

# SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Wstęp – Feliks Jaroszyk . . . . .</b>                                                                                         | <b>19</b> |
| <b>CZĘŚĆ I. PODSTAWY TEORETYCZNE BIOFIZYKI . . . . .</b>                                                                         | <b>21</b> |
| <b>Budowa materii . . . . .</b>                                                                                                  | <b>22</b> |
| <b>Rozdział 1. Hierarchiczność budowy żywych organizmów – Feliks Jaroszyk . . .</b>                                              | <b>22</b> |
| <b>Rozdział 2. Elementy teorii kwantów i budowy powłoki elektronowej atomu –<br/>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .</b> | <b>23</b> |
| 2.1. Rozwój poglądów na istotę promieniowania świetlnego i fal materii . . . . .                                                 | 23        |
| 2.2. Zasada nieoznaczoności Heisenberga . . . . .                                                                                | 26        |
| 2.3. Determinizm i indeterminizm w fizyce klasycznej i kwantowej . . . . .                                                       | 28        |
| 2.4. Powłoka elektronowa . . . . .                                                                                               | 29        |
| 2.4.1. Zjawisko absorpcji i emisji fotonów . . . . .                                                                             | 29        |
| 2.4.2. Widmo charakterystyczne promieni Roentgena. Prawo Moseleya . . . . .                                                      | 31        |
| 2.4.3. Opis powłoki elektronowej za pomocą mechaniki kwantowej . . . . .                                                         | 32        |
| 2.4.4. Postulat Pauliego. Tablica okresowa pierwiastków . . . . .                                                                | 37        |
| <b>Rozdział 3. Jądro atomowe – Marian Kucharski . . . . .</b>                                                                    | <b>39</b> |
| 3.1. Składniki jądra atomowego . . . . .                                                                                         | 40        |
| 3.2. Energia wiązania jądra. Siły jądrowe . . . . .                                                                              | 41        |
| 3.3. Rozpad promieniotwórczy . . . . .                                                                                           | 43        |
| 3.3.1. Rozpad $\alpha$ . . . . .                                                                                                 | 44        |
| 3.3.2. Rozpad $\beta$ . . . . .                                                                                                  | 46        |
| 3.3.3. Przemiana $\gamma$ . . . . .                                                                                              | 47        |
| 3.3.4. Promieniotwórczość naturalna . . . . .                                                                                    | 48        |
| 3.3.5. Reakcje jądrowe. Sztuczne izotopy promieniotwórcze . . . . .                                                              | 49        |
| 3.4. Detekcja promieniowania jądrowego (cząstek $\alpha$ , $\beta$ , fotonów $\gamma$ ) . . . . .                                | 51        |
| 3.5. Wyzwalanie energii jądrowej . . . . .                                                                                       | 54        |
| 3.5.1. Rozszczepienie ciężkich jąder . . . . .                                                                                   | 54        |
| 3.5.2. Synteza termojądrowa . . . . .                                                                                            | 56        |
| <b>Rozdział 4. Cząsteczka – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .</b>                                                      | <b>57</b> |
| 4.1. Oddziaływania wewnątrzcząsteczkowe . . . . .                                                                                | 57        |
| 4.1.1. Wiązania jonowe . . . . .                                                                                                 | 59        |

|                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.1.2. Wiązania kowalencyjne . . . . .                                                                  | 60         |
| 4.1.3. Charakter kierunkowy i nasyceniowy wiązań kowalencyjnych . . . . .                               | 61         |
| 4.1.4. Wiązanie koordynacyjne . . . . .                                                                 | 65         |
| 4.2. Oddziaływania międzycząsteczkowe . . . . .                                                         | 65         |
| 4.2.1. Oddziaływanie van der Waalsa . . . . .                                                           | 65         |
| 4.2.2. Oddziaływania specyficzne . . . . .                                                              | 67         |
| 4.3. Energie oraz widma cząsteczkowe . . . . .                                                          | 68         |
| 4.3.1. Rodzaje energii cząsteczek . . . . .                                                             | 68         |
| 4.3.2. Widma cząsteczkowe . . . . .                                                                     | 69         |
| 4.4. Rozpraszanie światła i jego zastosowania w badaniach cząsteczek . . . . .                          | 71         |
| 4.4.1. Rozpraszanie Rayleigha . . . . .                                                                 | 71         |
| 4.4.2. Rozpraszanie Ramana . . . . .                                                                    | 71         |
| 4.4.3. Dynamiczne rozpraszanie światła (DLS) . . . . .                                                  | 72         |
| <b>Rozdział 5. Związki wielkocząsteczkowe – Feliks Jaroszyk . . . . .</b>                               | <b>73</b>  |
| 5.1. Informacje wstępne . . . . .                                                                       | 73         |
| 5.2. Pojęcia ogólne o polimerach i biopolimerach . . . . .                                              | 74         |
| <b>Rozdział 6. Stany skupienia materii . . . . .</b>                                                    | <b>77</b>  |
| 6.1. Kryteria podziału – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                                    | 77         |
| 6.1.1. Właściwości sprężyste . . . . .                                                                  | 77         |
| 6.1.2. Właściwości strukturalne . . . . .                                                               | 79         |
| 6.2. Płyiny. Podstawowe prawa fizyczne – Feliks Jaroszyk . . . . .                                      | 80         |
| 6.2.1. Stan gazowy. Stan ciekły. Fizyczne pojęcie płynu . . . . .                                       | 80         |
| 6.2.2. Wybrane prawa fizyczne płynów doskonałych i rzeczywistych . . . . .                              | 82         |
| 6.3. Struktura i właściwości fizyczne wody – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                | 97         |
| 6.4. Stany powierzchniowe – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                                 | 100        |
| 6.4.1. Energia powierzchniowa . . . . .                                                                 | 100        |
| 6.4.2. Napięcie powierzchniowe. Prawo Laplace’a . . . . .                                               | 101        |
| 6.4.3. Zjawiska powierzchniowe . . . . .                                                                | 103        |
| 6.4.4. Parachora . . . . .                                                                              | 106        |
| 6.5. Stan stały – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                           | 107        |
| 6.5.1. Ciała krystaliczne i amorficzne . . . . .                                                        | 107        |
| 6.5.2. Stan krystaliczny . . . . .                                                                      | 110        |
| 6.6. Roztwory stałe. Stopy – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                | 124        |
| <b>Biotermodynamika. Podstawy bioenergetyki i termokinetyki . . . . .</b>                               | <b>129</b> |
| <b>Rozdział 7. Biotermodynamika . . . . .</b>                                                           | <b>129</b> |
| 7.1. Wstęp – Feliks Jaroszyk . . . . .                                                                  | 129        |
| 7.2. Pojęcia podstawowe dotyczące układów i procesów termodynamicznych – Feliks Jaroszyk . . . . .      | 130        |
| 7.2.1. Układ termodynamiczny . . . . .                                                                  | 130        |
| 7.2.2. Rodzaje procesów termodynamicznych . . . . .                                                     | 132        |
| 7.3. Pierwsza zasada termodynamiki. Entalpia. Prawo Hessa – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . . | 135        |
| 7.4. Druga zasada termodynamiki – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                           | 138        |
| 7.4.1. Prawdopodobieństwo termodynamiczne . . . . .                                                     | 138        |
| 7.4.2. Entropia. Druga zasada termodynamiki . . . . .                                                   | 139        |
| 7.5. Trzecia zasada termodynamiki – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                         | 142        |
| 7.6. Energia swobodna. Entalpia swobodna – Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski . . . . .                  | 143        |
| 7.6.1. Energia swobodna . . . . .                                                                       | 143        |

