

# Spis treści

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 BIOPOLIMERY</b>                                   | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Klasyfikacja biopolimerów</b>                  | <b>1</b>  |
| <b>1.2. Białka i peptydy</b>                           | <b>2</b>  |
| 1.2.1. Dysocjacja białek (polipeptydów)                | 9         |
| 1.2.2. Wysalanie i denaturacja białek                  | 11        |
| 1.2.3. Reakcje barwne białek                           | 12        |
| 1.2.4. Rozdział białek                                 | 13        |
| 1.2.5. Synteza białek                                  | 15        |
| 1.2.6. Wybrane przykłady białek                        | 16        |
| 1.2.6.1. Białka proste (proteiny) – glukagon, insulina | 16        |
| 1.2.6.2. Białka złożone (proteidy) – kazeina           | 17        |
| 1.2.6.3. Białka pełniące rolę ochronną                 | 17        |
| 1.2.6.4. Interferony                                   | 18        |
| 1.2.7. Białka strukturalne                             | 18        |
| 1.2.7.1. Elastyna                                      | 18        |
| 1.2.7.2. $\alpha$ -Keratyna                            | 20        |
| 1.2.7.3. Włosy                                         | 21        |
| 1.2.7.4. Fibroina – białko jedwabiu naturalnego        | 25        |
| 1.2.7.5. Białko nici pajęczej                          | 26        |
| 1.2.7.6. Kolagen                                       | 27        |
| 1.2.7.7. Garbowanie skóry                              | 28        |
| 1.2.7.8. Żelatyna                                      | 31        |
| <b>1.3. Biosynteza monomerów i polimerów</b>           | <b>32</b> |
| <b>1.4. Kwasy nukleinowe</b>                           | <b>36</b> |
| 1.4.1. Krótka historia DNA                             | 36        |
| 1.4.2. Budowa kwasów nukleinowych                      | 37        |
| 1.4.3. Denaturacja DNA                                 | 42        |
| 1.4.4. Przekazywanie informacji genetycznej            | 43        |
| 1.4.5. Replikacja DNA                                  | 44        |
| 1.4.6. Transkrypcja                                    | 45        |
| 1.4.7. Translacja                                      | 45        |
| 1.4.8. Sekwencjonowanie DNA                            | 46        |

|                                                                                                 |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1.4.9. Pozakomórkowa replikacja DNA .....                                                       | 46         |
| 1.4.10. Projekt poznania genomu ludzkiego .....                                                 | 47         |
| 1.4.11. Inżynieria genetyczna .....                                                             | 48         |
| <b>1.5. Kauczuk naturalny .....</b>                                                             | <b>49</b>  |
| 1.5.1. Krótka historia odkrycia kauczuku naturalnego .....                                      | 49         |
| 1.5.2. Skład oraz właściwości fizyczne i chemiczne lateksu .....                                | 50         |
| 1.5.3. Otrzymywanie kauczuku z lateksu .....                                                    | 51         |
| 1.5.4. Budowa chemiczna i fizyczna kauczuku naturalnego .....                                   | 52         |
| 1.5.5. Kauczuk naturalny gutaperka .....                                                        | 53         |
| 1.5.6. Rośliny kauczukodajne .....                                                              | 53         |
| 1.5.7. Wulkanizacja kauczuków .....                                                             | 54         |
| 1.5.8. Biosynteza kauczuku naturalnego .....                                                    | 57         |
| <b>1.6. Polisacharydy .....</b>                                                                 | <b>57</b>  |
| 1.6.1. Skrobia .....                                                                            | 58         |
| 1.6.2. Dekstryny .....                                                                          | 59         |
| 1.6.3. Dekstran .....                                                                           | 60         |
| 1.6.4. Glikogen .....                                                                           | 61         |
| 1.6.5. Celuloza .....                                                                           | 62         |
| 1.6.5.1. Fotosynteza polisacharydów .....                                                       | 65         |
| 1.6.6. Hemiceluloza .....                                                                       | 66         |
| 1.6.7. Błonnik .....                                                                            | 67         |
| 1.6.8. Chityna i chitozan .....                                                                 | 68         |
| 1.6.9. Kwas hialuronowy .....                                                                   | 69         |
| 1.6.10. Heparyna .....                                                                          | 70         |
| 1.6.11. Agary .....                                                                             | 70         |
| 1.6.12. Pektyny .....                                                                           | 71         |
