

# Inhalt

<b>0.</b>	<b>Einführende Bemerkungen</b>	<b>15</b>
0.1.	Praktische Anwendungen	15
0.2.	Spektakuläre Ergebnisse und Sachverhalte	17
0.3.	Tiefergehende Überlegungen	19
<b>1.</b>	<b>Mechanik des materiellen Punktes</b>	<b>21</b>
1.1.	Die Dichte von Sirius B	21
1.2.	Die Dichte von Neutronensternen	22
1.3.	Überholzeiten und -wege im Straßenverkehr	25
1.4.	Auftreffgeschwindigkeit des Wassers auf Turbinen (Kaprun, Reiß- eck)	27
1.5.	Sprungvergleich zwischen Mensch und Floh	29
1.6.	g-Messung in England	29
1.7.	Ausschalten der Schwerkraft in evakuierten Falltürmen	31
1.8.	Freier Fall des Menschen in Luft als widerstehendem Mittel	33
1.9.	Formänderungsarbeit bei Kollisionen	34
1.10.	Energiereserve bei Zügen nach Antriebsausfall	36
1.11.	Der Gewehrrückstoß	37
<b>2.</b>	<b>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase</b>	<b>39</b>
2.1.	Unterseetunnel in Japan	39
2.2.	Kompression von Flüssigkeiten	41
2.3.	Superplastische Legierungen	42
2.4.	Der Wasserdruck auf eine Autotür	43
2.5.	Kraft auf eine Staumauer	45
2.6.	Die Wirkung von 2 % Überdruck (Kernexplosionen)	48
2.7.	Druckkräfte auf Tauchboote	50
2.8.	Tiefseetauchboote	51
2.9.	Höchstdruckerzeugung	53
2.10.	Der Druck im Sonnenzentrum	54
2.11.	Erzeugung eines Vakuums von $10^{-17}$ bar	56
2.12.	Luftkissenzüge mit 300 km/h	57
<b>3.</b>	<b>Mechanik des starren Körpers</b>	<b>60</b>
3.1.	Bei welcher Tageslänge schwebt man am Äquator frei?	60
3.2.	Ultrazentrifugen	62
3.3.	Das Schwungrad als Energiespeicher	63
3.4.	Ein Dreisternsystem, das wie ein starrer Körper rotiert	65
<b>4.</b>	<b>Gravitation</b>	<b>67</b>
4.1.	Schwerebeschleunigung auf Mond und Sonne	67

4.2.	Abstand Erde–Sonne verglichen mit Abstand Wien–Salzburg . . . . .	69
4.3.	Schwerkraft zwischen Erde und Mond, Erde und Sonne . . . . .	70
4.4.	Fallbewegung in Sehnkanälen homogener Kugeln . . . . .	71
4.5.	Erfolgreiche Meteoritensuche . . . . .	73
4.6.	Gezeitenbewegung der festen Erdkruste . . . . .	74
4.7.	Mondbeben . . . . .	75
4.8.	Gezeitenkraftwerke . . . . .	76
4.9.	Gezeitenkräfte auf der Erde . . . . .	78
4.10.	Gezeitenkräfte auf Neutronensternen . . . . .	79
4.11.	Gezeitenkräfte in Schwarzen Löchern . . . . .	81
4.12.	Die Tageslänge im Devon . . . . .	83
4.13.	Gezeiten und Mondabstand . . . . .	85
4.14.	Mondabstand im Devon . . . . .	86
4.15.	Vulkane auf Mars und Io . . . . .	87
4.16.	Geodäsie-Satelliten . . . . .	90
4.17.	Schwerebeschleunigungen und Fluchtgeschwindigkeiten im Sonnensystem . . . . .	91
4.18.	Das Massenverhältnis bei Raketen . . . . .	93
4.19.	Ionentriebwerke . . . . .	95
4.20.	Die Photonenrakete – das Prinzip . . . . .	96
4.21.	Die Photonenrakete – realistisch gesehen . . . . .	98
4.22.	Kenntnis der Lichtgeschwindigkeit und Raumfahrt . . . . .	99
4.23.	Die „Eroberung“ des Weltalls (1) . . . . .	100
