

Inhalt

| | | |
|-----------|--|----|
| 0. | Einführende Bemerkungen | 15 |
| 0.1. | Praktische Anwendungen | 15 |
| 0.2. | Spektakuläre Ergebnisse und Sachverhalte | 17 |
| 0.3. | Tiefergehende Überlegungen | 19 |
| 1. | Mechanik des materiellen Punktes | 21 |
| 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, Reißeck) | 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 |
| 2. | Mechanik der Flüssigkeiten und Gase | 39 |
| 2.1. | Unterseetunnel in Japan | 39 |
| 2.2. | Kompression von Flüssigkeiten | 41 |
| 2.3. | Superplastische Legierungen | 42 |
| 2.4. | Der Wasserdruk 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 |
| 3. | Mechanik des starren Körpers | 60 |
| 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 |
| 4. | Gravitation | 67 |
| 4.1. | Schwerebeschleunigung auf Mond und Sonne | 67 |
| | | 9 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 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 Sehnenkanälen 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. | Planeterringe, Plutomonad | 104 |
| 4.26. | Kometen | 107 |
| 4.27. | SETI – Die Suche nach außerirdischen Zivilisationen | 108 |
| 5. | Wärmelehre | 110 |
| 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 ₂ bei 0°C und 1 bar | 123 |
| 5.10. | Mittlere freie Weglänge und Stoßzahl bei 10 ⁻¹⁹ 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 |
| 6. | Schwingungen und Wellen | 133 |
| 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 |
| 7. | Die ruhende elektrische Ladung | 156 |
| 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 Laganersee | 160 |
| 7.5. | Die Kraft zwischen zwei Protonen in 2 fm Abstand | 161 |
| 7.6. | Überprüfungen des Coulombgesetzes | 162 |
| 8. | Die gleichförmig bewegte elektrische Ladung | 164 |
| 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 |
| 9. | Die beschleunigte elektrische Ladung | 181 |
| 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 |
| 10. | Relativität | 193 |
| 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 |
| 11. | Aufbau der Materie | 228 |
| 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 Blasenkammer von $26,5 \text{ m}^3$ Inhalt | 260 |
| 11.10. | Die Messung von 10^{20} eV | 261 |
| 11.11. | Veranschaulichung von $4 \cdot 10^{21} \text{ eV}$ | 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^{-23} s (Veranschaulichung) | 270 |
| 11.16. | Die Halbwertszeit 10^{-23} s (Messung) | 272 |
| 11.17. | Die ^{14}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 |
| 12. | Der Bau des Universums | 288 |
| 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^3 Neutronenstern-Material auf der Sternoberfläche | 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 |
| 13. | Anhang | 311 |
| 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, Schwunggrad, 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 Massenmittelpunktssystem | 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 |
| | Stichwortverzeichnis | 353 |