

# Spis treści

|                                                                             |            |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Przedmowa</b>                                                            | <b>7</b>   |
| <b>Rozdział 1. Grupy i ciała</b>                                            | <b>9</b>   |
| 1.1. Grupy                                                                  | 9          |
| 1.2. Ciała                                                                  | 13         |
| 1.3. Ciało liczb zespolonych                                                | 16         |
| <b>Rozdział 2. Przestrzenie liniowe</b>                                     | <b>27</b>  |
| 2.1. Przestrzeń i podprzestrzeń liniowa                                     | 27         |
| 2.2. Baza i wymiar                                                          | 33         |
| 2.3. Macierze                                                               | 41         |
| 2.4. Operacje elementarne                                                   | 49         |
| 2.5. Wyznacznik macierzy                                                    | 54         |
| 2.6. Baza uporządkowana, macierz przejścia                                  | 68         |
| 2.7. Układy równań liniowych                                                | 71         |
| 2.7.1. Rozwiązywanie układów równań za pomocą operacji<br>elementarnych     | 73         |
| 2.7.2. Wzory Cramera                                                        | 78         |
| <b>Rozdział 3. Przekształcenia liniowe</b>                                  | <b>81</b>  |
| 3.1. Własności przekształceń liniowych                                      | 81         |
| 3.1.1. Izomorfizm przestrzeni liniowych                                     | 95         |
| 3.2. Podprzestrzeń niezmiennicza                                            | 96         |
| 3.2.1. Wartości i wektory własne                                            | 98         |
| 3.2.2. Rozkład przestrzeni na sumę prostą podprzestrzeni<br>niezmienniczych | 106        |
| <b>Rozdział 4. Przestrzenie unitarne</b>                                    | <b>115</b> |
| 4.1. Funkcjonały dwuliniowe                                                 | 115        |
| 4.2. Formy kwadratowe                                                       | 121        |
| 4.3. Iloczyn skalarny                                                       | 133        |

|                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.1. Ortogonalizacja układu wektorów .....                    | 142        |
| 4.3.2. Rzut ortogonalny .....                                   | 148        |
| 4.3.3. Iloczyn skalarny w zespolonej przestrzeni liniowej ..... | 151        |
| <b>Rozdział 5. Zbiory wypukłe i stożki</b>                      | <b>153</b> |
| 5.1. Pojęcia topologiczne .....                                 | 153        |
| 5.2. Liniowe podzbiory przestrzeni $\mathbb{R}^n$ .....         | 154        |
| 5.3. Zbiory wypukłe .....                                       | 157        |
| 5.3.1. Twierdzenia o rozdzielaniu, punkty ekstremalne .....     | 160        |
| 5.4. Funkcje wypukłe .....                                      | 164        |
| 5.5. Wielościenne zbiory wypukłe .....                          | 168        |
| 5.6. Stożki .....                                               | 173        |
| 5.6.1. Stożki dualne .....                                      | 178        |
| <b>Indeks</b>                                                   | <b>183</b> |
| <b>Literatura</b>                                               | <b>187</b> |