Zahlenwerte 19
§ 16 Grundgrößen und abgeleitete Größen 19

III. **Grundlagen der Dynamik** 21
§ 17 Kraft und Masse 21
§ 18 Messverfahren für Kraft und Masse. Die Grundgleichung der Mechanik 23
§ 19 Einheiten von Kraft und Masse. Größengleichungen 26
§ 20 Dichte und spezifisches Volumen 26

IV. **Anwendungen der Grundgleichung** 27
§ 21 Anwendung der Grundgleichung auf konstante Beschleunigungen in gerader Bahn 27
§ 22 Anwendung der Grundgleichung auf die Kreisbahn. Radialkraft 29
§ 23 Sinusförmige Schwingungen. Schwerependel als Sonderfall 33
§ 24 Zentralbewegungen 37
§ 25 Ellipsenbahnen, elliptisch polarisierte Schwingungen 38
§ 26 LISSAJOUS-Bahnen 39
§ 27 Die KEPLER-Ellipse und das Gravitationsgesetz 40
§ 28 Die Konstante des Gravitationsgesetzes 41
§ 29 Gravitationsgesetz und Himmelsmechanik 43

V. Drei nützliche Begriffe: Arbeit, Energie, Impuls ... 46
§ 30 Vorbemerkung ... 46
§ 31 Arbeit und Leistung ... 46
§ 32 Energie und Energiesatz ... 49
§ 33 Erste Anwendungen des mechanischen Energiesatzes ... 50
§ 34 Kraftstoß und Impuls ... 51
§ 35 Der Impulssatz ... 52
§ 36 Erste Anwendungen des Impulssatzes ... 53
§ 37 Impuls- und Energiesatz beim elastischen Zusammenstoß von Körpern 54
§ 38 Der Impulssatz beim unelastischen Zusammenstoß zweier Körper und das Stoßpendel ... 55
§ 39 Nichtzentraler Stoß ... 57
§ 40 Bewegungen gegen energieverzehrende Widerstände ... 57
§ 41 Erzeugung von Kräften ohne und mit Leistungsaufwand ... 60
§ 42 Schlussbemerkung ... 61

VI. Drehbewegungen fester Körper ... 62
§ 43 Vorbemerkung ... 62
§ 44 Definition des Drehmomentes ... 62
§ 45 Herstellung bekannter Drehmomente. Die Winkelrichtgröße D^*. Die Winkelgeschwindigkeit ω als Vektor ... 64
§ 46 Trägheitsmoment, Grundgleichung für Drehbewegungen, Drehschwingungen ... 66
§ 47 Das physikalische Pendel und die Balkenwaage ... 70
§ 48 Der Drehimpuls ... 71
§ 49 Freie Achsen ... 74
§ 50 Freie Achsen bei Mensch und Tier ... 76
§ 51 Definition des Kreisels und seiner drei Achsen ... 77
§ 52 Die Nutation des kräftefreien Kreisels und sein raumfester Drehimpuls 79
§ 53 Kreisel unter Einwirkung von Drehmomenten; die Präzession der Drehimpulsachse ... 80
§ 54 Präzessionskegel mit Nutationen ... 84
§ 55 Kreisel mit nur zwei Freiheitsgraden ... 85

VII. Beschleunigte Bezugssysteme ... 88
§ 56 Vorbemerkung. Trägheitskräfte ... 88
§ 57 Bezugssystem mit reiner Bahnbeschleunigung ... 89
§ 58 Bezugssystem mit reiner Radialbeschleunigung. Zentrifugal- und Corioliskraft ... 91
§ 59 Fahrzeuge als beschleunigte Bezugssysteme ... 97
§ 60 Das Schwerependel als Lot in beschleunigten Fahrzeugen ... 99
§ 61 Die Erde als beschleunigtes Bezugssystem: Zentrifugalbeschleunigung ruhender Körper ... 100
§ 62 Die Erde als beschleunigtes Bezugssystem: Coriolisbeschleunigung bewegter Körper ... 101