4.24.	Die Schwerkraft auf dem Marsmond Phobos . . . . .	101
4.25.	Planetenringe, Plutomon . . . . .	104
4.26.	Kometen . . . . .	107
4.27.	SETI – Die Suche nach außerirdischen Zivilisationen . . . . .	108
<b>5.</b>	<b>Wärmelehre . . . . .</b>	<b>110</b>
5.1.	Hochtemperaturfeste Verbindungen . . . . .	110
5.2.	Die Schmelzwärme einer Schneedecke . . . . .	111
5.3.	Das Wärmeflußrohr . . . . .	112
5.4.	Das Zonenschmelzverfahren . . . . .	114
5.5.	Thermische und kinetische Makroenergie – ein Vergleich . . . . .	115
5.6.	Mittlere Geschwindigkeit von Wasserstoff-Kernen bei 14 Millionen Kelvin . . . . .	118
5.7.	Sterntemperaturen . . . . .	119
5.8.	Ein Körnchen von 14 Millionen Grad . . . . .	121
5.9.	Die mittlere freie Weglänge von O <sub>2</sub> bei 0°C und 1 bar . . . . .	123
5.10.	Mittlere freie Weglänge und Stoßzahl bei 10 <sup>-19</sup> bar . . . . .	124
5.11.	Ionisationsmanometer . . . . .	125
5.12.	Die Temperatur von 0,004 Kelvin . . . . .	127
5.13.	Supraleiter . . . . .	128
5.14.	Der Ursprung der Quantentheorie . . . . .	130
<b>6.</b>	<b>Schwingungen und Wellen . . . . .</b>	<b>133</b>
6.1.	Der Laserreflektor auf dem Mond . . . . .	133
6.2.	Das 6-m-Teleskop im Kaukasus . . . . .	134
6.3.	Das Hubble-Raumteleskop (HST) . . . . .	136
6.4.	Laserpuls von 10 Pikosekunden Dauer im Flug fotografiert . . . . .	137
6.5.	Laserpulse von 16 fs . . . . .	138
6.6.	Die optische Flasche – Schweben im Laserlicht . . . . .	140
6.7.	Synchrotronstrahlung – eine Lichtquelle besonderer Qualität . . . . .	141
6.8.	Verbesserte Glasfaseroptik . . . . .	144

6.9.	Kürzeste Schallwellen . . . . .	146
6.10.	Die Genauigkeit der Wellenlängenmessungen des Lichtes mit Beugungsgittern . . . . .	147
6.11.	Messung von Längenänderungen mit zwei Lasern . . . . .	148
6.12.	Gebirgsgrat als Beugungskante für Radiowellen . . . . .	149
6.13.	Wie groß erscheint der Krebsnebel heute? . . . . .	150
6.14.	Der Doppler-Effekt . . . . .	152
6.15.	Extreme Rotverschiebungen in Quasarspektren . . . . .	154
<b>7.</b>	<b>Die ruhende elektrische Ladung . . . . .</b>	<b>156</b>
7.1.	Vergleich zwischen Schwerkraft und Coulombkraft . . . . .	156
7.2.	Die Kraft zwischen Ionen im Abstand Erde – Mond . . . . .	157
7.3.	100 kV/cm ohne Überschlag . . . . .	159
7.4.	Blitzforschung am Luganersee . . . . .	160
7.5.	Die Kraft zwischen zwei Protonen in 2 fm Abstand . . . . .	161
7.6.	Überprüfungen des Coulombgesetzes . . . . .	162
<b>8.</b>	<b>Die gleichförmig bewegte elektrische Ladung . . . . .</b>	<b>164</b>
8.1.	Die effektive Geschwindigkeit von Leitungselektronen . . . . .	164
8.2.	Hochspannungsleitung über See . . . . .	165
8.3.	Plasmabrenner . . . . .	167
8.4.	60-Millionen-Grad-Plasma im Labor . . . . .	169
8.5.	Magnetische Legierungen . . . . .	170
8.6.	Das National Magnet Laboratory in den USA (NML) . . . . .	172