|                                                                     |                                                                                                                         |            |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.6.2.                                                              | Entalpia swobodna . . . . .                                                                                             | 144        |
| 7.6.3.                                                              | Procesy egzoergiczne i endoergiczne. Przykłady . . . . .                                                                | 145        |
| 7.6.4.                                                              | Wartości standardowe wybranych funkcji stanu . . . . .                                                                  | 148        |
| 7.7.                                                                | Energia swobodna i entalpia swobodna gazu doskonałego – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .              | 148        |
| 7.7.1.                                                              | Izotermiczne rozprężenie gazu doskonałego . . . . .                                                                     | 149        |
| 7.7.2.                                                              | Mieszanie gazów. Roztwory . . . . .                                                                                     | 150        |
| 7.8.                                                                | Potencjał chemiczny – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                                                | 151        |
| 7.8.1.                                                              | Potencjał chemiczny. Współczynnik aktywności . . . . .                                                                  | 151        |
| 7.8.2.                                                              | Zjawiska transportu masy . . . . .                                                                                      | 153        |
| 7.8.2.1.                                                            | Dyfuzja . . . . .                                                                                                       | 153        |
| 7.8.2.2.                                                            | Dyfuzja przez błonę . . . . .                                                                                           | 155        |
| 7.8.2.3.                                                            | Osmoza . . . . .                                                                                                        | 155        |
| 7.9.                                                                | Zastosowanie termodynamiki do opisu reakcji chemicznych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .            | 158        |
| 7.9.1.                                                              | Rodzaje reakcji chemicznych . . . . .                                                                                   | 158        |
| 7.9.2.                                                              | Kierunek reakcji. Równowaga chemiczna . . . . .                                                                         | 160        |
| 7.9.3.                                                              | Kinetyka chemiczna. Energia aktywacji . . . . .                                                                         | 161        |
| 7.10.                                                               | Zasady termodynamiki w procesach biologicznych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                     | 164        |
| 7.10.1.                                                             | Pierwsza zasada termodynamiki w procesach biologicznych . . . . .                                                       | 164        |
| 7.10.2.                                                             | Druga zasada termodynamiki w procesach biologicznych . . . . .                                                          | 169        |
| 7.11.                                                               | Zagadnienia termodynamiki nierównowagowej . . . . .                                                                     | 171        |
| 7.11.1.                                                             | Wstęp – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                                                              | 171        |
| 7.11.2.                                                             | Stan stacjonarny – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                                                   | 172        |
| 7.11.3.                                                             | Procesy sprzężone. Dyssypacja energii – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                              | 174        |
| 7.11.4.                                                             | Przykłady procesów sprzężonych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .                                     | 176        |
| 7.11.4.1.                                                           | Termodyfuzja . . . . .                                                                                                  | 176        |
| 7.11.4.2.                                                           | Filtracja i ultrafiltracja . . . . .                                                                                    | 178        |
| 7.11.5.                                                             | Zastosowania medyczne transportu błonowego. Sztuczna nerka – <i>Henryk Kowalski</i> . . . . .                           | 182        |
| 7.11.5.1.                                                           | Kliniczne aspekty dyfuzji i ultrafiltracji w hemodializie . . . . .                                                     | 182        |
| 7.11.5.2.                                                           | Teoretyczne podstawy dializy zewnątrzustrojowej . . . . .                                                               | 183        |
| 7.11.5.3.                                                           | Budowa i właściwości dializatorów . . . . .                                                                             | 187        |
| 7.11.5.4.                                                           | Aparatura . . . . .                                                                                                     | 191        |
| 7.11.5.5.                                                           | Dializa otrzewnowa . . . . .                                                                                            | 192        |
| 7.11.6.                                                             | Procesy transportu ładunków elektrycznych. Zjawiska bioelektryczne – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . . | 193        |
| 7.11.6.1.                                                           | Potencjał elektrochemiczny . . . . .                                                                                    | 194        |
| 7.11.6.2.                                                           | Potencjał elektrodowy . . . . .                                                                                         | 194        |
| 7.11.6.3.                                                           | Potencjał dyfuzyjny . . . . .                                                                                           | 197        |
| 7.11.6.4.                                                           | Potencjał błonowy . . . . .                                                                                             | 198        |
| 7.11.6.5.                                                           | Równowaga Donnana . . . . .                                                                                             | 199        |
| 7.11.7.                                                             | Rozwój i ewolucja. Fluktuacje i struktury dyssypacyjne – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i> . . . . .             | 200        |
| <b>Rozdział 8. Podstawy bioenergetyki i termokinetyki . . . . .</b> |                                                                                                                         | <b>203</b> |
| 8.1.                                                                | Podstawy bioenergetyki – <i>Feliks Jaroszyk</i> . . . . .                                                               | 203        |
| 8.1.1.                                                              | Wstęp . . . . .                                                                                                         | 203        |
| 8.1.2.                                                              | Procesy oksydoredukcyjne . . . . .                                                                                      | 205        |
| 8.1.3.                                                              | Zarys teorii chemiosmotycznej Mitchella . . . . .                                                                       | 209        |

