

# OBSAH

|                          |    |
|--------------------------|----|
| Předmluva . . . . .      | 9  |
| Seznam symbolů . . . . . | 11 |

## NERELATIVISTICKÁ MECHANIKA SOUSTAVY HMOTNÝCH BODŮ

### *I Základy newtonovské mechaniky*

|      |  |    |
|------|--|----|
| I.1  | Pohyb hmotného bodu v kartézské soustavě . . . . .           | 17 |
| I.2  | Pohyb hmotného bodu v křivočarých souřadnicích . . . . .     | 20 |
| I.3  | Rychlost a zrychlení relativního pohybu . . . . .            | 25 |
| I.4  | Inerciální vztahné systémy. Galileiho transformace . . . . . | 28 |
| I.5  | Síla a hmotnost . . . . .                                    | 31 |
| I.6  | Newtonovy pohybové rovnice . . . . .                         | 34 |
| I.7  | Hmotný bod v neinerciálním systému . . . . .                 | 36 |
| I.8  | Zákon zachování energie . . . . .                            | 37 |
| I.9  | Zákon zachování hybnosti. Střed hmotnosti . . . . .          | 42 |
| I.10 | Zákon zachování momentu hybnosti . . . . .                   | 44 |
| I.11 | Příklady . . . . .   | 46 |

### *II Lagrangeovská formulace mechaniky*

|       |   |    |
|-------|---|----|
| II.1  | Hmotný bod vázaný na plochu a křivku . . . . .                      | 52 |
| II.2  | Klasifikace vazeb. Virtuální posunutí . . . . .                     | 54 |
| II.3  | D'Alembertův princip . . . . .                                      | 56 |
| II.4  | Lagrangeovy rovnice 1. druhu . . . . .                              | 57 |
| II.5  | Lagrangeovy rovnice 2. druhu . . . . .                              | 59 |
| II.6  | První integrály Lagrangeových rovnic. Cyklické souřadnice . . . . . | 63 |
| II.7  | Zobecněná energie . . . . .   | 64 |
| II.8  | Základy variačního počtu. Hamiltonův princip . . . . .              | 65 |
| II.9  | Teorem E. Noetherové . . . . .                                      | 68 |
| II.10 | Příklady . . . . .  | 73 |

### *III Hamiltonovská formulace mechaniky*

|       |   |    |
|-------|---|----|
| III.1 | Hamiltonova funkce. Hamiltonovy rovnice . . . . . | 79 |
| III.2 | Cyklické souřadnice. Routhova funkce . . . . .    | 82 |
| III.3 | Kanonické transformace . . . . .                  | 84 |
| III.4 | Poissonovy závorky . . . . .                      | 88 |
| III.5 | Pohyb jako kanonická transformace . . . . .       | 90 |
| III.6 | Liouvilleova věta . . . . .                       | 92 |
| III.7 | Příklady . . . . .                                | 94 |

## IV Hamiltonova–Jacobiho teorie

|      |   |     |
|------|---|-----|
| IV.1 | Hamiltonova–Jacobiho rovnice . . . . .      | 97  |
| IV.2 | Separace času . . . . .                     | 98  |
| IV.3 | Separace proměnných . . . . .               | 100 |
| IV.4 | Od klasické ke kvantové mechanice . . . . . | 101 |
| IV.5 | Příklady . . . . .                          | 106 |

## V Tuhé těleso

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| V.1 | Kinematika tuhého tělesa . . . . .            | 109 |
| V.2 | Moment hybnosti a kinetická energie . . . . . | 111 |
| V.3 | Tensor setrvačnosti . . . . .                 | 113 |
| V.4 | Pohybové rovnice . . . . .                    | 119 |
| V.5 | Volný setrvačnick . . . . .                   | 121 |
| V.6 | Příklady . . . . .                            | 124 |

## VI Vybrané aplikace

|      |   |     |
|------|---|-----|
| VI.1 | Pohyb hmotného bodu s proměnnou hmotností . . . . . | 128 |
| VI.2 | Malé kmity . . . . .                                | 130 |
| VI.3 | Těžký symetrický setrvačnick . . . . .              | 133 |
| VI.4 | Srážky částic . . . . .                             | 136 |
| VI.5 | Problém dvou těles . . . . .                        | 141 |
| VI.6 | Příklady . . . . .                                  | 146 |

# NERELATIVISTICKÁ MECHANIKA KONTINUA

## VII Pohybové rovnice kontinua

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| VII.1  | Kinematika kontinua . . . . .                   | 155 |
| VII.2  | Deformace kontinua . . . . .                    | 158 |
| VII.3  | Tenzory a tenzorová pole . . . . .              | 161 |
| VII.4  | Derivování tenzorových polí . . . . .           | 165 |
| VII.5  | Integrovaní polí . . . . .                      | 169 |
| VII.6  | Gaussova a Stokesova věta . . . . .             | 172 |
| VII.7  | Rovnice kontinuity . . . . .                    | 174 |
| VII.8  | Plošné a objemové síly. Tenzor napětí . . . . . | 177 |
| VII.9  | Symetrie tenzoru napětí . . . . .               | 180 |
| VII.10 | Zákon zachování energie v kontinuu . . . . .    | 182 |
| VII.11 | Termodynamické vztahy a veličiny . . . . .      | 184 |
| VII.12 | Systém rovnic pro pohyb kontinua . . . . .      | 187 |
| VII.13 | Příklady . . . . .                              | 188 |