| 1.6.13. Alginiany .....                                                                         | 71         |
| 1.6.14. Guma arabska .....                                                                      | 72         |
| <b>1.7. Lignina .....</b>                                                                       | <b>72</b>  |
| Zalecana literatura .....                                                                       | 74         |
| <b>2. POLIMERYZACJA RODNIKOWA .....</b>                                                         | <b>80</b>  |
| <b>2.1. Rodzaje polimeryzacji .....</b>                                                         | <b>80</b>  |
| 2.1.1. Monomery stosowane w polimeryzacji rodnikowej .....                                      | 82         |
| <b>2.2. Rodniki .....</b>                                                                       | <b>89</b>  |
| 2.2.1. Spektroskopia elektronowego rezonansu paramagnetycznego (ESR) w badaniach rodników ..... | 90         |
| 2.2.2. Znaczniki spinowe .....                                                                  | 98         |
| 2.2.3. Pułapki wolnych rodników .....                                                           | 98         |
| 2.2.4. Identyfikacja rodników tlenowych .....                                                   | 99         |
| 2.2.5. Techniki specjalne rezonansu elektronowo-jądrowego do badania rodników .....             | 100        |
| <b>2.3. Inicjowanie polimeryzacji rodnikowej .....</b>                                          | <b>101</b> |
| 2.3.1. Inicjowanie fizyczne reakcji polimeryzacji .....                                         | 102        |
| 2.3.1.1. Polimeryzacja termiczna .....                                                          | 102        |

|                                                                                   |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.3.1.2. Polimeryzacja promieniowaniem mikrofalowym                               | 102        |
| 2.3.1.3. Polimeryzacja ultradźwiękami                                             | 102        |
| 2.3.1.4. Fotopolimeryzacja                                                        | 103        |
| 2.3.1.5. Polimeryzacja radiacyjna                                                 | 103        |
| 2.3.1.6. Polimeryzacja elektrochemiczna                                           | 104        |
| <b>2.4. Podstawy ogólnego opisu kinetycznego reakcji</b>                          | <b>106</b> |
| <b>2.5. Inicjatory reakcji polimeryzacji</b>                                      | <b>108</b> |
| 2.5.1. Termiczny rozpad inicjatorów                                               | 108        |
| 2.5.2. Fotoinicjatory                                                             | 111        |
| 2.5.3. Inicjatory redoks                                                          | 112        |
| 2.5.4. Inicjatory w laboratorium                                                  | 114        |
| 2.5.5. Kinetyka rozkładu inicjatorów                                              | 115        |
| 2.5.6. Sprawność (wydajność) inicjatora                                           | 117        |
| 2.5.7. Efekt klatkowy                                                             | 118        |
| 2.5.8. Mechanizm inicjowania reakcji polimeryzacji                                | 119        |
| <b>2.6. Mechanizm i kinetyka wzrostu łańcucha</b>                                 | <b>121</b> |
| 2.6.1. Czynniki wpływające na stałą szybkości wzrostu łańcucha                    | 122        |
| 2.6.2. Reaktywność monomeru                                                       | 122        |
| 2.6.3. Reaktywność rodników                                                       | 124        |
| 2.6.4. Stereochemia propagacji                                                    | 125        |
| 2.6.5. Samoprzyspieszenie polimeryzacji                                           | 126        |
| 2.6.6. Przeniesienie aktywności łańcucha                                          | 126        |
| 2.6.7. Telomeryzacja rodnikowa                                                    | 128        |
| 2.6.8. Reakcje inhibicji polimeryzacji                                            | 129        |
| 2.6.9. Zakończenie łańcucha przez terminację                                      | 132        |
| 2.6.10. Wtórne reakcje rodników i makrodników z tlenem                            | 134        |
| 2.6.11. Kinetyka polimeryzacji rodnikowej w środowisku beztlenowym                | 135        |
| 2.6.12. Kinetyczna długość łańcucha                                               | 136        |
| 2.6.13. Zależność średniego stopnia polimeryzacji od kinetyki polimeryzacji       | 137        |
| 2.6.14. Wpływ reakcji przeniesienia aktywności łańcucha na $R_p$ i $DP$           | 138        |
| 2.6.15. Zestawienie stałych szybkości reakcji                                     | 139        |
| 2.6.16. Kinetyka fotoinicjowanej polimeryzacji w środowisku beztlenowym           | 139        |
| 2.6.17. Kinetyka polimeryzacji na drodze fotoindukowanego przeniesienia elektronu | 140        |
| 2.6.18. Wyznaczanie $\Delta G_{el}$ za pomocą woltamperometrii cyklicznej         | 143        |
| 2.6.19. Fotoinicjowana polimeryzacja sieciująca                                   | 144        |
| 2.6.20. Polimeryzacja dwufotonowa                                                 | 145        |