|          |                                                                                                |     |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.2.     | Podstawy termokinetyki – <i>Feliks Jaroszyk</i> . . . . .                                      | 215 |
| 8.2.1.   | Mechanizmy transportu ciepła . . . . .                                                         | 215 |
| 8.2.1.1. | Przewodnictwo cieplne . . . . .                                                                | 215 |
| 8.2.1.2. | Konwekcja . . . . .                                                                            | 217 |
| 8.2.1.3. | Promieniowanie . . . . .                                                                       | 220 |
| 8.2.1.4. | Parowanie . . . . .                                                                            | 223 |
| 8.2.1.5. | Bezwymiarowe liczby podobieństwa . . . . .                                                     | 224 |
| 8.2.2.   | Straty cieplne . . . . .                                                                       | 225 |
| 8.2.2.1. | Pole temperaturowe żywych organizmów stałocieplnych . . . . .                                  | 225 |
| 8.2.2.2. | Mechanizmy transportu ciepła wewnątrz i na zewnątrz żywych organizmów stałocieplnych . . . . . | 227 |
| 8.2.2.3. | Wskaźniki środowiskowe. Bilans energii cieplnej organizmów stałocieplnych . . . . .            | 229 |
| 8.2.2.4. | Straty cieplne wyrażone przez wskaźniki środowiskowe . . . . .                                 | 231 |
| 8.3.     | Termografia – <i>Feliks Jaroszyk, Piotr Piskunowicz</i> . . . . .                              | 235 |
| 8.3.1.   | Wstęp . . . . .                                                                                | 235 |
| 8.3.2.   | Podstawy fizyczne termografii . . . . .                                                        | 236 |
| 8.3.3.   | Termograf AGA-Thermovision . . . . .                                                           | 241 |
| 8.3.4.   | Główne zastosowania kliniczne termografii . . . . .                                            | 242 |

**Elementy teorii informacji i sterowania. Teoria chaosu i jej zastosowania w medycynie. Modelowanie w biofizyce i medycynie . . . . .** 244

**Rozdział 9. Elementy teorii informacji i sterowania – *Wojciech Warchoń, Teodor Świdziński, Feliks Jaroszyk* . . . . .** 244

|        |                                                                                |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.1.   | Wstęp . . . . .                                                                | 244 |
| 9.2.   | Niektóre zagadnienia teorii informacji . . . . .                               | 244 |
| 9.2.1. | Przepływ informacji – łącze informacyjne . . . . .                             | 244 |
| 9.2.2. | Miara informacji. Nieokreśloność układu. Negentropia . . . . .                 | 245 |
| 9.2.3. | Inne wielkości związane z teorią informacji. Kodowanie. Redundancja . . . . .  | 247 |
| 9.3.   | Kodowanie informacji . . . . .                                                 | 248 |
| 9.3.1. | Kodowanie informacji w receptorze . . . . .                                    | 248 |
| 9.3.2. | Przetwarzanie informacji w receptorach . . . . .                               | 249 |
| 9.4.   | Układ cybernetyczny. Transformacja sygnałów. Operatory . . . . .               | 252 |
| 9.4.1. | Układy dyskretne . . . . .                                                     | 254 |
| 9.4.2. | Operatory działaniowe, funkcyjne oraz operatory układów dynamicznych . . . . . | 255 |
| 9.4.3. | Sposoby badania układów cybernetycznych nazywanych „czarną skrzynką” . . . . . | 256 |
| 9.4.4. | Łączenie układów cybernetycznych . . . . .                                     | 259 |
| 9.5.   | Sterowanie i regulacja . . . . .                                               | 260 |
| 9.5.1. | Sterowanie stężeniem leku w układzie jednokompartamentowym . . . . .           | 260 |
| 9.5.2. | Regulacja. Układy ze sprzężeniem zwrotnym . . . . .                            | 262 |
| 9.5.3. | Układ regulacji automatycznej z ujemnym sprzężeniem zwrotnym . . . . .         | 264 |
| 9.6.   | Układy regulacji ze sprzężeniami dodatkowymi . . . . .                         | 265 |
| 9.7.   | Homeostaza. Adaptacja. Antagonistyczny układ ultrastabilny . . . . .           | 267 |

