

# Obsah

|   |     |
|---|-----|
| Předmluva.....  | 13  |
| Úvod.....   | 17  |
| <b>I. TENZORY NAPĚTÍ A DEFORMACE</b>                                      |     |
| 1 Kartézské tenzory – Gaussova a Stokesova věta .....                     | 23  |
| 1.1 Ortogonální transformace souřadnic.....                               | 23  |
| 1.2 Definice vektorů na základě transformačních vlastností .....          | 29  |
| 1.3 Definice a základní vlastnosti kartézských tenzorů .....              | 32  |
| 1.4 Hlavní osy a invarianty symetrického tenzoru druhého řádu .....       | 40  |
| 1.5 Izotropní tenzory .....   | 48  |
| 1.6 Derivace tenzorů.....   | 51  |
| 1.7 Integrovní definice operací divergence a rotace .....                 | 56  |
| 1.8 Věta Gaussova a věta Stokesova .....                                  | 60  |
| Úlohy ke cvičení.....   | 65  |
| Literatura .....  | 67  |
| 2 Tenzory v metrických prostorech .....                                   | 68  |
| 2.1* Křivočaré souřadnice. Sdružené báze vektorů.....                     | 68  |
| 2.2* Definice tenzorů. Afinní a metrický prostor .....                    | 76  |
| 2.3* Základní vlastnosti metrického tenzoru a Levi-Civitova symbolu ..... | 84  |
| 2.4* Paralelní přenos .....   | 92  |
| 2.5* Kovariantní derivace .....   | 101 |
| 2.6* Tenzor křivosti .....  | 110 |
| Úlohy ke cvičení.....   | 116 |
| Literatura .....  | 118 |
| 3 Tenzor napětí .....   | 119 |
| 3.1 Síly objemové a plošné. Vektor napětí .....                           | 119 |
| 3.2 Složky tenzoru napětí .....   | 122 |
| 3.3 Podmínky rovnováhy .....  | 128 |
| 3.4 Tenzorový charakter složek napětí .....                               | 134 |
| 3.5 Kvadrika napětí a hlavní napětí .....                                 | 135 |
| 3.6 Mohrovy kružnice. Určení největších tečných napětí.....               | 142 |
| 3.7 Oktaedrické napětí.....   | 148 |
| 3.8* Tenzor napětí v křivočarých souřadnicích.....                        | 149 |



|  |            |
|--|------------|
| Úlohy ke cvičení .....   | 156        |
| Literatura .....   | 156        |
| <b>4 Tenzor deformace .....</b>  | <b>159</b> |
| 4.1 Geometrie konečných deformací .....  | 159        |
| 4.2 Teorie malých deformací .....  | 166        |
| 4.3 Rovnice kompatibility deformací .....  | 179        |
| 4.4* Kovariantní formulace základních vlastností tenzoru deformace .....   | 182        |
| Úlohy ke cvičení .....   | 190        |
| Literatura .....   | 190        |
| <br><b>II. KLASICKÁ TEORIE PRUŽNOSTI</b>   |            |
| <b>5. Zobecněný Hookeův zákon .....</b>  | <b>195</b> |
| 5.1 Reologické vlastnosti látek .....  | 195        |
| 5.2 Hookeův zákon .....  | 196        |
| 5.3 Zobecněný Hookeův zákon .....  | 199        |
| 5.4 Základní elastické konstanty homogenního izotropního tělesa .....  | 210        |
| 5.5 Rovnice Beltramiho–Michellova .....  | 216        |
| 5.6 Formulace základních okrajových úloh teorie pružnosti .....  | 218        |
| 5.7 Dynamické rovnice izotropního elastického prostředí .....  | 219        |
| 5.8* Obecný tvar Beltramiho–Michellovy rovnice .....   | 221        |
| Úlohy ke cvičení .....   | 224        |
| Literatura .....   | 224        |
| <br><b>6 Energetické úvahy .....</b>   | <b>227</b> |
| 6.1 Energie deformace .....  | 227        |
| 6.2 Věta o minimu potenciální energie .....  | 237        |
| 6.3 Castiglianův princip .....   | 242        |
| 6.4 Hamiltonův princip .....   | 245        |
| 6.5 Jednoznačnost řešení okrajových úloh v klasické teorii pružnosti .....   | 247        |
| 6.6 Saint-Venantův princip .....   | 252        |
| Úlohy ke cvičení .....   | 254        |
| Literatura .....   | 254        |
| <br><b>7 Jednoduché problémy elastické rovnováhy – torze a ohyb tyčí .....</b>                                     | <b>256</b> |
| 7.1 Homogenní deformace válce .....  | 256        |
| 7.2 Deformace válce vlastní vahou .....  | 263        |
| 7.3 Rozložení napětí v kulové skořepině a válcové rouře, na které působí<br>rovnoměrný vnitřní a vnější tlak ..... | 271        |
| 7.4 Torze kruhového válce .....  | 278        |
| 7.5 Čistý ohyb tyče .....  | 284        |
| 7.6 Ohyb upevněné tyče silou působící na jejím volném konci .....  | 291        |
| Úlohy ke cvičení .....   | 297        |
| Literatura .....   | 298        |



