

# OBSAH

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.      | Mechanika . . . . .   | 11 |
| 1.1.    | Kinematika hmotného bodu . . . . .                            | 11 |
| 1.1.1.  | Dráha $s$ . . . . .   | 11 |
| 1.1.2.  | Rychlost $v$ . . . . .  | 13 |
| 1.1.3.  | Zrychlení $a$ . . . . .                                       | 14 |
| 1.1.4.  | Rovnoměrný pohyb přímočarý . . . . .                          | 15 |
| 1.1.5.  | Rovnoměrně zrychlený pohyb přímočarý . . . . .                | 16 |
| 1.1.6.  | Rovnoměrně zpzděný pohyb přímočarý . . . . .                  | 17 |
| 1.1.7.  | Úhlové veličiny . . . . .                                     | 17 |
| 1.1.8.  | Kruhový pohyb . . . . .                                       | 18 |
| 1.2.    | Dynamika hmotných bodů . . . . .                              | 19 |
| 1.2.1.  | Princip setrvačnosti . . . . .                                | 20 |
| 1.2.2.  | Hybnost $p$ . . . . .   | 20 |
| 1.2.3.  | Zákon síly . . . . .  | 20 |
| 1.2.4.  | Princip akce a reakce . . . . .                               | 21 |
| 1.2.5.  | Setrvačná síla $F_s$ . . . . .                                | 21 |
| 1.2.6.  | Dostředivá síla $F_{do}$ a odstředivá síla $F_{od}$ . . . . . | 22 |
| 1.2.7.  | Tíha $G$ . . . . .  | 23 |
| 1.2.8.  | Coriolisova síla $F_C$ . . . . .                              | 24 |
| 1.2.9.  | Pohyb hmotného bodu v homogenním tíhovém poli . . . . .       | 25 |
| 1.2.10. | Impuls síly $I$ . . . . .                                     | 28 |
| 1.2.11. | Vnější a vnitřní síly . . . . .                               | 28 |
| 1.2.12. | Práce $A$ . . . . .   | 29 |
| 1.2.13. | Výkon $P$ . . . . .   | 29 |
| 1.2.14. | Účinnost $\eta$ . . . . .                                     | 30 |
| 1.2.15. | Energie $W$ . . . . .   | 30 |
| 1.2.16. | Kinetická energie $W_k$ . . . . .                             | 30 |
| 1.2.17. | Potenciální energie $W_p$ . . . . .                           | 31 |
| 1.2.18. | První věta impulsová . . . . .                                | 32 |
| 1.2.19. | Střed hmotnosti . . . . .                                     | 32 |
| 1.2.20. | Moment síly $M$ . . . . .                                     | 33 |
| 1.2.21. | Moment hybnosti $b$ . . . . .                                 | 33 |
| 1.2.22. | Druhá věta impulsová . . . . .                                | 34 |
| 1.3.    | Dynamika tuhého tělesa . . . . .                              | 34 |
| 1.3.1.  | Hustota $\rho$ . . . . .                                      | 35 |
| 1.3.2.  | Těžiště tuhého tělesa . . . . .                               | 35 |
| 1.3.3.  | Moment dvojice sil $D$ . . . . .                              | 36 |
| 1.3.4.  | Rovnováha tuhého tělesa . . . . .                             | 37 |
| 1.3.5.  | Kinetická energie tuhého tělesa . . . . .                     | 37 |
| 1.3.6.  | Moment setrvačnosti $J$ . . . . .                             | 38 |
| 1.3.7.  | Steinerova věta . . . . .                                     | 38 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1.3.8.  | Pohybová rovnice pro otáčení kolem pevné osy . . . . .            | 39 |
| 1.3.9.  | Fyzické kyvadlo . . . . .   | 40 |
| 1.3.10. | Matematické kyvadlo . . . . .                                     | 41 |
| 1.4.    | Mechanika pevného tělesa . . . . .                                | 42 |
| 1.4.1.  | Mechanické napětí $\sigma$ . . . . .                              | 42 |