| 2.6.21. Efekt kontrakcji (skurczu) polimeryzacji                                  | 146        |
| 2.6.22. Energia aktywacji reakcji polimeryzacji                                   | 146        |
| 2.6.23. Termodynamika polimeryzacji rodnikowej                                    | 147        |
| 2.6.24. Wpływ ciśnienia i temperatury na reakcje polimeryzacji                    | 149        |
| 2.6.25. Rola dyfuzji w inicjowaniu reakcji polimeryzacji w roztworze              | 151        |
| 2.6.26. Wpływ budowy rozpuszczalnika na przebieg polimeryzacji                    | 152        |
| 2.6.27. Prowadzenie polimeryzacji rodnikowej w laboratorium                       | 153        |

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>2.7. Metody przemysłowe prowadzenia polimeryzacji</b>                                                                                             | 154 |
| 2.7.1. Polimeryzacja ciśnieniowa w fazie gazowej                                                                                                     | 154 |
| 2.7.2. Polimeryzacja w fazie ciekłej                                                                                                                 | 154 |
| 2.7.3. Polimeryzacja strąceniowa                                                                                                                     | 155 |
| 2.7.4. Polimeryzacja w roztworze                                                                                                                     | 156 |
| 2.7.5. Polimeryzacja roztworowo-strąceniowa                                                                                                          | 156 |
| 2.7.6. Polimeryzacja suspensyjna                                                                                                                     | 157 |
| 2.7.7. Polimeryzacja emulsyjna                                                                                                                       | 158 |
| 2.7.8. Polimeryzacja metodą reaktywnego wytłaczania                                                                                                  | 160 |
| 2.7.9. Przemysłowe problemy prowadzenia polimeryzacji                                                                                                | 161 |
| Zalecana literatura                                                                                                                                  | 162 |
| <b>3. KONTROLOWANE REAKCJE POLIMERYZACJI RODNIKOWEJ</b>                                                                                              | 169 |
| <b>3.1. Pseudożyjąca polimeryzacja rodnikowa</b>                                                                                                     | 169 |
| 3.1.1. Kontrolowana reakcja polimeryzacji rodnikowej z odwracalnym addycyjno-fragmentacyjnym pierścieniem łańcucha (RAFT) przy udziale „inifertorów” | 169 |
| 3.1.2. Kontrolowana reakcja polimeryzacji rodnikowej przy udziale trwałego wolnego rodnika (SFRP)                                                    | 171 |
| 3.1.3. Kontrolowana reakcja polimeryzacji rodnikowej z przeniesieniem atomu (ATRP)                                                                   | 173 |
| <b>3.2. Kontrolowana reakcja polimeryzacji rodnikowej metodą fotopulsacyjną</b>                                                                      | 175 |
| Zalecana literatura                                                                                                                                  | 175 |
| <b>4. BADANIE MECHANIZMU I KINETYKI POLIMERYZACJI</b>                                                                                                | 176 |
| <b>4.1. Badanie mechanizmu reakcji polimeryzacji</b>                                                                                                 | 176 |
| <b>4.2. Badanie kinetyki reakcji polimeryzacji</b>                                                                                                   | 176 |
| 4.2.1. Badanie spektroskopowe kinetyki reakcji dysocjacji inicjatora za pomocą stabilnych (trwałych) wolnych rodników                                | 177 |
| 4.2.2. Stopień przereagowania (konwersji) monomeru                                                                                                   | 179 |
| 4.2.3. Pomiary dylatometryczne do badania kinetyki polimeryzacji                                                                                     | 180 |
| 4.2.4. Metody wyznaczania stałych propagacji ( $k_p$ ) i terminacji ( $k_t$ )                                                                        | 182 |
| 4.2.5. Metoda wirującej przesłony do badania kinetyki polimeryzacji                                                                                  | 184 |
| 4.2.6. Pomiar szybkości polimeryzacji metodą różnicowej analizy kalorymetrycznej (DSC)                                                               | 186 |
| 4.2.7. Pomiar szybkości polimeryzacji metodą spektroskopową w podczerwieni (IR)                                                                      | 188 |
| 4.2.8. Zastosowanie sond fluorescencyjnych do badania polimerów                                                                                      | 189 |
| Zalecana literatura                                                                                                                                  | 191 |