**Rozdział 10. Teoria chaosu i jej zastosowania w medycynie – *Piotr Jaśkowski* . . . . .** 270

|           |                                  |     |
|-----------|----------------------------------|-----|
| 10.1.     | Elementy teorii chaosu . . . . . | 270 |
| 10.1.1.   | Układy dynamiczne . . . . .      | 270 |
| 10.1.1.1. | Przestrzeń fazowa . . . . .      | 271 |

|                                                                                                    |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 10.1.1.2. Atraktor . . . . .                                                                       | 272        |
| 10.1.1.3. Układy stochastyczne . . . . .                                                           | 272        |
| 10.1.2. Prosty model rozwoju populacji . . . . .                                                   | 272        |
| 10.1.2.1. Droga do chaosu . . . . .                                                                | 275        |
| 10.1.3. Własności sygnału i atraktora układu chaotycznego . . . . .                                | 276        |
| 10.1.4. Fraktalna geometria atraktora . . . . .                                                    | 277        |
| 10.1.5. Wymiar . . . . .                                                                           | 279        |
| 10.1.6. Charakterystyka układów chaotycznych . . . . .                                             | 280        |
| 10.2. Jak odróżnić układ chaotyczny od stochastycznego? . . . . .                                  | 280        |
| 10.2.1. Układy chaotyczne w biologii i medycynie . . . . .                                         | 281        |
| <b>Rozdział 11. Modelowanie biofizyczne w biologii i medycynie – Bolestaw Turczyński . . . . .</b> | <b>282</b> |
| 11.1. Wstęp . . . . .                                                                              | 282        |
| 11.2. Rodzaje modeli . . . . .                                                                     | 283        |
| 11.2.1. Modele biologiczne . . . . .                                                               | 283        |
| 11.2.2. Modele fizyczne . . . . .                                                                  | 283        |
| 11.2.3. Modele analogowe . . . . .                                                                 | 283        |
| 11.2.4. Modele matematyczne . . . . .                                                              | 286        |
| 11.2.4.1. Modele statyczne . . . . .                                                               | 286        |
| 11.2.4.2. Modele dynamiczne . . . . .                                                              | 287        |
| <b>CZĘŚĆ II. BIOFIZYKA UKŁADÓW BIOLOGICZNYCH . . . . .</b>                                         | <b>293</b> |
| <b>Podstawy biofizyki molekularnej komórek i tkanek . . . . .</b>                                  | <b>294</b> |
| <b>Rozdział 12. Elementy biofizyki molekularnej – Bartłomiej Kwiatkowski . . . . .</b>             | <b>294</b> |
| 12.1. Podstawowe rodzaje makrocząsteczek biologicznych . . . . .                                   | 294        |
| 12.1.1. Białka . . . . .                                                                           | 294        |
| 12.1.2. Kwasy nukleinowe . . . . .                                                                 | 297        |
| 12.1.3. Lipidy . . . . .                                                                           | 300        |
| 12.2. Wybrane metody preparatywne i analityczne biofizyki molekularnej . . . . .                   | 301        |
| 12.2.1. Sączenie żelowe . . . . .                                                                  | 302        |
| 12.2.2. Metody oparte na wirowaniu . . . . .                                                       | 304        |
| 12.2.3. Elektroforeza . . . . .                                                                    | 308        |
| 12.3. Niektóre metody fizyczne badania struktury makrocząsteczek . . . . .                         | 311        |
| 12.3.1. Rentgenografia . . . . .                                                                   | 311        |
| 12.3.2. Spektroskopia molekularna . . . . .                                                        | 313        |
| 12.3.2.1. Spektroskopia elektronowa (UV/VIS) . . . . .                                             | 314        |
| 12.3.2.2. Spektropolarymetria . . . . .                                                            | 317        |
| 12.3.2.3. Spektroskopia w podczerwieni (IR) . . . . .                                              | 320        |
| 12.3.3. Reometria kwasów nukleinowych i białek . . . . .                                           | 322        |
| <b>Rozdział 13. Wstęp do biofizyki komórki . . . . .</b>                                           | <b>324</b> |
| 13.1. Budowa błony komórkowej – Marek Tuliszka . . . . .                                           | 324        |
| 13.2. Transport przez błony – Marek Tuliszka . . . . .                                             | 328        |
| 13.2.1. Klasyfikacja procesów transportu . . . . .                                                 | 329        |
| 13.2.2. Białka pośredniczące w transporcie przez błony . . . . .                                   | 330        |
| 13.2.3. Charakterystyki transportu aktywnego i biernego . . . . .                                  | 331        |
| 13.2.4. Rola transportu aktywnego w regulacji ciśnienia osmotycznego . . . . .                     | 334        |
| 13.2.5. Dynamika procesów transportu . . . . .                                                     | 335        |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 13.3. Potencjał spoczynkowy – <i>Leszek Kubisz</i> . . . . .                                           | 337 |
| 13.4. Model elektryczny błony komórkowej – <i>Leszek Kubisz</i> . . . . .                              | 341 |
| <b>Rozdział 14. Biofizyka tkanek</b> . . . . .                                                         | 343 |
| 14.1. Biofizyka tkanki nerwowej – <i>Krzysztof Michałak, Piotr Piskunowicz</i> . . . . .               | 343 |
| 14.1.1. Potencjał czynnościowy komórki. Rola jonów sodu i potasu . . . . .                             | 343 |
| 14.1.2. Warunki powstawania potencjałów czynnościowych . . . . .                                       | 350 |
| 14.1.3. Rozprzestrzenianie się potencjału czynnościowego . . . . .                                     | 356 |
| 14.1.4. Zjawiska zachodzące na synapsach . . . . .                                                     | 358 |
| 14.1.5. Przetwarzanie informacji w procesie odczuwania bodźca . . . . .                                | 360 |
| 14.1.6. Przetwarzanie informacji przez sieci neuronowe . . . . .                                       | 368 |
| 14.2. Biofizyka tkanki mięśniowej . . . . .                                                            | 375 |
| 14.2.1. Mechanizm powstawania skurczu komórek mięśniowych – <i>Anna Kostrzewska</i> . . . . .          | 375 |
| 14.2.1.1. Wstęp . . . . .                                                                              | 375 |
| 14.2.1.2. Ułożenie białek kurczliwych w komórkach mięśniowych . . . . .                                | 375 |
| 14.2.1.3. Ślizgowa teoria skurczu . . . . .                                                            | 378 |
| 14.2.1.4. Sprzężenie pobudzenia ze skurczem . . . . .                                                  | 381 |
| 14.2.1.5. Przenoszenie pobudzenia w komórkach mięśni poprzecznie prążkowanych . . . . .                | 381 |
| 14.2.1.6. Przenoszenie pobudzenia w komórkach mięśni gładkich . . . . .                                | 384 |
| 14.2.2. Właściwości mechaniczne mięśnia – <i>Piotr Piskunowicz</i> . . . . .                           | 388 |
| 14.2.2.1. Mięsień niepobudzony . . . . .                                                               | 388 |
| 14.2.2.2. Mięsień pobudzony . . . . .                                                                  | 392 |
| 14.2.3. Energetyka mięśnia – <i>Bolesław Turczyński</i> . . . . .                                      | 398 |
| 14.2.3.1. Związek pomiędzy szybkością skracania mięśnia a jego obciążeniem. Moc mięśnia . . . . .      | 398 |
| 14.3. Biofizyka tkanki łącznej – <i>Ewa Marzec</i> . . . . .                                           | 402 |
| 14.3.1. Elementy budowy tkanki łącznej . . . . .                                                       | 403 |
| 14.3.2. Układ białko–woda w tkance łącznej . . . . .                                                   | 407 |
| 14.3.3. Właściwości dielektryczne tkanki łącznej . . . . .                                             | 407 |
| 14.4. Znaczenie biofizycznych właściwości tkanek w biomechanice – <i>Bolesław Turczyński</i> . . . . . | 411 |
| 14.4.1. Wstęp . . . . .                                                                                | 411 |
| 14.4.2. Główne układy ruchu człowieka . . . . .                                                        | 412 |
| 14.4.3. Aparat kostno-stawowy . . . . .                                                                | 413 |
| 14.4.4. Praca i moc człowieka . . . . .                                                                | 417 |
| 14.4.5. Podstawowe zagadnienia i prawa związane z odkształceniami . . . . .                            | 418 |
| 14.4.6. Tkanka kostna jako materiał anizotropowy. Uogólnione prawo Hooke'a . . . . .                   | 422 |
| 14.4.7. Właściwości biomechaniczne tkanki kostnej . . . . .                                            | 424 |
| 14.4.8. Wytrzymałość tkanki kostnej a ciężar ciała (obciążenie) . . . . .                              | 425 |
| 14.4.9. Modele reologiczne materiałów lepko-sprężystych i sprężysto-lepkich . . . . .                  | 429 |
| 14.4.10. Właściwości biomechaniczne mięśni . . . . .                                                   | 432 |
| <b>Biofizyka narządów</b> . . . . .                                                                    | 437 |
| <b>Rozdział 15. Biofizyka zmysłu słuchu</b> . . . . .                                                  | 437 |
| 15.1. Wstęp – <i>Aleksander Sęk</i> . . . . .                                                          | 437 |
| 15.2. Fizyczne podstawy drgań i fal akustycznych – <i>Aleksander Sęk</i> . . . . .                     | 438 |
| 15.2.1. Ruch drgający . . . . .                                                                        | 438 |
| 15.2.2. Klasyfikacja sygnałów . . . . .                                                                | 441 |

