

# OBSAH

|         |                                                          |    |
|---------|----------------------------------------------------------|----|
|         | Předmluva . . . . .                                      | 11 |
|         | Přehled veličin a jejich jednotek . . . . .              | 13 |
| 1       | ÚKOL A ROZDĚLENÍ MECHANIKY . . . . .                     | 17 |
| 1.1     | Základní veličiny mechaniky tuhých těles . . . . .       | 17 |
| 2       | KINEMATIKA . . . . .                                     | 18 |
| 2.1     | Kinematika bodu . . . . .                                | 18 |
| 2.1.1   | Rovnoměrný přímočarý pohyb . . . . .                     | 20 |
| 2.1.2   | Rovnoměrně zrychlený přímočarý pohyb . . . . .           | 21 |
| 2.1.3   | Pohyb bodu po kružnici . . . . .                         | 23 |
| 2.2     | Pohyb tělesa . . . . .                                   | 25 |
| 2.2.1   | Posuvný pohyb tělesa . . . . .                           | 25 |
| 2.2.2   | Rotační pohyb tělesa . . . . .                           | 25 |
| 2.2.3   | Obecný rovinný pohyb tělesa . . . . .                    | 26 |
| 2.3     | Převody . . . . .                                        | 27 |
| 2.3.1   | Převody řemenové, lanové a řetězové . . . . .            | 28 |
| 2.3.2   | Převody třecí . . . . .                                  | 29 |
| 2.3.3   | Převod s ozubenými koly . . . . .                        | 30 |
| 2.3.3.1 | Předlokový převod . . . . .                              | 30 |
| 2.3.3.2 | Planetový převod . . . . .                               | 30 |
| 3       | DYNAMIKA HMOTNÉHO BODU . . . . .                         | 32 |
| 3.1     | Newtonovy pohybové zákony . . . . .                      | 32 |
| 3.2     | Pohybová rovnice bodu . . . . .                          | 33 |
| 3.2.1   | Volný bod. Vrh svislý . . . . .                          | 34 |
| 3.2.2   | Vázaný bod . . . . .                                     | 35 |
| 3.3     | Impuls síly a hybnost . . . . .                          | 35 |
| 3.4     | Mechanická práce . . . . .                               | 36 |
| 3.4.1   | Mechanická práce síly stálé velikosti . . . . .          | 36 |
| 3.4.2   | Mechanická práce síly proměnné velikosti . . . . .       | 38 |
| 3.4.3   | Práce síly stálé velikosti při rotačním pohybu . . . . . | 39 |
| 3.5     | Výkon . . . . .                                          | 39 |
| 3.6     | Energie . . . . .                                        | 40 |
| 4       | STATIKA . . . . .                                        | 43 |
| 4.1     | Síla a její vlastnosti . . . . .                         | 44 |
| 4.1.1   | Určení síly . . . . .                                    | 44 |
| 4.1.2   | Operace se silami . . . . .                              | 45 |
| 4.1.2.1 | Posunutí síly po nositeli . . . . .                      | 45 |
| 4.1.2.2 | Skládání a rozkládání sil . . . . .                      | 45 |
| 4.1.3   | Moment síly k bodu . . . . .                             | 48 |
| 4.1.4   | Silová dvojice . . . . .                                 | 49 |

|         |                                                    |    |
|---------|----------------------------------------------------|----|
| 4.1.5   | Přenesení síly na rovnoběžnou nositelku . . . . .  | 50 |
| 4.2     | Silové soustavy . . . . .                          | 52 |
| 4.2.1   | Soustava sil na jedné nositelce . . . . .          | 52 |
| 4.2.1.1 | Výslednice . . . . .                               | 52 |
| 4.2.1.2 | Rovnováha . . . . .                                | 53 |
| 4.2.2   | Soustava sil procházejících jedním bodem . . . . . | 54 |
| 4.2.2.1 | Výslednice . . . . .                               | 55 |
| 4.2.2.2 | Rovnováha . . . . .                                | 55 |
| 4.2.3   | Soustava rovnoběžných sil . . . . .                | 57 |
| 4.2.3.1 | Výslednice . . . . .                               | 57 |
| 4.2.3.2 | Rovnováha . . . . .                                | 60 |
| 4.2.4   | Obecná rovinná soustava sil . . . . .              | 61 |
| 4.2.4.1 | Výslednice . . . . .                               | 61 |
| 4.2.4.2 | Rovnováha . . . . .                                | 62 |
| 4.3     | Těžiště a kvadratické momenty průřezu . . . . .    | 64 |
| 4.3.1   | Těžiště čar . . . . .                              | 65 |
| 4.3.2   | Těžiště ploch . . . . .                            | 66 |
| 4.3.3   | Stabilita těles . . . . .                          | 67 |
| 4.3.4   | Kvadratický moment průřezu . . . . .               | 68 |
| 4.3.5   | Polární moment průřezu . . . . .                   | 68 |
| 4.3.6   | Steinerova věta . . . . .                          | 69 |
| 4.3.7   | Kvadratické momenty složených průřezů . . . . .    | 69 |
| 4.4     | Těleso v rovině . . . . .                          | 69 |
| 4.4.1   | Rovnováha tělesa v rovině . . . . .                | 70 |
| 4.5     | Soustavy těles . . . . .                           | 73 |