| <b>5. KOPOLIMERYZACJA</b>                                                                                                                            | 193 |
| <b>5.1. Kopolimeryzacja rodnikowa</b>                                                                                                                | 193 |
| 5.1.1. Kinetyka kopolimeryzacji rodnikowej                                                                                                           | 193 |
| 5.1.2. Wpływ budowy rezonansowej rodników komonomerów na szybkość kopolimeryzacji                                                                    | 195 |

|                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.3. Teoria Alfreya–Price’a                                               | 196 |
| 5.1.4. Wyznaczanie stałych szybkości reakcji kopolimeryzacji $r_1$ i $r_2$  | 198 |
| 5.1.5. Metoda Lewisa–Mayo                                                   | 199 |
| 5.1.6. Metoda Finemana–Rossa                                                | 200 |
| 5.1.7. Metoda najmniejszych kwadratów                                       | 200 |
| Zalecana literatura                                                         | 201 |
| <b>6. KOPOLIMERYZACJA SZCZEPIONA I BLOKOWA</b>                              | 202 |
| 6.1. <b>Kopolimery blokowe</b>                                              | 202 |
| 6.1.1. Elastomery termoplastyczne                                           | 205 |
| 6.1.2. Kopolimery blokowe polidenów z polistyrenem                          | 207 |
| 6.2. <b>Kopolimeryzacja szczepiona</b>                                      | 208 |
| 6.2.1. Kopolimery szczotkowe                                                | 210 |
| 6.2.2. Kopolimery amfifilowe                                                | 211 |
| 6.2.3. Ilościowy opis kopolimeryzacji szczepionej                           | 212 |
| 6.3. <b>Interpolimery</b>                                                   | 213 |
| Zalecana literatura                                                         | 213 |
| <b>7. POLIMERYZACJA JONOWA</b>                                              | 215 |
| 7.1. <b>Jony i pary jonowe</b>                                              | 215 |
| 7.2. <b>Polimeryzacja kationowa</b>                                         | 217 |
| 7.2.1. Inicjowanie polimeryzacji wobec mocnych kwasów protonowych Brönsteda | 217 |
| 7.2.2. Inicjowanie polimeryzacji wobec kwasów Lewisa                        | 218 |
| 7.2.3. Wzrost i zakończenie łańcucha w polimeryzacji kationowej             | 220 |
| 7.2.4. Kinetyka polimeryzacji kationowej                                    | 220 |
| 7.2.5. Kationowa polimeryzacja izobutyleny                                  | 221 |
| 7.3. <b>Polimeryzacja anionowa</b>                                          | 222 |
| 7.3.1. Polimeryzacja wobec alkalidów koronowych                             | 228 |
| 7.3.2. Anionowa polimeryzacja z otwarciem pierścienia                       | 228 |
| 7.3.3. Termodynamika polimeryzacji z otwarciem pierścienia                  | 229 |
| 7.4. <b>Polimeryzacja dwubiegunowa (zwitterjonowa)</b>                      | 230 |
| 7.5. <b>Prowadzenie polimeryzacji żyjącej</b>                               | 231 |
| Zalecana literatura                                                         | 231 |
| <b>8. POLIMERYZACJA KOORDYNACYJNA I JONOWO-KOORDYNACYJNA</b>                | 234 |
| 8.1. <b>Polimeryzacja koordynacyjna</b>                                     | 234 |
| 8.1.1. Katalizatory i mechanizm polimeryzacji koordynacyjnej                | 234 |
| 8.1.2. Katalizatory i mechanizm polimeryzacji jonowo-koordynacyjnej         | 238 |
| 8.1.3. Kopolimeryzacja alkenów wobec katalizatorów koordynacyjnych          | 241 |
| 8.1.4. Koordynacyjna polimeryzacja styrenu                                  | 241 |
| 8.1.5. Cyklopolimeryzacja di- i triolefin                                   | 242 |
| 8.1.6. Kopolimeryzacja etylenu z $\beta$ -olefinami i cykloolefinami        | 242 |
| 8.1.7. Kopolimeryzacja etylenu z tlenkiem węgla                             | 242 |

|                                                                                                  |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.1.8. Prowadzenie polimeryzacji jonowo-koordynacyjnej w skali laboratoryjnej . .                | 243        |
| 8.1.9. Procesy przemysłowe oparte na polimeryzacji koordynacyjnej $\alpha$ -olefin . . . .       | 243        |
| Zalecana literatura . . . . .                                                                    | 244        |
| <b>9. SPECJALNE RODZAJE POLIMERYZACJI . . . . .</b>                                              | <b>246</b> |
| 9.1. Polimeryzacja metatetyczna z otwarciem pierścienia mono-i dicyklicznych monomerów . . . . . | 246        |
| 9.2. Polimeryzacja transferowa . . . . .                                                         | 247        |
| 9.3. Stereoregularna polimeryzacja chiralna . . . . .                                            | 248        |
| 9.4. Polimeryzacja utleniająca . . . . .                                                         | 249        |
| 9.5. Polimeryzacja inkluzyjna . . . . .                                                          | 251        |
| 9.6. Kontrolowana reakcja polimeryzacji rodnikowej na matrycach polimerowych                     | 252        |