|                                                                                |                                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.2.3.                                                                        | Podstawy analizy sygnałów . . . . .                                                | 444 |
| 15.2.4.                                                                        | Pojęcie liniowości. Filtry . . . . .                                               | 449 |
| 15.2.5.                                                                        | Propagacja dźwięku w przestrzeni . . . . .                                         | 452 |
| 15.2.6.                                                                        | Natężenie dźwięku. Decybel . . . . .                                               | 454 |
| 15.2.7.                                                                        | Fala akustyczna na granicy ośrodków. Impedancja . . . . .                          | 457 |
| 15.3.                                                                          | Budowa i funkcjonowanie układu słuchowego – <i>Aleksander Sęk</i> . . . . .        | 459 |
| 15.3.1.                                                                        | Droga fali akustycznej w układzie słuchowym . . . . .                              | 459 |
| 15.3.2.                                                                        | Proces przetwarzania . . . . .                                                     | 466 |
| 15.3.2.1.                                                                      | Wzmacniacz ślimakowy . . . . .                                                     | 466 |
| 15.3.2.2.                                                                      | Nieliniowość układu słuchowego . . . . .                                           | 469 |
| 15.3.2.3.                                                                      | Emisje otoakustyczne . . . . .                                                     | 470 |
| 15.3.3.                                                                        | Nerw słuchowy . . . . .                                                            | 471 |
| 15.4.                                                                          | Percepcyjna analiza dźwięku w układzie słuchowym – <i>Aleksander Sęk</i> . . . . . | 472 |
| 15.4.1.                                                                        | Progi słyszalności i percepcja głośności . . . . .                                 | 472 |
| 15.4.1.1.                                                                      | Progi słyszalności . . . . .                                                       | 472 |
| 15.4.1.2.                                                                      | Krzywe jednakowej głośności . . . . .                                              | 474 |
| 15.4.1.3.                                                                      | Skalowanie głośności . . . . .                                                     | 474 |
| 15.4.1.4.                                                                      | Sumowanie w czasie. Progi różnicowe . . . . .                                      | 475 |
| 15.4.2.                                                                        | Selektywność częstotliwościowa . . . . .                                           | 476 |
| 15.4.2.1.                                                                      | Istota selektywności częstotliwości . . . . .                                      | 476 |
| 15.4.2.2.                                                                      | Wstęga krytyczna. Filtry słuchowe . . . . .                                        | 477 |
| 15.4.2.3.                                                                      | Percepcja barwy . . . . .                                                          | 481 |
| 15.4.2.4.                                                                      | Głośność a selektywność częstotliwościowa . . . . .                                | 482 |
| 15.4.3.                                                                        | Percepcja wysokości . . . . .                                                      | 483 |
| 15.4.3.1.                                                                      | Wysokość tonów. Skalowanie wysokości . . . . .                                     | 483 |
| 15.4.3.2.                                                                      | Teorie percepcji wysokości . . . . .                                               | 484 |
| 15.4.3.3.                                                                      | Dyskryminacja częstotliwości . . . . .                                             | 485 |
| 15.4.3.4.                                                                      | Wysokość dźwięków złożonych . . . . .                                              | 486 |
| 15.4.4.                                                                        | Rozdzielczość czasowa ucha . . . . .                                               | 487 |
| 15.4.5.                                                                        | Lokalizacja dźwięków . . . . .                                                     | 488 |
| 15.4.5.1.                                                                      | Czynniki lokalizacyjne wynikające z odsłuchów dwuusznych . . . . .                 | 489 |
| 15.4.5.2.                                                                      | Rola małżowiny usznej . . . . .                                                    | 490 |
| 15.4.5.3.                                                                      | Efekt precedensu . . . . .                                                         | 491 |
| 15.4.5.4.                                                                      | Binauralne różnice poziomu maskowania . . . . .                                    | 491 |
| 15.5.                                                                          | Mowa – <i>Aleksander Sęk</i> . . . . .                                             | 494 |
| 15.5.1.                                                                        | Wytwarzanie dźwięków mowy . . . . .                                                | 494 |
| 15.5.2.                                                                        | Głoski i fonemy . . . . .                                                          | 497 |
| 15.5.3.                                                                        | Analiza dźwięków mowy. Spektrogram . . . . .                                       | 497 |
| 15.5.4.                                                                        | Dźwięki mowy . . . . .                                                             | 499 |
| 15.5.5.                                                                        | Intonacja . . . . .                                                                | 502 |
| 15.6.                                                                          | Wady słuchu i ich korekcje – <i>Dorota Hojan-Jezierska</i> . . . . .               | 503 |
| 15.6.1.                                                                        | Wstęp . . . . .                                                                    | 503 |
| 15.6.2.                                                                        | Choroby narządu słuchu . . . . .                                                   | 503 |
| 15.6.3.                                                                        | Metody badań uszkodzeń słuchu . . . . .                                            | 504 |
| 15.6.4.                                                                        | Korekcje wad słuchu . . . . .                                                      | 507 |
| 15.6.5.                                                                        | Metody dopasowania aparatów słuchowych . . . . .                                   | 511 |
| 15.6.5.1.                                                                      | Procedury oparte na audiometrii tonalnej . . . . .                                 | 511 |
| 15.6.5.2.                                                                      | Procedury oparte na skalowaniu głośności . . . . .                                 | 512 |
| <b>Rozdział 16. Biofizyka zmysłu wzroku – <i>Bolesław Kędzia</i></b> . . . . . |                                                                                    | 516 |
| 16.1.                                                                          | Wstęp . . . . .                                                                    | 516 |
| 16.2.                                                                          | Układ optyczny . . . . .                                                           | 516 |