| 4.5.1   | Statické řešení soustav . . . . .                  | 73 |
| 4.5.2   | Prutové soustavy . . . . .                         | 73 |
| 4.5.2.1 | Grafické řešení . . . . .                          | 74 |
| 4.6     | Pasívní odpory . . . . .                           | 75 |
| 4.6.1   | Smykové tření . . . . .                            | 76 |
| 4.6.1.1 | Smykové tření na nakloněné rovině . . . . .        | 79 |
| 4.6.2   | Čepové tření . . . . .                             | 80 |
| 4.6.2.1 | Radiální čep . . . . .                             | 80 |
| 4.6.2.2 | Axiální čep . . . . .                              | 82 |
| 4.6.3   | Valivý odpor . . . . .                             | 82 |
| 4.6.4   | Účinnost . . . . .                                 | 85 |
| 4.7     | Jednoduché stroje . . . . .                        | 86 |
| 4.7.1   | Páka . . . . .                                     | 86 |
| 4.7.2   | Kladka . . . . .                                   | 86 |
| 4.7.2.1 | Kladka pevná . . . . .                             | 86 |
| 4.7.2.2 | Kladka volná . . . . .                             | 87 |
| 4.7.2.3 | Kladkostroj . . . . .                              | 88 |
| 4.7.3   | Kolo na hřídeli . . . . .                          | 88 |
| 4.7.4   | Nakloněná rovina . . . . .                         | 90 |
| 4.7.5   | Šroub . . . . .                                    | 91 |
| 5       | DYNAMIKA TĚLESA . . . . .                          | 93 |
| 5.1     | D'Alembertův princip . . . . .                     | 93 |
| 5.2     | Posuvný pohyb tělesa . . . . .                     | 94 |
| 5.2.1   | Pohybová rovnice . . . . .                         | 94 |
| 5.2.2   | Kinetická energie . . . . .                        | 94 |

|         |                                                                                                             |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.3     | Rotační pohyb tělesa . . . . .                                                                              | 94  |
| 5.3.1   | Pohybová rovnice . . . . .                                                                                  | 94  |
| 5.3.2   | Kinetická energie . . . . .                                                                                 | 95  |
| 5.3.3   | Vyvažování rotorů . . . . .                                                                                 | 96  |
| 6       | NAUKA O PRUŽNOSTI A PEVNOSTI . . . . .                                                                      | 98  |
| 6.1     | Význam a obsah nauky o pružnosti a pevnosti . . . . .                                                       | 98  |
| 6.2     | Účinek vnějších sil na tělesa, vznik a druhy deformací, základní druhy namáhání průřezů<br>těles . . . . .  | 98  |
| 6.2.1   | Druhy vnějších sil . . . . .                                                                                | 98  |
| 6.2.2   | Deformační účinek vnějších sil . . . . .                                                                    | 98  |
| 6.2.3   | Namáhané průřezy tělesa . . . . .                                                                           | 99  |
| 6.2.4   | Základní druhy namáhání . . . . .                                                                           | 100 |
| 6.2.5   | Deformace namáhaných těles . . . . .                                                                        | 100 |
| 6.2.5.1 | Druhy deformací . . . . .                                                                                   | 100 |
| 6.2.5.2 | Velikost deformací. Deformace skutečná a poměrná . . . . .                                                  | 101 |
| 6.3     | Napětí . . . . .                                                                                            | 103 |
| 6.3.1   | Napětí jako míra namáhání těles . . . . .                                                                   | 103 |
| 6.3.2   | Druhy napětí, Napětí normálové a tečné . . . . .                                                            | 104 |
| 6.3.3   | Rozložení napětí v namáhaném průřezu . . . . .                                                              | 104 |
| 6.3.4   | Výpočet skutečného napětí pro základní druhy namáhání . . . . .                                             | 107 |
| 6.3.4.1 | Výpočet skutečného napětí pro druhy namáhání, u nichž je napětí rozloženo v průřezu<br>rovnoměrně . . . . . | 107 |
| 6.3.4.2 | Výpočet skutečného napětí pro druhy namáhání s nerovnoměrným rozložením napětí . . . . .                    | 107 |
| 6.3.5   | Napětí dovolené . . . . .                                                                                   | 109 |
| 6.3.5.1 | Význam a definice dovoleného napětí . . . . .                                                               | 109 |
| 6.3.5.2 | Výpočet dovoleného napětí . . . . .                                                                         | 110 |