| 9.7. Polimeryzacja matrycowa multimonomerów . . . . .                                            | 253        |
| 9.8. Polimeryzacja interkalacyjna . . . . .                                                      | 253        |
| 9.9. Polimeryzacja w fazie stałej . . . . .                                                      | 254        |
| 9.10. Polimeryzacja typu „popcorn” . . . . .                                                     | 255        |
| Zalecana literatura . . . . .                                                                    | 255        |
| <b>10. POLIMERYZACJA STOPNIOWA (POLIKONDENSACJA) . . . . .</b>                                   | <b>257</b> |
| 10.1. Rodzaje polimeryzacji stopniowej . . . . .                                                 | 257        |
| 10.1.1. Polimeryzacja stopniowa usieciowująca . . . . .                                          | 260        |
| 10.1.2. Kinetyka polimeryzacji stopniowej równowagowej . . . . .                                 | 261        |
| 10.1.3. Liczbowo średni stopień polimeryzacji stopniowej . . . . .                               | 264        |
| 10.1.4. Polimeryzacja stopniowa na granicy faz . . . . .                                         | 266        |
| 10.1.5. Polimeryzacja addycyjna . . . . .                                                        | 266        |
| Zalecana literatura . . . . .                                                                    | 268        |
| <b>11. POLIMERY NIEORGANICZNE I ORGANOMETALICZNE . . . . .</b>                                   | <b>270</b> |
| 11.1. Polimery nieorganiczne . . . . .                                                           | 270        |
| 11.1.1. Krzemiany . . . . .                                                                      | 271        |
| 11.1.2. Sita molekularne . . . . .                                                               | 275        |
| 11.1.3. Nanonapełniacze nieorganiczne . . . . .                                                  | 277        |
| 11.1.4. Poliedryczne oligosilsekwoksany . . . . .                                                | 278        |
| 11.1.5. Cement Portlandzki . . . . .                                                             | 279        |
| 11.2. Polimery nieorganiczno-organiczne i organometaliczne . . . . .                             | 280        |
| 11.2.1. Polimery krzemoorganiczne . . . . .                                                      | 281        |
| 11.2.1.1. Polisilany . . . . .                                                                   | 281        |
| 11.2.1.2. Polisiloksany . . . . .                                                                | 282        |
| 11.2.1.3. Oleje silikonowe . . . . .                                                             | 283        |
| 11.2.1.4. Poliedryczne oligosilsekwoksany . . . . .                                              | 283        |
| 11.2.1.5. Polikarboranosiloksany . . . . .                                                       | 284        |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 11.2.2. Polifosfazy                                                    | 285 |
| 11.2.3. Poliborazy                                                     | 287 |
| <b>11.3. Polimery metaloorganiczne</b>                                 | 288 |
| 11.3.1. Polimery koordynacyjne                                         | 289 |
| Zalecana literatura                                                    | 292 |
| <b>12. POLIMERY WĘGLOWE</b>                                            | 295 |
| 12.1. Grafit                                                           | 295 |
| 12.2. Grafen                                                           | 297 |
| 12.3. Diament                                                          | 300 |
| 12.4. Węglik krzemu                                                    | 302 |
| 12.5. Węgiel w stanie szklistym                                        | 302 |
| 12.6. Włókna węglowe                                                   | 303 |
| 12.7. Fulereny i nanorurki                                             | 307 |
| 12.7.1. Polimery zawierające struktury fulerenowe                      | 311 |
| 12.7.2. Nanorurki węglowe                                              | 312 |
| 12.7.3. Modyfikacja polimerów węglowych                                | 316 |
| 12.8. Polimery plazmowe                                                | 317 |
| 12.9. Węgiel kamienny                                                  | 319 |
| 12.9.1. Inne rodzaje węgla                                             | 322 |
| Zalecana literatura                                                    | 324 |
| <b>13. POLIMERY TERMOSTABILNE</b>                                      | 327 |
| 13.1. Charakterystyka polimerów termostabilnych                        | 327 |
| 13.1.1. Budowa polimerów termostabilnych                               | 327 |
| 13.1.2. Poliaryleny                                                    | 328 |
| 13.1.3. Polisiarczki                                                   | 330 |
| 13.1.4. Polisulfony                                                    | 331 |
| 13.1.5. Łańcuchowe polimery heterocykliczne                            | 332 |
| 13.1.6. Polimery drabinkowe                                            | 334 |
| 13.1.7. Spiropolimery                                                  | 335 |