| 1.4.2.  | Pružnost v tahu . . . . .   | 43 |
| 1.4.3.  | Objemová pružnost . . . . .                                       | 45 |
| 1.4.4.  | Pružnost ve smyku . . . . .                                       | 46 |
| 1.4.5.  | Síla tření $F_t$ . . . . .  | 47 |
| 1.5.    | Mechanika kapalin a plynů . . . . .                               | 48 |
| 1.5.1.  | Tlak $p$ . . . . .  | 49 |
| 1.5.2.  | Tekutina v homogenním tíhovém poli . . . . .                      | 49 |
| 1.5.3.  | Archimédův zákon . . . . .  | 50 |
| 1.5.4.  | Povrchové napětí $\sigma_p$ . . . . .                             | 50 |
| 1.5.5.  | Rovnice kontinuity . . . . .                                      | 52 |
| 1.5.6.  | Bernoulliova rovnice . . . . .                                    | 54 |
| 1.5.7.  | Newtonův zákon viskozity . . . . .                                | 55 |
| 1.5.8.  | Látkové množství $n$ . . . . .                                    | 55 |
| 2.      | Nauka o teple . . . . .   | 57 |
| 2.1.    | Termometrie . . . . .   | 57 |
| 2.1.1.  | Teplota $\Theta$ . . . . .  | 57 |
| 2.1.2.  | Druhy teploměru . . . . .   | 58 |
| 2.2.    | Teplotní roztažnost a rozpinavost látek . . . . .                 | 58 |
| 2.2.1.  | Teplotní roztažnost látek pevných . . . . .                       | 58 |
| 2.2.2.  | Teplotní roztažnost a rozpinavost kapalin . . . . .               | 59 |
| 2.2.3.  | Teplotní roztažnost a rozpinavost plynů . . . . .                 | 59 |
| 2.2.4.  | Stavová rovnice dokonalého plynu . . . . .                        | 60 |
| 2.3.    | Kinetická teorie . . . . .  | 60 |
| 2.3.1.  | Struktura látek pevných, kapalných a plyných . . . . .            | 61 |
| 2.3.2.  | Dokonalý plyn . . . . .   | 61 |
| 2.3.3.  | Stavová rovnice dokonalého plynu podle kinetické teorie . . . . . | 61 |
| 2.3.4.  | Maxwellovo rozdělení hodnot rychlosti . . . . .                   | 63 |
| 2.3.5.  | Vnitřní energie $U$ plynu . . . . .                               | 66 |
| 2.4.    | Termodynamika . . . . .   | 68 |
| 2.4.1.  | Vratné a nevratné děje . . . . .                                  | 68 |
| 2.4.2.  | Teplo $Q$ . . . . .   | 68 |
| 2.4.3.  | Tepelná kapacita $C$ . . . . .                                    | 69 |
| 2.4.4.  | První věta termodynamická . . . . .                               | 70 |
| 2.4.5.  | Vratný děj izochorický . . . . .                                  | 71 |
| 2.4.6.  | Vratný děj izobarický . . . . .                                   | 71 |
| 2.4.7.  | Vratný děj izotermický . . . . .                                  | 72 |
| 2.4.8.  | Vratný děj adiabatický . . . . .                                  | 73 |
| 2.4.9.  | Entropie $S$ . . . . .  | 73 |
| 2.4.10. | Carnotův děj . . . . .  | 74 |
| 2.4.11. | Druhá věta termodynamická . . . . .                               | 76 |
| 2.4.12. | Zákon vzrůstu entropie . . . . .                                  | 76 |
| 2.4.13. | Třetí věta termodynamická . . . . .                               | 77 |
| 2.5.    | Fázové přeměny . . . . .  | 78 |
| 2.5.1.  | Skupenské teplo $L$ . . . . .                                     | 78 |
| 2.5.2.  | Fázový diagram . . . . .  | 79 |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 2.5.3.  | Van der Waalsova rovnice . . . . .                                  | 80  |
| 2.6.    | Vedení tepla . . . . .  | 81  |
