

**Część III. Dynamika**

|            |                                                                  |           |
|------------|------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>16.</b> | <b>Podstawowe pojęcia i określenia</b>                           | <b>10</b> |
| 16.1.      | Przedmiot i zakres dynamiki                                      | 10        |
| <b>17.</b> | <b>Dynamika swobodnego i nieswobodnego punktu materialnego</b>   | <b>12</b> |
| 17.1.      | Równania różniczkowe ruchu swobodnego punktu materialnego        | 12        |
| 17.2.      | Pierwsze zadanie dynamiki                                        | 13        |
| 17.3.      | Drugie zadanie dynamiki                                          | 15        |
| 17.3.1.    | Ruch punktu pod działaniem siły stałej co do wartości i kierunku | 16        |
| 17.3.2.    | Ruch punktu pod działaniem siły zależnej od czasu                | 18        |
| 17.3.3.    | Ruch punktu pod działaniem siły zależnej od prędkości            | 20        |
| 17.3.4.    | Ruch punktu pod działaniem siły zależnej od położenia            | 23        |
| 17.4.      | Dynamika nieswobodnego punktu materialnego                       | 25        |
| 17.5.      | Dynamika ruchu względnego punktu materialnego                    | 30        |
| 17.6.      | Ruch punktu materialnego pod wpływem siły centralnej             | 33        |
| 17.7.      | Ruch planet i sztucznych satelitów                               | 35        |
| <b>18.</b> | <b>Zasady zachowania dla punktu materialnego</b>                 | <b>43</b> |
| 18.1.      | Zasada zachowania pędu                                           | 43        |
| 18.2.      | Zasada zachowania momentu pędu (krętu)                           | 45        |
| 18.3.      | Zasada równoważności energii kinetycznej i pracy                 | 47        |
| 18.4.      | Potencjalne pole sił                                             | 49        |
| 18.5.      | Zasada zachowania energii mechanicznej                           | 53        |
| <b>19.</b> | <b>Drgania punktu materialnego</b>                               | <b>57</b> |
| 19.1.      | Drgania swobodne nietłumione                                     | 57        |
| 19.2.      | Drgania wymuszone nietłumione                                    | 61        |
| 19.3.      | Drgania swobodne tłumione                                        | 67        |