VIII. Einige Eigenschaften fester Körper ... 105
§ 63 Vorbemerkung ... 105
§ 64 Elastische Verformung, Fließen und Verfestigung ... 105
§ 65 HOOKE'sches Gesetz und POISSON'sche Beziehung ... 106
§ 66 Scherung ... 107
§ 67 Normal-, Schub- und Hauptspannung ... 108
§ 68 Biegung und Verdrillung (Torsion) ... 110
§ 69 Zeitabhängigkeit der Verformung. Elastische Nachwirkung und Hysterese ... 114
§ 70 Zerreißfestigkeit und spezifische Oberflächenarbeit fester Körper ... 116
§ 71 Haft- und Gleitreibung ... 118
§ 72 Rollreibung ... 120

IX. Ruhende Flüssigkeiten und Gase ... 121
§ 73 Die freie Verschiebbarkeit der Flüssigkeitsmoleküle ... 121
§ 74 Druck in Flüssigkeiten, Manometer ... 123
§ 75 Allseitigkeit des Druckes und Anwendungen ... 124
§ 76 Druckverteilung im Schwerefeld und Auftrieb ... 127
§ 77 Der Zusammenhalt der Flüssigkeiten, ihre Zerreißfestigkeit, spezifische Oberflächenarbeit und Oberflächenspannung ... 129
§ 78 Gase als Flüssigkeiten geringer Dichte ohne Oberfläche. BOYLE-MARIOTTE'sches Gesetz ... 135
§ 79 Modell eines Gases. Der Gasdruck als Folge der ungeordneten Bewegung („Wärmebewegung") ... 137
§ 80 Grundgleichung der kinetischen Gastheorie. Geschwindigkeit der Gasmoleküle ... 138
§ 81 Die Lufthülle der Erde. Der Luftdruck in Schauversuchen ... 139
§ 82 Druckverteilung der Gase im Schwerefeld. Barometrische Höhenformel ... 142
§ 83 Der statische Auftrieb in Gasen ... 144
§ 84 Gase und Flüssigkeiten in beschleunigten Bezugssystemen ... 146

X. Bewegungen in Flüssigkeiten und Gasen ... 148
§ 85 Drei Vorbemerkungen ... 148
§ 86 Innere Reibung und Grenzschicht ... 148
§ 87 Laminare, unter entscheidender Mitwirkung der Reibung entstehende Flüssigkeitsbewegung ... 150
§ 88 Die REYNOLDS'sche Zahl ... 153
§ 89 Reibungsfreie Flüssigkeitsbewegung, BERNOULLI'sche Gleichung ... 154
§ 90 Ausweichströmung. Quellen und Senken, drehungsfreie oder Potentialströmung ... 159
§ 91 Drehungen von Flüssigkeiten und ihre Messung. Das drehungsfreie Wirbelfeld ... 161
§ 92 Wirbel und Trennungsflächen in praktisch reibungsfreien Flüssigkeiten ... 164
§ 93 Widerstand und Stromlinienprofil ... 166
§ 94 Die dynamische Querkraft ... 167
§ 95 Anwendungen der Querkraft ... 171

B. Akustik

XI. Schwingungslehre ... 174
§ 96 Vorbemerkung ... 174
§ 97 Erzeugung ungedämpfter Schwingungen ... 174
§ 98 Darstellung nichtsinusförmiger periodischer Vorgänge und Strukturen mithilfe von Sinuskurven ... 177
§ 99 Spektraldarstellung komplizierter Schwingungsvorgänge ... 181
§ 100 Elastische Transversalschwingungen gespannter linearer fester Körper ... 182
§ 101 Elastische Longitudinal- und Torsionsschwingungen gespannter linearer fester Körper ... 186
§ 102 Elastische Schwingungen in Säulen von Flüssigkeiten und Gasen ... 188
§ 103 Eigenschwingungen starrer linearer Körper ... 191
§ 104 Eigenschwingungen flächenhaft und räumlich ausgedehnter Gebilde. Wärmeschwingungen ... 192
§ 105 Erzwungene Schwingungen ... 194
§ 106 Durch Resonanz stimulierte Energieabgabe ... 198
§ 107 Die Resonanz in ihrer Bedeutung für den Nachweis einzelner Sinusschwingungen. Spektralapparate ... 198
§ 108 Die Bedeutung erzwungener Schwingungen für die verzerrungsfreie Aufzeichnung nichtsinusförmiger Schwingungen ... 200
§ 109 Verstärkung von Schwingungen ... 201
§ 110 Zwei gekoppelte Pendel und ihre erzwungenen Schwingungen ... 201
§ 111 Gedämpfte und ungedämpfte Wackelschwingungen ... 204
§ 112 Relaxations- oder Kippschwingungen ... 205