|                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 16.2.1. Powierzchnia załamująca i układy takich powierzchni . . . . .                                                                                             | 519 |
| 16.2.2. Aberracje układu optycznego . . . . .                                                                                                                     | 523 |
| 16.2.3. Dyfrakcja . . . . .                                                                                                                                       | 527 |
| 16.2.4. Zdolność rozdzielcza . . . . .                                                                                                                            | 529 |
| 16.3. Widzenie . . . . .                                                                                                                                          | 531 |
| 16.3.1. Układ optyczny oka . . . . .                                                                                                                              | 532 |
| 16.3.2. Zdolność rozdzielcza oka . . . . .                                                                                                                        | 536 |
| 16.3.3. Energetyka procesu widzenia . . . . .                                                                                                                     | 537 |
| 16.3.4. Widzenie przestrzenne (stereoskopowe) . . . . .                                                                                                           | 540 |
| 16.4. Oko uzbrojone . . . . .                                                                                                                                     | 542 |
| 16.4.1. Oko i okulary . . . . .                                                                                                                                   | 542 |
| 16.4.2. Mikroskop . . . . .                                                                                                                                       | 546 |
| <b>Rozdział 17. Biofizyka układu oddechowego – Andrzej Pilawski, Kazimierz Narożny</b>                                                                            | 553 |
| 17.1. Mechanizm wentylacji płuc . . . . .                                                                                                                         | 554 |
| 17.1.1. Rola ciśnień wewnątrzpłucnowego i śródpecherzykowego . . . . .                                                                                            | 554 |
| 17.1.2. Rola właściwości sprężystych tkanki płucnej i napięcia powierzchniowego warstwy powierzchniowej pęcherzyków. Histereza objętościowo-ciśnieniowa . . . . . | 557 |
| 17.2. Praca wykonywana przez układ oddechowy. Moc oddechowa . . . . .                                                                                             | 561 |
| 17.3. Wymiana gazowa . . . . .                                                                                                                                    | 565 |
| <b>Rozdział 18. Biofizyka układu krążenia . . . . .</b>                                                                                                           | 568 |
| 18.1. Wstęp – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                                                                                         | 568 |
| 18.2. Uproszczona budowa układu krążenia – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                                                            | 570 |
| 18.3. Procesy transportu między układem krwionośnym a układem chłonnym – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                              | 579 |
| 18.4. Energetyka serca – Piotr Piskunowicz . . . . .                                                                                                              | 581 |
| 18.5. Właściwości biomechaniczne i geometryczne naczyń krwionośnych – Bolesław Turczyński . . . . .                                                               | 585 |
| 18.5.1. Właściwości bierne i czynne . . . . .                                                                                                                     | 585 |
| 18.5.2. Związek między naprężeniem sprężystym a właściwościami geometrycznymi naczyń krwionośnych i ciśnieniem krwi w stanie równowagi . . . . .                  | 586 |
| 18.5.3. Związek między zmianą ciśnienia krwi i zmianą naprężenia sprężystego oraz właściwości geometrycznych naczyń krwionośnych . . . . .                        | 588 |
| 18.5.4. Molekularne podstawy właściwości sprężystych naczyń krwionośnych. Napięcie czynne . . . . .                                                               | 590 |
| 18.5.5. Dynamika krwi . . . . .                                                                                                                                   | 593 |
| 18.5.6. Impedancja tętnicza. Fala tętna . . . . .                                                                                                                 | 593 |
| 18.6. Właściwości reologiczne krwi i ich rola – Bolesław Turczyński . . . . .                                                                                     | 598 |
| 18.6.1. Właściwości pseudoplastyczne i tiksotropowe . . . . .                                                                                                     | 598 |
| 18.6.2. Wpływ hematokrytu na lepkość krwi . . . . .                                                                                                               | 603 |
| 18.6.3. Odkształcalność erytrocytów . . . . .                                                                                                                     | 604 |
| 18.6.4. Agregacja erytrocytów . . . . .                                                                                                                           | 604 |
| 18.7. Elektryczna, magnetyczna i mechaniczna aktywność serca. Metody badawcze – Feliks Jaroszyk . . . . .                                                         | 605 |
| 18.7.1. Elektryczna i magnetyczna aktywność serca . . . . .                                                                                                       | 605 |
| 18.7.1.1. Elektrokardiografia . . . . .                                                                                                                           | 611 |
| 18.7.1.2. Magnetokardiografia . . . . .                                                                                                                           | 619 |
| 18.7.2. Mechaniczna czynność serca. Mechanokardiografia . . . . .                                                                                                 | 623 |