| 6.3.5.3 | Vliv teploty na mechanické vlastnosti materiálů . . . . .                                                   | 113 |
| 6.4     | Základní výpočtová rovnice . . . . .                                                                        | 113 |
| 6.5     | Zákon Hookeův . . . . .                                                                                     | 113 |
| 6.5.1   | Odvození Hookeova zákona . . . . .                                                                          | 113 |
| 6.5.2   | Změna průřezových rozměrů při namáhání tahem nebo tlakem . . . . .                                          | 114 |
| 6.6     | Namáhání s napětím rozloženým v průřezu rovnoměrně . . . . .                                                | 115 |
| 6.6.1   | Namáhání prostým tahem . . . . .                                                                            | 115 |
| 6.6.1.1 | Tvar základní výpočtové rovnice pro tah . . . . .                                                           | 115 |
| 6.6.1.2 | Nebezpečný průřez . . . . .                                                                                 | 115 |
| 6.6.2   | Namáhání prostým tlakem . . . . .                                                                           | 117 |
| 6.6.2.1 | Tlak ve styčných plochách . . . . .                                                                         | 118 |
| 6.6.2.2 | Vzpěr jako zvláštní případ namáhání tlakovou silou . . . . .                                                | 120 |
| 6.6.3   | Namáhání smykem . . . . .                                                                                   | 124 |
| 6.7     | Namáhání s napětím rozloženým v průřezu nerovnoměrně . . . . .                                              | 127 |
| 6.7.1   | Průřezové moduly . . . . .                                                                                  | 127 |
| 6.7.2   | Namáhání krutem . . . . .                                                                                   | 128 |
| 6.7.2.1 | Deformace při krutu. Hookeův zákon pro krut . . . . .                                                       | 128 |
| 6.7.2.2 | Výpočet krouticího momentu z výkonu a otáček . . . . .                                                      | 129 |
| 6.7.2.3 | Krut nekruhových průřezů . . . . .                                                                          | 131 |
| 6.7.2.4 | Zkrucované pružiny . . . . .                                                                                | 132 |
| 6.7.3   | Ohyb . . . . .                                                                                              | 134 |
| 6.7.3.1 | Základní pojmy . . . . .                                                                                    | 134 |
| 6.7.3.2 | Základní výpočtová rovnice pro ohyb . . . . .                                                               | 135 |
| 6.7.3.3 | Deformace při ohybu . . . . .                                                                               | 136 |

|         |                                                                               |     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.7.3.4 | Řešení nosníků stálého průřezu . . . . .                                      | 137 |
| 6.7.3.5 | Nosníky proměnlivého průřezu . . . . .                                        | 142 |
| 6.7.3.6 | Ohýbané pružiny . . . . .                                                     | 143 |
| 6.7.4   | Namáhání složená . . . . .                                                    | 144 |
| 6.8     | Výpočty součástí se zřetelem na jejich tvar a proměnlivost zatížení . . . . . | 144 |
| 6.8.1   | Cyklická namáhání . . . . .                                                   | 145 |
| 6.8.2   | Tvarová pevnost . . . . .                                                     | 148 |
| 6.8.3   | Dynamická míra bezpečnosti . . . . .                                          | 149 |
| 7       | MECHANIKA TEKUTIN . . . . .                                                   | 150 |
| 7.1     | Úvod. Rozdělení mechaniky tekutin . . . . .                                   | 150 |
| 7.2     | Hydromechanika . . . . .                                                      | 150 |
| 7.2.1   | Vlastnosti kapalin. Ideální kapalina . . . . .                                | 150 |
| 7.2.2   | Základní veličiny určující stav kapaliny . . . . .                            | 150 |
| 7.2.3   | Hydrostatika . . . . .                                                        | 151 |
| 7.2.3.1 | Tlak kapaliny v otevřených nádobách . . . . .                                 | 151 |
| 7.2.3.2 | Tlak kapaliny v uzavřených nádobách. Pascalův zákon . . . . .                 | 158 |
| 7.2.4   | Hydrodynamika . . . . .                                                       | 160 |
| 7.2.4.1 | Základní pojmy hydrodynamiky . . . . .                                        | 160 |
| 7.2.4.2 | Průtočné množství . . . . .                                                   | 161 |