XII. Fortschreitende Wellen und Strahlung ... 207
§ 113 Fortschreitende Wellen ... 207
§ 114 Dopplereffekt ... 209
§ 115 Interferenz ... 210
§ 116 Interferenz bei zwei etwas verschiedenen Senderfrequenzen ... 210
§ 117 Stehende Wellen ... 211
§ 118 Ausbreitung fortschreitender Wellen ... 212
§ 119 Reflexion und Brechung ... 214
§ 120 Abbildung ... 215
§ 121 Totalreflexion ... 216
§ 122 Keilwellen beim Überschreiten der Wellengeschwindigkeit ... 218
§ 123 Das HUYGHENS'sche Prinzip ... 219
§ 124 Modellversuche zur Wellenausbreitung ... 220
§ 125 Quantitatives zur Beugung an einem Spalt ... 222
§ 126 FRESNEL'sche Zonenkonstruktion ... 224
§ 127 Verschärfung der Interferenzstreifen durch gitterförmige Anordnung der Wellenzentren ... 226
§ 128 Interferenz von Wellenzügen begrenzter Länge ... 228
§ 129 Entstehung von Longitudinalwellen. Ihre Geschwindigkeit ... 228
§ 130 Hochfrequente Longitudinalwellen in Luft. Schallabdruckverfahren ... 230
§ 131 Strahlungsdruck des Schalles. Schallradiometer ... 233

§ 132 Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz von räumlichen Wellen 234
§ 133 Die Entstehung von Wellen auf der Oberfläche von Flüssigkeiten 240
§ 134 Dispersion und Gruppengeschwindigkeit 244
§ 135 Die Umwandlung unperiodischer Vorgänge in Wellen 247
§ 136 Energie des Schallfeldes. Schallwellenwiderstand 249
§ 137 Schallsender 252
§ 138 Unperiodische Schallsender und Überschallgeschwindigkeit 254
§ 139 Schallempfänger 255
§ 140 Vom Hören 256
§ 141 Phonometrie 259
§ 142 Das Ohr 260

C. Wärmelehre

XIII. Grundbegriffe 263
§ 143 Vorbemerkungen. Definition des Begriffs Stoffmenge 263
§ 144 Definition und Messung der Temperatur 264
§ 145 Definition der Begriffe Wärme und Wärmekapazität 266
§ 146 Latente Wärme 268

XIV. Erster Hauptsatz und Zustandsgleichung idealer Gase 271
§ 147 Ausdehnungsarbeit und technische Arbeit 271
§ 148 Thermische Zustandsgrößen 273
§ 149 Innere Energie U und erster Hauptsatz 273
§ 150 Die Zustandsgröße Enthalpie H 274
§ 151 Die beiden spezifischen Wärmekapazitäten c_p und c_V 276
§ 152 Thermische Zustandsgleichung idealer Gase. Die absolute Temperatur 278
§ 153 Addition der Partialdrücke 280
§ 154 Kalorische Zustandsgleichungen idealer Gase. GAY-LUSSAC'scher Drosselversuch 281
§ 155 Zustandsänderungen idealer Gase 283
§ 156 Anwendungsbeispiele für polytrope und adiabatische Zustandsänderungen. Messungen von $\kappa = c_p/c_V$ 288
§ 157 Druckluftmotor und Gaskompressor 290