| Zalecana literatura                                                    | 335 |
| <b>14. POLIMERY SUPRAMOLEKULARNE</b>                                   | 337 |
| 14.1. Chemia supramolekularna                                          | 337 |
| 14.2. Rodzaje polimerów supramolekularnych                             | 339 |
| 14.2.1. Polimery dendrymerowe                                          | 339 |
| 14.2.2. Polimery rozpoznania supramolekularnego                        | 343 |
| 14.2.3. Supramolekularne sieci polimerowe z molekularnym odwzorowaniem | 345 |
| 14.2.4. Molekularne wdrukowanie                                        | 345 |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 14.2.5. Polimery katenanowe .....                                                | 347        |
| 14.2.6. Polimery kaliksarenowe .....                                             | 347        |
| 14.2.7. Polimery rotaksanowe .....                                               | 348        |
| 14.2.8. Tunelowe kompleksy inkluzyjne .....                                      | 348        |
| 14.2.9. Koronowe polimery inkluzyjne .....                                       | 348        |
| 14.2.10. Cyklodekstryny .....                                                    | 349        |
| Zalecana literatura .....                                                        | 351        |
| <b>15. NANOWARSTWY POLIMEROWE I NANOPOLIMERYZACJA .....</b>                      | <b>355</b> |
| 15.1. Nanomateriały polimerowe .....                                             | 355        |
| 15.2. Układy dyspersyjne nanocząsteczek .....                                    | 356        |
| 15.2.1. Formowanie błonek nanometrowych za pomocą nośników .....                 | 356        |
| 15.2.2. Formowanie błonek nanometrowych za pomocą wagi Langmuira-Błodgetta ..... | 360        |
| 15.2.3. Nanopolimeryzacja .....                                                  | 361        |
| 15.2.4. Samoorganizujące się monowarstwy na powierzchni złota .....              | 363        |
| Zalecana literatura .....                                                        | 364        |
| <b>16. POLIMERY JONOWE .....</b>                                                 | <b>366</b> |
| 16.1. Polimery z wiązaniami jonowymi .....                                       | 366        |
| 16.1.1. Polielektrolity .....                                                    | 367        |
| 16.1.2. Polielektrolity amfoteryczne .....                                       | 370        |
| 16.1.3. Stałe polimerowe elektrolity .....                                       | 371        |
| 16.1.4. Polisole .....                                                           | 373        |
| 16.1.5. Jonity .....                                                             | 374        |
| 16.1.5.1. Jonity nieorganiczne .....                                             | 378        |
| 16.1.5.2. Jonity organiczne .....                                                | 378        |
| 16.1.5.3. Wymiana jonowa na kolumnie .....                                       | 380        |
| 16.1.5.4. Oznaczanie pojemności wymiennej .....                                  | 383        |
| 16.1.5.5. Oznaczanie pęcznienia jonitów .....                                    | 383        |
| 16.1.6. Zmiękczenie wody .....                                                   | 384        |
| 16.1.6.1. Dealkalizacja wody .....                                               | 385        |
| 16.1.7. Jonity jako katalizatory .....                                           | 385        |
| 16.1.8. Jonomery .....                                                           | 386        |
| 16.1.9. Mieszanki jonomerowe .....                                               | 391        |
| 16.1.10. Polijony .....                                                          | 391        |
| Zalecana literatura .....                                                        | 392        |
| <b>17. MEMBRANY POLIMEROWE .....</b>                                             | <b>395</b> |
| 17.1. Podstawowe pojęcia i zjawiska membranowe .....                             | 395        |
| 17.2. Właściwości i zastosowania membran .....                                   | 397        |
| 17.2.1. Membrany porowate .....                                                  | 400        |
| 17.2.2. Pomiary wielkości porów w membranach .....                               | 402        |
| 17.2.3. Membrany kompozytowe .....                                               | 403        |
| 17.2.4. Odsalanie wody morskiej .....                                            | 404        |

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| 17.2.5. Membrany jonowymienne w procesach separacji .....               | 405        |
| 17.2.6. Membrany do separacji gazów .....                               | 407        |
| 17.2.7. Membrany w ogniwach paliwowych .....                            | 409        |
| Zalecana literatura .....                                               | 410        |
| <b>18. SPECYFICZNE POLIMERY DO ZASTOSOWAŃ SPECJALNYCH .....</b>         | <b>411</b> |
| <b>18.1. Ciekłe kryształy i polimery ciekłokrystaliczne (LCP) .....</b> | <b>411</b> |
| 18.1.1. Polimery liotropowe .....                                       | 415        |
| 18.1.2. Polimery termotropowe .....                                     | 416        |