| 7.2.4.3 | Rovnice spjitosti toku . . . . .                                              | 162 |
| 7.2.4.4 | Rovnice Bernoulliho . . . . .                                                 | 163 |
| 7.2.4.5 | Výtok kapalin z nádob . . . . .                                               | 169 |
| 7.2.4.6 | Dynamické účinky proudu kapaliny . . . . .                                    | 171 |
| 7.2.4.7 | Vodní turbíny — význam, využití . . . . .                                     | 174 |
| 7.2.4.8 | Výpočet výkonu turbin a příkonu čerpadel ze základních parametrů . . . . .    | 174 |
| 7.3     | Nauka o vzdušinách — aeromechanika . . . . .                                  | 175 |
| 7.3.1   | Aerostatika . . . . .                                                         | 175 |
| 7.3.2   | Aerodynamika . . . . .                                                        | 176 |
| 7.3.2.1 | Rovnice spjitosti toku . . . . .                                              | 176 |
| 7.3.2.2 | Odpor při relativním pohybu těles v tekutém prostředí . . . . .               | 176 |
| 7.3.2.3 | Nadzvuková rychlost. Machovo číslo . . . . .                                  | 177 |
| 7.3.2.4 | Aerodynamický vztlak . . . . .                                                | 178 |
| 8       | TERMOMECHANIKA. . . . .                                                       | 179 |
| 8.1     | Význam znalostí nauky o teple a vzdušinách . . . . .                          | 179 |
| 8.2     | Základní veličiny určující tepelný stav vzdušiny . . . . .                    | 179 |
| 8.3     | Teplota a její měření . . . . .                                               | 179 |
| 8.4     | Teplo . . . . .                                                               | 180 |
| 8.4.1   | Podstata a zdroje tepla . . . . .                                             | 180 |
| 8.4.2   | Jednotka tepelného množství . . . . .                                         | 180 |
| 8.4.3   | Měrné teplo . . . . .                                                         | 180 |
| 8.4.4   | Přeměny skupenství látek. Měrné skupenské teplo . . . . .                     | 181 |
| 8.4.5   | Roztažnost látek teplem . . . . .                                             | 182 |
| 8.4.6   | Spalování . . . . .                                                           | 182 |
| 8.4.7   | Sdílení tepla . . . . .                                                       | 183 |
| 8.4.7.1 | Sdílení tepla sáláním . . . . .                                               | 183 |
| 8.4.7.2 | Sdílení tepla vedením . . . . .                                               | 183 |
| 8.4.7.3 | Sdílení tepla prouděním . . . . .                                             | 184 |
| 8.4.7.4 | Prostup tepla stěnou . . . . .                                                | 184 |
| 8.5     | Termodynamika plynů . . . . .                                                 | 186 |
| 8.5.1   | Ideální plyn . . . . .                                                        | 186 |

|         |                                              |     |
|---------|----------------------------------------------|-----|
| 8.5.2   | Rovnice stavu ideálního plynu . . . . .      | 186 |
| 8.5.3   | Termodynamické stavové veličiny . . . . .    | 187 |
| 8.5.3.1 | Vnitřní energie . . . . .                    | 188 |
| 8.5.3.2 | Entalpie . . . . .                           | 188 |
| 8.5.3.3 | Entropie . . . . .                           | 189 |
| 8.5.4   | I. hlavní věta termodynamická . . . . .      | 190 |
| 8.5.4.1 | Absolutní práce . . . . .                    | 190 |
| 8.5.4.2 | Technická práce . . . . .                    | 191 |
| 8.5.5   | Změny stavu plynů . . . . .                  | 192 |
| 8.5.5.1 | Vratné změny stavu ideálního plynu . . . . . | 192 |
| 8.5.5.2 | Nevratné změny stavu . . . . .               | 196 |
| 8.6     | Termodynamika par . . . . .                  | 197 |
| 8.6.1   | Výroba vodní páry . . . . .                  | 197 |
| 8.6.2   | Diagramy vodní páry . . . . .                | 198 |
| 8.6.2.1 | Diagram $p-v$ vodní páry . . . . .           | 198 |
| 8.6.2.2 | Diagram $T-s$ vodní páry . . . . .           | 200 |
| 8.6.2.3 | Mollierův diagram $i-s$ vodní páry . . . . . | 200 |
| 8.6.3   | Zkapalňování plynů . . . . .                 | 200 |
| 8.7     | Tepelné oběhy . . . . .                      | 200 |
| 8.7.1   | Základní pojmy . . . . .                     | 200 |
| 8.7.2   | Druhy tepelných oběhů . . . . .              | 202 |
| 8.7.2.1 | Oběhy tepelných motorů . . . . .             | 202 |
| 8.7.2.2 | Oběhy tepelných strojů hnaných . . . . .     | 203 |
| 8.7.2.3 | Chladicí oběhy . . . . .                     | 204 |
| 8.8     | Výtok vzdušin . . . . .                      | 204 |
| 8.8.1   | Výtoková rychlost . . . . .                  | 204 |
| 8.8.2   | Výtok zúženou a rozšířenou tryskou . . . . . | 205 |
|         | Výsledky úloh . . . . .                      | 206 |
|         | Literatura . . . . .                         | 208 |