| 2.6.1.  | Rovnice vedení tepla . . . . .                                      | 81  |
| 2.6.2.  | Vedení tepla v homogenním prostředí . . . . .                       | 82  |
| 2.6.3.  | Přestup tepla rozhraním . . . . .                                   | 83  |
| 3.      | Fyzikální pole . . . . .  | 84  |
| 3.1.    | Gravitační pole . . . . .   | 84  |
| 3.1.1.  | Keplerovy zákony . . . . .  | 85  |
| 3.1.2.  | Newtonův všeobecný zákon gravitační . . . . .                       | 86  |
| 3.1.3.  | Kosmické rychlosti . . . . .  | 87  |
| 3.2.    | Elektrostatické pole . . . . .                                      | 88  |
| 3.2.1.  | Nosiče elektrického náboje . . . . .                                | 88  |
| 3.2.2.  | Elektrická indukce $D$ . . . . .                                    | 90  |
| 3.2.3.  | Intenzita elektrického pole $E$ . . . . .                           | 93  |
| 3.2.4.  | Coulombův zákon . . . . .   | 95  |
| 3.2.5.  | Práce v elektrostatickém poli . . . . .                             | 95  |
| 3.2.6.  | Elektrický potenciál $\varphi$ . . . . .                            | 97  |
| 3.2.7.  | Elektrostatické pole nabitých vodičů . . . . .                      | 99  |
| 3.2.8.  | Elektrická kapacita $C$ . . . . .                                   | 100 |
| 3.2.9.  | Energie elektrického pole $W$ . . . . .                             | 102 |
| 3.2.10. | Elektrostatické pole v dielektriku . . . . .                        | 103 |
| 3.2.11. | Elektrický dipólový moment $p$ . . . . .                            | 104 |
| 3.2.12. | Elektrická polarizace $P$ . . . . .                                 | 105 |
| 3.3.    | Magnetické pole . . . . .   | 108 |
| 3.3.1.  | Intenzita magnetického pole $H$ a magnetické napětí $U_m$ . . . . . | 109 |
| 3.3.2.  | Biotův-Savartův-Laplaceův zákon . . . . .                           | 112 |
| 3.3.3.  | Lorentzova síla a magnetická indukce $B$ . . . . .                  | 113 |
| 3.3.4.  | Magnetický moment $m$ . . . . .                                     | 115 |
| 3.3.5.  | Magnetické vlastnosti látek . . . . .                               | 117 |
| 3.3.6.  | Magnetická polarizace $J$ . . . . .                                 | 121 |
| 3.4.    | Elektrický proud $I$ . . . . .                                      | 122 |
| 3.4.1.  | Proudová hustota $j$ . . . . .                                      | 123 |
| 3.4.2.  | Princip kontinuity proudu . . . . .                                 | 124 |
| 3.4.3.  | Ohmův zákon . . . . .   | 125 |
| 3.4.4.  | První Kirchhoffův zákon . . . . .                                   | 128 |
| 3.4.5.  | Elektromotorické napětí $U_e$ . . . . .                             | 128 |
| 3.4.6.  | Druhý Kirchhoffův zákon . . . . .                                   | 131 |
| 3.4.7.  | Joulův zákon . . . . .  | 132 |
| 3.4.8.  | Proud konvekční . . . . .   | 133 |
| 3.4.9.  | Proud posuvný . . . . .   | 134 |
| 3.4.10. | Termoelektřina . . . . .  | 135 |
| 3.4.11. | Vedení elektřiny v kovech . . . . .                                 | 137 |
| 3.4.12. | Pásová struktura pevných látek . . . . .                            | 139 |
| 3.4.13. | Vedení elektřiny v polovodičích . . . . .                           | 141 |
| 3.4.14. | Vedení elektřiny v kapalinách . . . . .                             | 143 |
| 3.4.15. | Vedení elektřiny ve vakuu . . . . .                                 | 146 |