| 18.1.3. Ciekłokrystaliczne anizotropowe sieci polimerowe .....          | 418        |
| 18.1.4. Usieciowane polimery ciekłokrystaliczne .....                   | 418        |
| 18.1.5. Metody badania LCP .....                                        | 419        |
| 18.1.6. Zastosowanie kryształów nematycznych w optoelektronice .....    | 419        |
| 18.1.7. Dynamiczne rozpraszanie światła przez LCP .....                 | 420        |
| 18.1.8. Ekrany LCD .....                                                | 421        |
| 18.1.9. Ferromagnetyczne polimery ciekłokrystaliczne .....              | 424        |
| 18.1.10. Tekstury homeotropowe .....                                    | 424        |
| 18.1.11. Elementy elektrooptyczne z wykorzystaniem LCP .....            | 424        |
| 18.1.12. Zastosowania termograficzne LCP .....                          | 425        |
| 18.1.13. LCP w strukturach biologicznych .....                          | 425        |
| <b>18.2. Polimery półprzewodzące .....</b>                              | <b>426</b> |
| 18.2.1. Poliacetylen .....                                              | 429        |
| 18.2.2. Polianilina .....                                               | 430        |
| 18.2.3. Polipirol .....                                                 | 431        |
| 18.2.4. Politiofen .....                                                | 432        |
| 18.2.5. Polimery półprzewodzące o strukturze 2D .....                   | 433        |
| 18.2.6. Mechanizmy przewodzenia polimerów półprzewodzących .....        | 434        |
| 18.2.7. Proces domieszkania .....                                       | 435        |
| 18.2.8. Zastosowanie polimerów półprzewodzących .....                   | 437        |
| 18.2.9. Polimerowe kompozyty i kompleksy przewodzące .....              | 437        |
| <b>18.3. Ciecze elektoreologiczne .....</b>                             | <b>439</b> |
| <b>18.4. Polimery paramagnetyczne .....</b>                             | <b>441</b> |
| <b>18.5. Elektrety i piezopolimery .....</b>                            | <b>444</b> |
| <b>18.6. Polimery elektrostrykcyjne .....</b>                           | <b>447</b> |
| <b>18.7. Polimery magnetoreologiczne i magnetostrykcyjne .....</b>      | <b>448</b> |
| <b>18.8. Polimery fotonprzewodzące .....</b>                            | <b>449</b> |
| 18.8.1. Podstawy kserografii .....                                      | 451        |
| 18.8.2. Polimery elektroluminescencyjne .....                           | 452        |
| 18.8.3. Polimery o nieliniowych właściwościach optycznych .....         | 456        |
| 18.8.4. Fotorezysty polimerowe .....                                    | 458        |
| 18.8.5. Płyty kompaktowe .....                                          | 460        |
| 18.8.6. Stereolitografia .....                                          | 461        |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>18.9. Inteligentne polimery</b> .....                                                       | 463 |
| 18.9.1. Polimery wykazujące pamięć kształtu .....                                              | 464 |
| 18.9.2. Polimery wrażliwe na zmianę pH .....                                                   | 466 |
| 18.9.3. Polimery samogrupujące się .....                                                       | 467 |
| 18.9.4. Polimery samonaprawiające się .....                                                    | 468 |
| 18.9.5. Inteligentne polimery fotochromowe .....                                               | 469 |
| 18.9.6. Nowe kierunki zastosowań polimerów w mikroelektronice i elektronice molekularnej ..... | 473 |
| Zalecana literatura .....                                                                      | 476 |
| <b>19. POLIMERY W MEDYCYNIE</b> .....                                                          | 483 |
| <b>19.1. Biomateriały polimerowe</b> .....                                                     | 483 |
| <b>19.2. Modyfikacja polimerów do celów medycznych</b> .....                                   | 486 |
| <b>19.3. Polimery w stomatologii</b> .....                                                     | 489 |
| <b>19.4. Polimery w chirurgii</b> .....                                                        | 491 |
| 19.4.1. Polimery do rekonstrukcji ścięgien, stawów i kości .....                               | 491 |
| 19.4.2. Polimerowe cementy kostne .....                                                        | 492 |
| 19.4.3. Implanty polimerowe .....                                                              | 492 |
| 19.4.4. Polimerowe implanty wstrzykiwalne .....                                                | 494 |
| 19.4.5. Syntetyczne nici chirurgiczne .....                                                    | 495 |
| 19.4.6. Protezy naczyń krwionośnych z polimerów .....                                          | 495 |
| 19.4.7. Sztuczna skóra .....                                                                   | 496 |
| 19.4.8. Polimery w chirurgii serca .....                                                       | 497 |
| <b>19.5. Zastosowanie polimerów do wyrobu soczewek kontaktowych</b> .....                      | 498 |
| <b>19.6. Zastosowanie polimerów jako środków krwiozastępczych</b> .....                        | 499 |
| <b>19.7. Zastosowanie absorbentów polimerowych w hemoperfuzji</b> .....                        | 500 |