XV. Reale Gase 292
§ 158 Zustandsänderungen realer Gase 292
§ 159 Unterscheidung von Gas und Flüssigkeit 294
§ 160 Die VAN DER WAALS'sche Zustandsgleichung realer Gase 296
§ 161 Der JOULE-THOMSON'sche Drosselversuch 297
§ 162 Herstellung tiefer Temperaturen und Gasverflüssigung 299
§ 163 Technische Verflüssigung und Entmischung von Gasen 300
§ 164 Dampfdruck und Siedetemperatur. Tripelpunkt 302
§ 165 Behinderung des Phasenüberganges flüssig → fest. Unterkühlte Flüssigkeiten 304
§ 166 Behinderung des Phasenüberganges flüssig ↔ gasförmig. Zerreißfestigkeit der Flüssigkeiten 304

XVI. Wärme als ungeordnete Bewegung ... 306
§ 167 Die Temperatur im molekularen Bild ... 306
§ 168 Rückstoß der Gasmoleküle bei der Reflexion. Radiometerkraft ... 309
§ 169 Geschwindigkeitsverteilung und mittlere freie Weglänge der Gasmoleküle ... 310
§ 170 Molare Wärmekapazitäten im molekularen Bild. Das Gleichverteilungsprinzip ... 312
§ 171 Osmose und osmotischer Druck ... 314
§ 172 Experimentelle Bestimmung der BOLTZMANN-Konstante k aus der barometrischen Höhenformel ... 318
§ 173 Statistische Schwankungen und Individuenzahl ... 320
§ 174 Die BOLTZMANN-Verteilung ... 321

XVII. Transportvorgänge: Diffusion und Wärmeleitung ... 324
§ 175 Vorbemerkung ... 324
§ 176 Diffusion und Durchmischung ... 324
§ 177 Erstes FICK'sches Gesetz und Diffusionskonstante ... 324
§ 178 Quasistationäre Diffusion ... 327
§ 179 Nichtstationäre Diffusion ... 328
§ 180 Allgemeines über Wärmeleitung und Wärmetransport ... 329
§ 181 Stationäre Wärmeleitung ... 331
§ 182 Nichtstationäre Wärmeleitung ... 331
§ 183 Transportvorgänge in Gasen und ihre Unabhängigkeit vom Druck ... 332
§ 184 Bestimmung der mittleren freien Weglänge ... 334
§ 185 Wechselseitige Verknüpfung der Transportvorgänge in Gasen ... 336

XVIII. Die Zustandsgröße Entropie ... 339
§ 186 Reversible Vorgänge ... 339
§ 187 Irreversible Vorgänge ... 340
§ 188 Messung der Irreversibilität mithilfe der Zustandsgröße Entropie S ... 342
§ 189 Die Entropie im molekularen Bild ... 344
§ 190 Beispiele für die Berechnung von Entropien ... 345
§ 191 Anwendung der Entropie auf reversible Zustandsänderungen in abgeschlossenen Systemen ... 348
§ 192 Das *HS*- oder MOLLIER-Diagramm mit Anwendungen. Gasströmung mit Überschallgeschwindigkeit ... 349

XIX. Umwandlung von Wärme in Arbeit, zweiter Hauptsatz ... 354
§ 193 Wärmekraftmaschinen und zweiter Hauptsatz ... 354
§ 194 CARNOT'scher Kreisprozess ... 355
§ 195 Der STIRLING-Motor ... 356
§ 196 Technische Wärmekraftmaschinen ... 357
§ 197 Wärmepumpe (Kältemaschine) ... 358
§ 198 Die thermodynamische Definition der Temperatur ... 361
§ 199 Druckluftmotor. Freie und gebundene Energie ... 361

§ 200 Beispiele für die Anwendung der freien Energie 362
§ 201 Der Mensch als isotherme Kraftmaschine 364

Aufgaben 366

Lösungen der Aufgaben 375

Sachverzeichnis 380