## VIII Teorie pružnosti

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| VIII.1 | Základní rovnice . . . . .                                     | 190 |
| VIII.2 | Hookův zákon . . . . .   | 192 |
| VIII.3 | Rovnice rovnováhy izotropních těles . . . . .                  | 195 |
| VIII.4 | Pohybové rovnice izotropního pružného tělesa. Vlnění . . . . . | 198 |
| VIII.5 | Kmity struny . . . . .   | 201 |
| VIII.6 | Příklady . . . . .   | 204 |

## IX Ideální tekutiny

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| IX.1  | Pohybové rovnice                        | 207 |
| IX.2  | Hydrostatika                            | 209 |
| IX.3  | Izoentropický pohyb                     | 212 |
| IX.4  | Eulerovy rovnice. Rovnice Bernoulliho   | 214 |
| IX.5  | Tok hybnosti a energie                  | 217 |
| IX.6  | Cirkulace rychlosti. Potenciálový pohyb | 218 |
| IX.7  | Obtékání tuhých těles. Odpor a vztlak   | 221 |
| IX.8  | Zvukové vlny                            | 224 |
| IX.9  | Nadzvukové rychlosti. Rázové vlny       | 227 |
| IX.10 | Příklady                                | 232 |

## X Vazké tekutiny

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| X.1 | Nedostatky teorie ideální tekutiny          | 234 |
| X.2 | Tenzor napětí vazké tekutiny                | 235 |
| X.3 | Navierovy–Stokesovy rovnice                 | 237 |
| X.4 | Termodynamika vazkých tekutin               | 238 |
| X.5 | Proudění trubic. Hagenův–Poiseuilleův zákon | 239 |
| X.6 | Turbulentní proudění                        | 242 |
| X.7 | Teorie podobnosti                           | 244 |
| X.8 | Obtékání těles vazkou tekutinou             | 246 |
| X.9 | Příklady                                    | 250 |

# RELATIVISTICKÁ MECHANIKA

## XI Základní pojmy a zdroje speciální teorie relativity

|      |  |     |
|------|--|-----|
| XI.1 | Princip relativity v předrelativistické fyzice | 255 |
| XI.2 | Principy speciální teorie relativity           | 267 |
| XI.3 | Lorentzova transformace. Skládání rychlostí    | 269 |
| XI.4 | Časový interval. Prostorová vzdálenost         | 276 |
| XI.5 | Některé kinematické důsledky teorie relativity | 281 |
| XI.6 | Pohybové rovnice. Energie částice              | 289 |
| XI.7 | Aplikace pohybových rovnic                     | 295 |
| XI.8 | Zákon ekvivalence hmotnosti a energie          | 298 |
| XI.9 | Příklady                                       | 300 |

## XII Speciální teorie relativity v Minkowského prostoročase

|        |   |     |
|--------|---|-----|
| XII.1  | Interval                                    | 304 |
| XII.2  | Geometrie Minkowského prostoru. Tenzory     | 311 |
| XII.3  | Lorentzova a Poincarého grupa               | 321 |
| XII.4  | Čtyřrozměrná mechanika                      | 324 |
| XII.5  | Srážky částic                               | 328 |
| XII.6  | Tenzorová pole                              | 333 |
| XII.7  | Integrály tenzorových polí                  | 338 |
| XII.8  | Tenzor energie a hybnosti                   | 344 |
| XII.9  | Pohybové rovnice ideální tekutiny           | 348 |
| XII.10 | Variační princip v relativistické mechanice | 351 |
| XII.11 | Příklady                                    | 355 |

### *XIII Mechanika v obecné teorii relativity*

|                      |  |     |
|----------------------|--|-----|
| XIII.1               | Gravitační pole v nerelativistické mechanice . . . . .                           | 357 |
| XIII.2               | Gravitační pole v relativistické mechanice . . . . .                             | 359 |
| XIII.3               | Tenzorová pole v křivočarých souřadnicích. Lokálně geodetická soustava . . . . . | 360 |
| XIII.4               | Vztažné soustavy a soustavy souřadnic . . . . .                                  | 366 |
| XIII.5               | Měření času a délek . . . . .  | 367 |
| XIII.6               | Měření metrických koeficientů . . . . .  | 370 |
| XIII.7               | Riemannův tenzor křivosti . . . . .  | 371 |
| XIII.8               | Einsteinovy gravitační rovnice . . . . .   | 375 |
| XIII.9               | Pohyb částic v gravitačním poli . . . . .  | 376 |
| XIII.10              | Rovnice geodetiky ve stacionárním a slabém gravitačním poli . . . . .            | 377 |
| XIII.11              | Limitní tvar Einsteinova gravitačního zákona . . . . .                           | 379 |
| XIII.12              | Pohybové rovnice částic ve Schwarzschildově poli . . . . .                       | 380 |
| XIII.13              | Ohyb světla ve Schwarzschildově poli . . . . .                                   | 386 |
| XIII.14              | Rudý posun spektrálních čar . . . . .  | 389 |
| XIII.15              | Zpoždění radarových signálů . . . . .  | 390 |
| XIII.16              | Příklady . . . . .   | 391 |
| Literatura . . . . . |  | 397 |
| Rejstřík . . . . .   |  | 401 |