|                            |   |     |
|----------------------------|---|-----|
| 8                          | Obecná řešení rovnic rovnováhy – rovinný problém .....  | 299 |
| 8.1                        | Matematický charakter složek napětí .....   | 299 |
| 8.2                        | Matematický charakter složek posunutí .....   | 307 |
| 8.3                        | Rovinná deformace a napjatost.....  | 310 |
| 8.4                        | Loveova metoda řešení rovinného problému.....   | 317 |
|                            | Úlohy ke cvičení.....   | 325 |
|                            | Literatura .....  | 326 |
| 9                          | Elastické vlny v neomezeném prostředí .....   | 327 |
| 9.1                        | Vlny podélné a příčné.....  | 327 |
| 9.2                        | Odraz rovinných elastických vln .....   | 335 |
| 9.3                        | Povrchové Rayleighovy vlny .....  | 345 |
|                            | Úlohy ke cvičení.....   | 352 |
|                            | Literatura .....  | 352 |
| 10                         | Kmity strun, membrán a tyčí .....   | 354 |
| 10.1                       | Pohybové rovnice struny .....   | 354 |
| 10.2                       | Integrace pohybové rovnice struny. Metoda d'Alembertova .....   | 361 |
| 10.3                       | Bernoulliho řešení pohybové rovnice struny .....  | 365 |
| 10.4                       | Vynucené kmity struny .....   | 371 |
| 10.5                       | Pohybová rovnice membrány .....   | 377 |
| 10.6                       | Obdélníková a kruhová membrána .....  | 382 |
| 10.7                       | Kmity tyčí.....   | 394 |
|                            | Úlohy ke cvičení.....   | 408 |
|                            | Literatura .....  | 409 |
| <br>III. MECHANIKA TEKUTIN |   |     |
| 11                         | Hydrostatika .....  | 413 |
| 11.1                       | Základní vlastnosti a mikroskopický model tekutin .....   | 413 |
| 11.2                       | Základní rovnice rovnováhy tekutin.....   | 416 |
| 11.3                       | Aplikace hydrostatické rovnice. Pascalův zákon, barometrická formule, kapalina<br>v otáčející se nádobě ..... | 418 |
| 11.4                       | Archimédův zákon. Tlak tekutiny na stěnu .....  | 426 |
| 11.5                       | Rovnováha plovoucích těles.....   | 430 |
|                            | Úlohy ke cvičení.....   | 440 |
|                            | Literatura .....  | 442 |
| 12                         | Kinematika tekutin .....  | 443 |
| 12.1                       | Lagrangeova a Eulerova metoda .....   | 443 |
| 12.2                       | Trajektorie a proudnice. Rychlost translace, rotace a deformace .....   | 448 |
| 12.3                       | Vírové čáry a trubice. Intenzita víru.....  | 452 |
| 12.4                       | Cirkulace rychlosti .....   | 456 |
|                            | Úlohy ke cvičení.....   | 458 |
|                            | Literatura.....   | 459 |