| <b>19.8. Zastosowanie membran polimerowych w hemodializie</b> .....                            | 500 |
| <b>19.9. Kleje medyczne</b> .....                                                              | 501 |
| <b>19.10. Materiały opatrunkowe</b> .....                                                      | 502 |
| <b>19.11. Zastosowanie polimerów w farmacji</b> .....                                          | 502 |
| 19.11.1. Polimery rozpuszczalne w wodzie do celów medycznych .....                             | 502 |
| 19.11.2. Kontrolowane uwalnianie leków .....                                                   | 504 |
| 19.11.3. Hydrożele jako nośniki leków .....                                                    | 511 |
| 19.11.4. Makrosystemy rezerwuarowe naklejane na skórę .....                                    | 512 |
| 19.11.5. Polimerowe nośniki leków .....                                                        | 512 |
| 19.11.6. Polimery biocydowe .....                                                              | 516 |
| 19.11.7. Materiały magnetyczne powlekane polimerami do zastosowań biomedycznych .....          | 517 |
| <b>19.12. Polimery biodegradowalne w medycynie</b> .....                                       | 518 |
| Zalecana literatura .....                                                                      | 520 |

|                                                                   |            |
|-------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>20. METODY PRZETWÓRSTWA POLIMERÓW (WYBRANE ZAGADNIENIA) ..</b> | <b>524</b> |
| <b>20.1. Etapy przetwórstwa tworzyw ..</b>                        | <b>524</b> |
| <b>20.2. Środki pomocnicze w przetwórstwie ..</b>                 | <b>524</b> |
| 20.2.1. Środki smarujące i antyprzyczepne ..                      | 525        |
| 20.2.2. Mieszanie składników ..                                   | 525        |
| 20.2.3. Otrzymywanie tłoczyw ..                                   | 527        |
| 20.2.4. Otrzymywanie impregnatu ..                                | 527        |
| <b>20.3. Prasowanie ..</b>                                        | <b>529</b> |
| <b>20.4. Wytłaczanie ..</b>                                       | <b>530</b> |
| 20.4.1. Wytłaczanie przez rozdmuch ..                             | 531        |
| 20.4.2. Rozciąganie folii ..                                      | 533        |
| <b>20.5. Termoformowanie ..</b>                                   | <b>534</b> |
| <b>20.6. Wtryskiwanie ..</b>                                      | <b>534</b> |
| <b>20.7. Reaktywny wtrysk i wytłaczanie reaktywne ..</b>          | <b>535</b> |
| Zalecana literatura ..                                            | 536        |
| <b>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA ..</b>                                | <b>539</b> |
| 1. Biopolimery ..                                                 | 539        |
| 2. Polimeryzacja rodnikowa ..                                     | 542        |
| 3. Kontrolowane reakcje polimeryzacji rodnikowej ..               | 543        |
| 4. Badanie mechanizmu i kinetyki polimeryzacji ..                 | 543        |
| 5. Kopolimeryzacja ..                                             | 544        |
| 6. Kopolimeryzacja blokowa i szczepiona ..                        | 544        |
| 7. Polimeryzacja jonowa ..                                        | 545        |
| 8. Polimeryzacja koordynacyjna i jonowo-koordynacyjna ..          | 545        |
| 9. Specjalne rodzaje polimeryzacji ..                             | 546        |
| 10. Polimeryzacja stopniowa (polikondensacja) ..                  | 546        |
| 11. Polimery nieorganiczne i organometaliczne ..                  | 547        |
| 12. Polimery węglowe ..                                           | 549        |
| 13. Polimery termostabilne ..                                     | 550        |
| 14. Polimery supramolekularne ..                                  | 551        |
| 15. Nanowarstwy polimerowe i nanopolimeryzacja ..                 | 552        |
| 16. Polimery jonowe ..                                            | 553        |
| 17. Membrany polimerowe ..                                        | 554        |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18. Specyficzne polimery do specjalnych zastosowań .....                               | 555 |
| Ciekłe kryształy i polimery .....                                                      | 555 |
| Polimery półprzewodzące .....                                                          | 556 |
| Polimery fotoaktywne .....                                                             | 557 |
| Nowe kierunki zastosowań polimerów w mikroelektronice i elektronice molekularnej ..... | 558 |
| Inteligentne polimery .....                                                            | 559 |
| 19. Polimery w medycynie .....                                                         | 560 |
| 20. Metody przetwórstwa polimerów .....                                                | 564 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| <b>INDEKS</b> ..... | 568 |
|---------------------|-----|

|                                               |     |
|-----------------------------------------------|-----|
| <b>DORÓBEK NAUKOWY PROF. JANA RABKA</b> ..... | 586 |
|-----------------------------------------------|-----|