8.7.	Extreme Magnetfeldstärken durch Implosion . . . . .	173
8.8.	Die Erzeugung eines magnetischen Nullfeldes . . . . .	174
8.9.	Die Leistung der Sonne, Solarzellenwerke . . . . .	175
8.10.	Der erste flüssige Ferromagnet . . . . .	177
8.11.	Magnetische Bakterien . . . . .	178
<b>9.</b>	<b>Die beschleunigte elektrische Ladung . . . . .</b>	<b>181</b>
9.1.	Paläomagnetismus . . . . .	181
9.2.	Radarecho vom Planeten Saturn . . . . .	183
9.3.	Die Länge des Venustages . . . . .	184
9.4.	Das Radioteleskop in der Eifel . . . . .	185
9.5.	Das Radioteleskop von Arecibo . . . . .	190
9.6.	Radiointerferometer . . . . .	191
<b>10.</b>	<b>Relativität . . . . .</b>	<b>193</b>
10.0.	Vorbemerkungen . . . . .	193
10.1.	Der Versuch von Sadeh . . . . .	198
10.2.	Uhrenparadoxon bei Ost- und Westflug getestet . . . . .	200
10.3.	Geschwindigkeiten nahe $c$ . . . . .	201
10.4.	Magnetismus – ein relativistischer Effekt! . . . . .	203
10.5.	Die „Eroberung“ des Weltalls (2) . . . . .	205
10.6.	Massenmittelpunkts- und Laborsystem . . . . .	207
10.7.	Veranschaulichung der Gleichung $E = M \cdot c^2$ . . . . .	208
10.8.	Das Massenäquivalent der Sonnenenergie . . . . .	209
10.9.	Das Massenäquivalent der Krebsnebelstrahlung . . . . .	211
10.10.	Quasare . . . . .	212
10.11.	Die Ruhmasse des Photons . . . . .	213
10.12.	Eine spektakuläre Anwendung des Mößbauer-Effekts . . . . .	214
10.13.	Die Unübersteigbarkeit der Lichtgeschwindigkeit . . . . .	218

10.14.	Tachyonen – schneller als Licht? . . . . .	219
10.15.	Test der Allgemeinen Relativitätstheorie mit 3C 273 . . . . .	221
10.16.	Gravitationsoptik . . . . .	223
10.17.	Wie man die Raumkrümmung feststellen könnte . . . . .	225
<b>11.</b>	<b>Aufbau der Materie . . . . .</b>	<b>228</b>
11.0.	Vorbemerkungen . . . . .	228
11.1.	Die experimentelle Durchführung des Doppelspaltversuchs . . . . .	242
11.2.	Thermolumineszenz . . . . .	244
11.3.	Energietabelle für Elektronen und Protonen . . . . .	245
11.4.	Elektronen-, Feldelektronen- und Feldionen-Mikroskop . . . . .	246
11.5.	Die Entdeckung des Antiprotons . . . . .	252
11.6.	Die Entdeckung des Neutrons und des Antineutrons . . . . .	254
11.7.	Die Entdeckung des Neutrinos . . . . .	255
11.8.	Der Wirkungsquerschnitt . . . . .	258
11.9.	Eine Blaskammer von 26,5 m <sup>3</sup> Inhalt . . . . .	260
11.10.	Die Messung von 10 <sup>20</sup> eV . . . . .	261
11.11.	Veranschaulichung von 4 · 10 <sup>21</sup> eV . . . . .	266
11.12.	Proton – Mensch, Kirsche – Plutobahn . . . . .	267
11.13.	Wie bestimmt man die Halbwertszeit von Uran 238? . . . . .	268
11.14.	Die Messung kleiner Halbwertszeiten . . . . .	269
11.15.	Die Halbwertszeit 10 <sup>-23</sup> s (Veranschaulichung) . . . . .	270
11.16.	Die Halbwertszeit 10 <sup>-23</sup> s (Messung) . . . . .	272
11.17.	Die <sup>14</sup> C-Methode . . . . .	274
11.18.	Myonen in Archäologie und Bauwesen . . . . .	275