|      |   |     |
|------|---|-----|
| 13   | Základní rovnice pohybu dokonalých tekutin.....                               | 460 |
| 13.1 | Rovnice kontinuity .....  | 460 |
| 13.2 | Pohybové rovnice.....   | 468 |
| 13.3 | Obecná formulace problémů hydrodynamiky. Počáteční a okrajové podmínky .....  | 474 |
| 13.4 | Rovnice energie. Tok energie a hybnosti kontrolní plochou .....               | 477 |
| 13.5 | Věta o hybnosti a momentu hybnosti při stacionárním pohybu.....               | 483 |
|      | Úlohy ke cvičení .....  | 487 |
|      | Literatura .....  | 489 |
| 14   | Jednodušší problémy pohybu dokonalých tekutin.....                            | 491 |
| 14.1 | Bernoulliho rovnice.....  | 491 |
| 14.2 | Příklady na použití Bernoulliho rovnice.....                                  | 496 |
| 14.3 | Příklady na použití věty o hybnosti.....                                      | 506 |
| 14.4 | Zvukové vlny.....   | 511 |
| 14.5 | Nárazový pohyb .....  | 519 |
|      | Úlohy ke cvičení .....  | 521 |
|      | Literatura .....  | 522 |
| 15   | Nevířivé proudění.....  | 524 |
| 15.1 | Nevířivé proudění v prostoru.....   | 524 |
| 15.2 | Proudění v rovině. Proudová funkce .....                                      | 533 |
| 15.3 | Nevířivé proudění v rovině. Komplexní potenciál .....                         | 537 |
| 15.4 | Obtékání kruhového válce.....   | 550 |
| 15.5 | Konformní zobrazení. Profil Žukovského .....                                  | 561 |
| 15.6 | Hydrodynamické reakce při stacionárním proudění.....                          | 569 |
|      | Úlohy ke cvičení .....  | 579 |
|      | Literatura.....   | 580 |
| 16   | Pohyb vířivý .....  | 581 |
| 16.1 | Vznik vířů. Helmholtzovy věty o vírech .....                                  | 581 |
| 16.2 | Určení rychlosti proudění, je-li dáno pole zdrojů a pole vířů rychlosti ..... | 590 |
| 16.3 | Vírové vlákno v nestlačitelné tekutině .....                                  | 598 |
| 16.4 | Soustava přímočarých rovnoběžných vírových vláken .....                       | 603 |
| 16.5 | Vírové řady.....  | 613 |
| 16.6 | Kármánův vzorec pro odpor tekutiny vůči pohybujícímu se tělesu.....           | 619 |
|      | Úlohy ke cvičení .....  | 627 |
|      | Literatura.....   | 628 |
| 17   | Vlny na povrchu dokonalé nestlačitelné tekutiny.....                          | 630 |
| 17.1 | Základní rovnice.....   | 630 |
| 17.2 | Gravitační vlny .....   | 634 |
| 17.3 | Kapilární vlny.....   | 643 |
| 17.4 | Grupová rychlost.....   | 649 |

|  |            |
|--|------------|
| 17.5 Gerstnerovy trochoidální vlny .....   | 658        |
| Úlohy ke cvičení.....  | 668        |
| Literatura .....   | 668        |
| <b>18 Dynamika viskózních tekutin .....</b>  | <b>670</b> |
| 18.1 Navierova–Stokesova rovnice .....   | 670        |
| 18.2 Disipace energie. Rovnice toku tepla .....  | 681        |
| 18.3 Zákon podobnosti .....  | 688        |
| 18.4 Stacionární proudění viskózní nestlačitelné tekutiny mezi dvěma<br>rovnoběžnými stěnami. .... | 696        |
| 18.5 Laminární proudění ve válcových trubicích .....   | 703        |
| 18.6* Stacionární rotační pohyb.....   | 708        |
| 18.7* Difuze víru.....   | 713        |
| 18.8* Translace koule ve viskózní tekutině. Stokesův vzorec.....                                   | 719        |
| 18.9 Mezní vrstva .....  | 726        |
| Úlohy ke cvičení.....  | 733        |
| Literatura .....   | 734        |
| <b>Řešení úloh .....</b>   | <b>737</b> |
| <b>Rejstřík .....</b>  | <b>867</b> |