| 3.4.16. | Vedení elektřiny v plynech . . . . .                                | 147 |
| 3.5.    | Elektromagnetické pole . . . . .                                    | 150 |
| 3.5.1.  | Elektromagnetická indukce . . . . .                                 | 150 |
| 3.5.2.  | Nestacionární a kvazistacionární pole . . . . .                     | 153 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.5.3.  | Vlastní indukčnost $L$ . . . . .   | 153 |
| 3.5.4.  | Vzájemná indukčnost $M$ . . . . .  | 155 |
| 3.5.5.  | Energie magnetického pole $W_m$ . . . . .  | 155 |
| 3.5.6.  | Maxwellovy rovnice v integrálním tvaru . . . . .   | 156 |
| 3.5.7.  | Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru — nestacionární elektromagnetické pole . . . . .     | 157 |
| 3.5.8.  | Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru — kvazistacionární elektromagnetické pole . . . . .  | 158 |
| 3.5.9.  | Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru — stacionární elektrické a magnetické pole . . . . . | 159 |
| 3.5.10. | Maxwellovy rovnice v diferenciálním tvaru — elektrostatické pole . . . . .                     | 159 |
| 3.5.11. | Elektromagnetické potenciály $\mathbf{A}, \varphi$ . . . . .                                   | 159 |
| 4.      | Kmity a vlny . . . . .   | 161 |
| 4.1.    | Kmity . . . . .  | 161 |
| 4.1.1.  | Harmonický oscilátor . . . . .   | 161 |
| 4.1.2.  | Harmonický pohyb netlumený . . . . .   | 162 |
| 4.1.3.  | Energie při harmonickém pohybu netlumeném . . . . .  | 164 |
| 4.1.4.  | Harmonický pohyb tlumený . . . . .   | 165 |
| 4.1.5.  | Vynucené kmity . . . . .   | 169 |
| 4.1.6.  | Skládání kmitů téhož směru, rázy . . . . .   | 173 |
| 4.1.7.  | Skládání kmitů různých směrů . . . . .   | 176 |
| 4.2.    | Vlny . . . . .   | 177 |
| 4.2.1.  | Vlnová délka $\lambda$ , vlnový vektor $\mathbf{k}$ . . . . .                                  | 179 |
| 4.2.2.  | Druhy vlnění . . . . .   | 180 |
| 4.2.3.  | Vlnová rovnice pro netlumené vlny . . . . .  | 182 |
| 4.2.4.  | Interference vlnění . . . . .  | 182 |
| 4.2.5.  | Grupová rychlost $\mathbf{v}_g$ , vlnový balík . . . . .                                       | 183 |
| 4.2.6.  | Polarizace vlnění . . . . .  | 184 |
| 4.2.7.  | Huygensův princip . . . . .  | 184 |
| 4.2.8.  | Odraz a lom vlnění . . . . .   | 186 |
| 4.2.9.  | Ohyb vlnění . . . . .  | 188 |
| 4.2.10. | Dopplerův jev . . . . .  | 188 |
| 4.2.11. | Intenzita vlnění $I$ . . . . .   | 191 |
| 4.2.12. | Vlnění v pevných látkách . . . . .   | 192 |
| 4.2.13. | Vlnění v tekutinách . . . . .  | 193 |
| 4.2.14. | Základy fyziologické akustiky . . . . .  | 194 |
| 4.2.15. | Elektromagnetické spektrum . . . . .   | 196 |
| 4.2.16. | Elektromagnetické vlny v homogenním izotropním dielektriku . . . . .                           | 197 |
| 4.2.17. | Elektromagnetické vlny v homogenním izotropním vodiči . . . . .                                | 199 |
| 4.2.18. | Poyntingův vektor $\mathbf{S}$ . . . . .   | 200 |
| 4.2.19. | Světlo . . . . .   | 201 |
| 4.2.20. | Zářivé veličiny . . . . .  | 201 |
| 4.2.21. | Světelné veličiny . . . . .  | 203 |
| 4.3.    | Vlnová optika . . . . .  | 204 |
| 4.3.1.  | Absolutní index lomu $N$ . . . . .   | 204 |
| 4.3.2.  | Interference světla . . . . .  | 205 |
| 4.3.3.  | Ohyb světla . . . . .  | 206 |
| 4.3.4.  | Polarizace světla . . . . .  | 208 |
| 4.4.    | Geometrická optika . . . . .   | 212 |
| 4.4.1.  | Fermatův princip . . . . .   | 213 |