|            |                                                                                              |            |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 19.4.      | Drgania wymuszone z tłumieniem . . . . .                                                     | 74         |
| 19.5.      | Drgania wymuszone kinematycznie . . . . .                                                    | 79         |
| <b>20.</b> | <b>Dynamika układu punktów materialnych . . . . .</b>                                        | <b>85</b>  |
| 20.1.      | Zasada ruchu środka masy . . . . .                                                           | 87         |
| 20.2.      | Pęd układu punktów materialnych. Zasada zachowania pędu . . . . .                            | 89         |
| 20.3.      | Moment pędu (krętu) układu punktów materialnych. Zasada zachowania krętu . . .               | 91         |
| 20.4.      | Zasada d'Alemberta . . . . .                                                                 | 94         |
| 20.5.      | Zasada równoważności energii kinetycznej i pracy dla układu punktów materialnych . . . . .   | 96         |
| 20.6.      | Zasada zachowania energii mechanicznej dla układu punktów materialnych . . . .               | 97         |
| 20.7.      | Ruch układu punktów materialnych o zmiennej masie . . . . .                                  | 99         |
| <b>21.</b> | <b>Geometria mas . . . . .</b>                                                               | <b>106</b> |
| 21.1.      | Momenty statyczne . . . . .                                                                  | 106        |
| 21.2.      | Momenty bezwładności i dewiacji . . . . .                                                    | 108        |
| 21.3.      | Momenty bezwładności względem osi równoległych. Twierdzenie Steinera . . . .                 | 111        |
| 21.4.      | Obliczenia momentów bezwładności i dewiacji jednorodnych ciał sztywnych . . .                | 112        |
| 21.5.      | Moment bezwładności względem osi przechodzącej przez początek układu współrzędnych . . . . . | 119        |
| 21.6.      | Elipsoida bezwładności . . . . .                                                             | 121        |
| 21.7.      | Momenty bezwładności względem osi obróconych o kąt w układzie płaskim . . . .                | 122        |
| 21.8.      | Osie główne i główne momenty bezwładności . . . . .                                          | 123        |
| <b>22.</b> | <b>Praca, moc i energia kinetyczna . . . . .</b>                                             | <b>127</b> |
| 22.1.      | Praca sił . . . . .                                                                          | 127        |
| 22.1.1.    | Praca siły na skończonej drodze . . . . .                                                    | 127        |
| 22.1.2.    | Praca sił ciężkości, sprężystej i centralnej . . . . .                                       | 129        |
| 22.1.3.    | Praca sił przyłożonych do ciała sztywnego . . . . .                                          | 131        |
| 22.2.      | Moc siły . . . . .                                                                           | 133        |
| 22.3.      | Energia kinetyczna . . . . .                                                                 | 135        |
| 22.3.1.    | Energia kinetyczna układu punktów materialnych. Twierdzenie Koeniga . . . . .                | 135        |
| 22.3.2.    | Energia kinetyczna ciała sztywnego w ruchu postępowym . . . . .                              | 137        |
| 22.3.3.    | Energia kinetyczna ciała sztywnego w ruchu obrotowym . . . . .                               | 137        |
| 22.3.4.    | Energia kinetyczna ciała sztywnego w ruchu płaskim . . . . .                                 | 138        |
| 22.3.5.    | Energia kinetyczna ciała sztywnego w ruchu kulistym i dowolnym . . . . .                     | 138        |
| <b>23.</b> | <b>Dynamika ruchu obrotowego ciała sztywnego . . . . .</b>                                   | <b>142</b> |
| 23.1.      | Zasada pędu w ruchu obrotowym . . . . .                                                      | 142        |
| 23.2.      | Zasada momentu pędu (krętu) w ruchu obrotowym . . . . .                                      | 144        |
| 23.3.      | Reakcje dynamiczne w łożyskach . . . . .                                                     | 148        |
| 23.4.      | Środki pędów, bezwładności, uderzeń i wahań . . . . .                                        | 153        |
| 23.4.1.    | Środek pędów i środek bezwładności . . . . .                                                 | 153        |
| 23.4.2.    | Środek uderzeń i środek wahań . . . . .                                                      | 155        |

|            |                                                                             |            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>24.</b> | <b>Dynamika ruchu płaskiego ciała sztywnego .....</b>                       | <b>162</b> |
| 24.1.      | Dynamika ruchu postępowego ciała sztywnego .....                            | 162        |
| 24.2.      | Dynamiczne równania ruchu płaskiego ciała sztywnego .....                   | 163        |
| 24.3.      | Zasada równoważności energii kinetycznej i pracy dla ciała sztywnego .....  | 172        |
| <b>25.</b> | <b>Wybrane zagadnienia dynamiki analitycznej .....</b>                      | <b>179</b> |
| 25.1.      | Klasyfikacja więzów .....                                                   | 179        |
| 25.2.      | Współrzędne uogólnione .....                                                | 180        |
| 25.3.      | Przesunięcia przygotowane .....                                             | 181        |
| 25.4.      | Zasada prac przygotowanych .....                                            | 182        |
| 25.5.      | Siły uogólnione .....                                                       | 186        |
| 25.6.      | Równania Lagrange'a pierwszego rodzaju .....                                | 187        |
| 25.7.      | Równania Lagrange'a drugiego rodzaju .....                                  | 188        |
| 25.8.      | Stateczność położenia równowagi .....                                       | 196        |
| <b>26.</b> | <b>Dynamika ruchu kulistego ciała sztywnego .....</b>                       | <b>201</b> |
| 26.1.      | Moment pędu (kręt) ciała sztywnego w ruchu kulistym .....                   | 201        |
| 26.2.      | Dynamiczne równania ciała sztywnego w ruchu kulistym (równania Eulera) .... | 203        |
| 26.3.      | Przybliżona teoria zjawisk żyroskopowych .....                              | 205        |
| <b>27.</b> | <b>Teoria uderzenia .....</b>                                               | <b>211</b> |
| 27.1.      | Siły chwilowe przy uderzeniu .....                                          | 211        |
| 27.2.      | Uderzenie proste i środkowe ciał .....                                      | 212        |
| 27.3.      | Energia uderzenia i energia stracona .....                                  | 214        |
| 27.4.      | Uderzenie ukośne ciał .....                                                 | 216        |
|            | <b>Literatura .....</b>                                                     | <b>222</b> |