### CZĘŚĆ III. ODDZIAŁYWANIE CZYNNIKÓW FIZYCZNYCH NA ŻYWY ORGANIZM . . . . . 625

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Rozdział 19. Wpływ czynników mechanicznych na żywy organizm –</b>                                |     |
| <i>Helena Gawda . . . . .</i>                                                                       | 626 |
| 19.1. Wstęp . . . . .                                                                               | 626 |
| 19.2. Wpływ fal sprężystych na organizm. Wprowadzenie . . . . .                                     | 626 |
| 19.2.1. Infradźwięki i wibracje . . . . .                                                           | 627 |
| 19.2.2. Generacje ultradźwięków . . . . .                                                           | 628 |
| 19.2.3. Parametry fal i pola ultradźwiękowego . . . . .                                             | 629 |
| 19.2.4. Rozchodzenie się ultradźwięków w tkankach . . . . .                                         | 631 |
| 19.2.5. Czynne i bierne działanie ultradźwięków. Przykłady zastosowania . . . . .                   | 635 |
| 19.2.6. Litotrypsja . . . . .                                                                       | 638 |
| 19.2.7. Ultrasonografia . . . . .                                                                   | 641 |
| 19.2.8. Dopplerowskie metody badania biologicznych struktur ruchomych – prezentacja TM . . . . .    | 645 |
| 19.2.9. Ocena szkodliwości oddziaływania ultradźwięków na obiekty biologiczne . . . . .             | 646 |
| 19.3. Wpływ przyspieszeń . . . . .                                                                  | 650 |
| 19.3.1. Wpływ przyspieszeń podłużnych $+G_z$ , $-G_z$ . . . . .                                     | 652 |
| 19.3.2. Wpływ przyspieszeń poprzecznych . . . . .                                                   | 653 |
| 19.3.3. Stan nieważkości . . . . .                                                                  | 653 |
| 19.4. Wpływ zmienionego ciśnienia na organizm człowieka . . . . .                                   | 654 |
| 19.4.1. Wpływ obniżonego ciśnienia . . . . .                                                        | 654 |
| 19.4.2. Wpływ podwyższonego ciśnienia . . . . .                                                     | 656 |
| <b>Rozdział 20. Wpływ temperatury i wilgotności –</b>                                               |     |
| <i>Feliks Jaroszyk . . . . .</i>                                                                    | 659 |
| 20.1. Wpływ temperatury otoczenia. Termoregulacja . . . . .                                         | 659 |
| 20.1.1. Wpływ pola temperatur na kinetykę procesów biologicznych . . . . .                          | 659 |
| 20.1.2. Termoregulacja . . . . .                                                                    | 663 |
| 20.1.3. Wpływ temperatury otoczenia na pole temperatur organizmu stałocielnego . . . . .            | 664 |
| 20.2. Wpływ wilgotności . . . . .                                                                   | 666 |
| <b>Rozdział 21. Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na żywy organizm –</b>                     |     |
| <i>Józef Terlecki . . . . .</i>                                                                     | 668 |
| 21.1. Właściwości elektryczne i magnetyczne . . . . .                                               | 668 |
| 21.1.1. Dielektryki . . . . .                                                                       | 671 |
| 21.1.2. Półprzewodniki i przewodniki . . . . .                                                      | 676 |
| 21.1.3. Przewodność oraz przenikalność elektryczna komórek i tkanek . . . . .                       | 680 |
| 21.1.4. Właściwości magnetyczne substancji . . . . .                                                | 686 |
| 21.1.4.1. Momenty magnetyczne elektronów i atomów . . . . .                                         | 686 |
| 21.1.4.2. Właściwości magnetyczne substancji biologicznych . . . . .                                | 687 |
| 21.1.4.3. Zjawisko rezonansu magnetycznego . . . . .                                                | 687 |
| 21.2. Działanie pól elektromagnetycznych na żywe organizmy . . . . .                                | 690 |
| 21.2.1. Oddziaływanie pól stałych i wolnozmiennych . . . . .                                        | 691 |
| 21.2.2. Oddziaływanie pól elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości – skutki termiczne . . . . . | 692 |
| 21.2.3. Zagrożenia wtórne . . . . .                                                                 | 695 |
| 21.2.4. Ogólne zasady ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym . . . . .                   | 695 |