| 4.4.2.  | Optické zobrazení . . . . .  | 215 |
| 4.4.3.  | Kulová plocha . . . . .  | 219 |

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| 4.4.4. | Kulové zrcadlo . . . . .                                      | 221 |
| 4.4.5. | Kulová čočka . . . . .  | 221 |
| 4.4.6. | Rovinná plocha, hranol . . . . .                              | 223 |
| 4.4.7. | Vady optického zobrazení . . . . .                            | 225 |
| 4.4.8. | Optické přístroje . . . . .                                   | 229 |
| 5.     | Teorie relativity . . . . .                                   | 232 |
| 5.1.   | Základní pojmy a experimenty . . . . .                        | 232 |
| 5.1.1. | Transformace souřadnic . . . . .                              | 232 |
| 5.1.2. | Galileiova transformace . . . . .                             | 233 |
| 5.1.3. | Lorentzova elektronová teorie . . . . .                       | 234 |
| 5.1.4. | Michelsonův pokus . . . . .                                   | 235 |
| 5.2.   | Speciální teorie relativity . . . . .                         | 237 |
| 5.2.1. | Einsteinovy postuláty . . . . .                               | 237 |
| 5.2.2. | Kontrakce délek . . . . .                                     | 239 |
| 5.2.3. | Dilatace času . . . . .                                       | 240 |
| 5.2.4. | Hmotnost a energie . . . . .                                  | 240 |
| 5.3.   | Obecná teorie relativity . . . . .                            | 242 |
| 6.     | Kvantová fyzika . . . . .                                     | 243 |
| 6.1.   | Záření černého tělesa . . . . .                               | 243 |
| 6.1.1. | Kirchhoffův zákon . . . . .                                   | 243 |
| 6.1.2. | Stefanův a Boltzmannův zákon . . . . .                        | 244 |
| 6.1.3. | Wienovy zákony . . . . .                                      | 245 |
| 6.1.4. | Rayleighův a Jeansův zákon . . . . .                          | 246 |
| 6.1.5. | Planckův vyzařovací zákon . . . . .                           | 246 |
| 6.2.   | Částicové vlastnosti vln . . . . .                            | 247 |
| 6.2.1. | Foton . . . . .   | 247 |
| 6.2.2. | Fotoelektrický jev . . . . .                                  | 249 |
| 6.2.3. | Comptonův jev . . . . .                                       | 250 |
| 6.3.   | Vlnové vlastnosti částic . . . . .                            | 251 |
| 6.3.1. | Vlny de Broglievy . . . . .                                   | 251 |
| 6.3.2. | Heisenbergovy relace neurčitosti . . . . .                    | 253 |
| 6.3.3. | Schrödingerova rovnice . . . . .                              | 255 |
| 6.3.4. | Vlnová funkce $\psi$ . . . . .                                | 256 |
| 6.3.5. | Difrakce částic . . . . .                                     | 257 |
| 7.     | Mikročástice . . . . .  | 258 |
| 7.1.   | Vlastnosti, projevy a vzájemná působení mikročástic . . . . . | 258 |
| 7.1.1. | Moment hybnosti částice . . . . .                             | 258 |
| 7.1.2. | Spin částice . . . . .  | 259 |
| 7.1.3. | Identické částice . . . . .                                   | 260 |
| 7.1.4. | Bosony a fermiony . . . . .                                   | 260 |
| 7.1.5. | Třídění částic . . . . .                                      | 260 |
| 7.1.6. | Antičástice . . . . .   | 261 |
| 7.1.7. | Elementární částice . . . . .                                 | 262 |