11.19.	Die Erzeugung von Nobelium . . . . .	276
11.20.	Exotische Atome . . . . .	278
11.21.	Wie man Atome erforscht, die noch gar nicht existieren . . . . .	280
11.22.	Der Mößbauer-Effekt . . . . .	281
11.23.	Wärme- und Strahlenbelastung bei Kernexplosionen . . . . .	283
11.24.	Die vier Naturkräfte . . . . .	285
<b>12.</b>	<b>Der Bau des Universums . . . . .</b>	<b>288</b>
12.1.	Zur Sichtbarkeit von Einzelsternen in Fernrohren . . . . .	288
12.2.	Die absolute Leuchtkraft von Sonne und Rigel . . . . .	289
12.3.	Barnards Pfeilstern . . . . .	291
12.4.	Der Siriusbegleiter . . . . .	292
12.5.	Hat Epsilon Eridani einen Planeten? . . . . .	293
12.6.	Wie man eine Quasarposition mittels Mondbedeckung ermittelte . . . . .	294
12.7.	Das Intensitäts-Interferometer von Narrabri . . . . .	296
12.8.	Die Masse der Milchstraße . . . . .	299
12.9.	Die Gewichtskraft von 1 cm <sup>3</sup> Neutronenstern-Material auf der Stern- oberfläche . . . . .	301
12.10.	Die Fluchtgeschwindigkeit von einem Neutronenstern . . . . .	302
12.11.	Die Umlaufzeit eines Neutronenstern-Mondes . . . . .	303
12.12.	Sternbeben . . . . .	304
12.13.	Die Wahrscheinlichkeit von Sternkollisionen . . . . .	305
12.14.	Die räumlichen Strukturen im Universum . . . . .	307
12.15.	Die Zeitstruktur des Universums . . . . .	308
<b>13.</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>311</b>
13.1.	Größenänderungen . . . . .	311
13.2.	Relativgeschwindigkeiten . . . . .	312

13.3.	Die gleichförmig beschleunigte Bewegung . . . . .	313
13.4.	Die Wurfbewegung . . . . .	314
13.5.	Arbeit, Energie, Leistung . . . . .	317
13.6.	Impuls, Impulserhaltung . . . . .	319
13.7.	Lösung der Raketengleichung . . . . .	320
13.8.	Der hydrostatische Druck . . . . .	320
13.9.	Die Ausströmungsgeschwindigkeit von Gasen . . . . .	321
13.10.	Die Zentripetalbeschleunigung, eine radiale Beschleunigung . . . . .	322
13.11.	Das Hookesche Gesetz . . . . .	324
13.12.	Die Schwingungsdauer der harmonischen Bewegung . . . . .	325
13.13.	Trägheitsmoment, Schwungrad, Folgen der Gezeitenreibung . . . . .	326
13.14.	Die absolute Temperatur . . . . .	329
13.15.	Kreisgeschwindigkeit und Fluchtgeschwindigkeit . . . . .	330
13.16.	Das Potential . . . . .	333
13.17.	Die Kerr-Zelle . . . . .	334
13.18.	Totalreflexion . . . . .	336
13.19.	Effektive Elektronengeschwindigkeit in stromdurchflossenen Leitern . . . . .	337
13.20.	Berechnung von $w = c - v$ für $w \ll c$ . . . . .	338
13.21.	Teilchenkollisionen im Labor- und Massenmittelpunktsystem . . . . .	340
13.22.	Lösung der Zerfalls-Differentialgleichung . . . . .	341
13.23.	Die astronomische Helligkeitsskala . . . . .	342
13.24.	Tripel-System in starrer Rotation . . . . .	342
13.25.	Die Elementarteilchen . . . . .	344
<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>		<b>353</b>