| 7.1.8. | Interakce částic . . . . .                                    | 263 |
| 7.2.   | Atom . . . . .  | 265 |
| 7.2.1. | Rutherfordův model atomu . . . . .                            | 265 |
| 7.2.2. | Bohrův model atomu . . . . .                                  | 266 |
| 7.2.3. | Atom z hlediska kvantové fyziky . . . . .                     | 268 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 7.2.4. | Franckův a Hertzův pokus . . . . .               | 270 |
| 7.2.5. | Vodíkový atom . . . . .                          | 271 |
| 7.2.6. | Atom s více elektrony . . . . .                  | 275 |
| 7.2.7. | Kvantově přechody . . . . .                      | 275 |
| 7.2.8. | Optická spektra . . . . .                        | 276 |
| 7.2.9. | Rentgenová spektra . . . . .                     | 278 |
| 7.3.   | Atomové jádro . . . . .                          | 279 |
| 7.3.1. | Atomové číslo $Z$ , atomová hmotnost . . . . .   | 280 |
| 7.3.2. | Struktura atomového jádra . . . . .              | 281 |
| 7.3.3. | Vazbová energie . . . . .                        | 281 |
| 7.4.   | Jaderné reakce . . . . .                         | 283 |
| 7.4.1. | Účinný průřez $\sigma$ . . . . .                 | 283 |
| 7.4.2. | Prostá přeměna . . . . .                         | 284 |
| 7.4.3. | Štěpení . . . . .                                | 285 |
| 7.4.4. | Tříštění . . . . .                               | 286 |
| 7.4.5. | Termojaderná reakce . . . . .                    | 286 |
| 7.5.   | Jaderné reaktory . . . . .                       | 287 |
| 7.5.1. | Jaderná energie . . . . .                        | 288 |
| 7.5.2. | Jaderné palivo . . . . .                         | 288 |
| 7.5.3. | Řetězová jaderná reakce . . . . .                | 290 |
| 7.5.4. | Jaderný reaktor s pomalými neutrony . . . . .    | 291 |
| 7.5.5. | Jaderný reaktor s rychlými neutrony . . . . .    | 292 |
| 7.5.6. | Termojaderný reaktor . . . . .                   | 293 |
| 7.6.   | Radioaktivita . . . . .                          | 294 |
| 7.6.1. | Přirozená radioaktivita . . . . .                | 294 |
| 7.6.2. | Rozpadový zákon . . . . .                        | 295 |
| 7.6.3. | Radioaktivní řady . . . . .                      | 297 |
| 7.6.4. | Umělá radioaktivita . . . . .                    | 300 |
| 7.7.   | Detekce jaderného záření . . . . .               | 302 |
| 7.7.1. | Veličiny jaderného záření . . . . .              | 303 |
| 7.7.2. | Ionizace . . . . .                               | 304 |
| 7.7.3. | Ionizační komora . . . . .                       | 304 |
| 7.7.4. | Počítáče ionizujících částic . . . . .           | 304 |
| 7.7.5. | Scintilační počítač . . . . .                    | 306 |
| 7.7.6. | Dráhové detektory . . . . .                      | 306 |
| 7.8.   | Urychlovače elektricky nabitých částic . . . . . | 307 |
| 7.8.1. | Kosmické záření . . . . .                        | 308 |
| 7.8.2. | Lineární urychlovače . . . . .                   | 309 |
| 7.8.3. | Cyklotron a synchrociklotron . . . . .           | 311 |
| 7.8.4. | Betatron . . . . .                               | 313 |
| 7.8.5. | Synchrotron . . . . .                            | 316 |
| 7.8.6. | Laserové urychlovače částic . . . . .            | 318 |
|        | Literatura . . . . .                             | 319 |
|        | Rejstřík . . . . .                               | 320 |