|                                                                                                                           |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Rozdział 22. Wpływ promieniowania jonizującego na żywy organizm – Tadeusz Rudnicki, Józef Terlecki</b>                 | 697 |
| 22.1. Wstęp                                                                                                               | 697 |
| 22.2. Ważniejsze źródła promieniowania jonizującego                                                                       | 698 |
| 22.2.1. Źródła medyczne                                                                                                   | 698 |
| 22.2.1.1. Promieniowanie rentgenowskie                                                                                    | 698 |
| 22.2.1.2. Źródła promieniowania gamma                                                                                     | 702 |
| 22.2.2. Radionuklidy naturalne                                                                                            | 703 |
| 22.2.3. Obiekty jądrowe                                                                                                   | 704 |
| 22.3. Przechodzenie promieniowania jonizującego przez substancję                                                          | 707 |
| 22.3.1. Krótki przegląd fizycznych procesów wzajemnego oddziaływania cząstek naładowanych i substancji                    | 707 |
| 22.3.2. Straty energii jonizacyjne                                                                                        | 708 |
| 22.3.3. Przechodzenie promieniowania fotonowego (rentgenowskiego, gamma) przez substancję                                 | 711 |
| 22.3.4. Wzajemne oddziaływanie neutronów i materii                                                                        | 718 |
| 22.4. Podstawowe wielkości stosowane w dozymetrii promieniowania jonizującego                                             | 719 |
| 22.5. Działanie biologiczne promieniowania jonizującego                                                                   | 722 |
| 22.5.1. Wprowadzenie                                                                                                      | 722 |
| 22.5.2. Efekty radiobiologiczne                                                                                           | 723 |
| 22.5.3. Dawki graniczne promieniowania jonizującego                                                                       | 728 |
| 22.5.3.1. Czy istnieją dawki bezpieczne?                                                                                  | 728 |
| 22.5.3.2. Dawki graniczne dla niektórych grup ludności                                                                    | 729 |
| <b>Rozdział 23. Wpływ promieniowania niejonizującego na żywy organizm</b>                                                 | 729 |
| 23.1. Charakterystyka promieniowania niejonizującego. Uwagi terminologiczne – Marian Kucharski                            | 729 |
| 23.2. Wytwarzanie promieniowania niejonizującego – Marian Kucharski                                                       | 732 |
| 23.3. Absorpcja promieniowania niejonizującego przez atomy i cząsteczki – Marian Kucharski                                | 734 |
| 23.4. Zjawiska fizyczne zachodzące w cząsteczkach wzbudzonych. Fotoluminescencja. Schemat Jabłońskiego – Marian Kucharski | 736 |
| 23.5. Reakcje fotochemiczne – Marian Kucharski                                                                            | 740 |
| 23.5.1. Przykłady biologicznie ważnych reakcji fotochemicznych                                                            | 740 |
| 23.5.2. Reakcje fotochemiczne związane z ozonem atmosferycznym                                                            | 742 |
| 23.6. Fotosensybilizacja. Tlen singletowy – Marian Kucharski                                                              | 743 |
| 23.7. Melanina jako indywidualny fotoprotektor – Marian Kucharski                                                         | 745 |
| 23.8. Fotomedycyna – Marian Kucharski                                                                                     | 745 |
| 23.9. Lasery. Promieniowanie laserowe – Urszula Kokowska                                                                  | 750 |
| 23.9.1. Właściwości promieniowania laserowego                                                                             | 752 |
| 23.9.2. Wpływ promieniowania laserowego na tkanki                                                                         | 754 |
| 23.9.3. Zastosowanie laserów w medycynie i stomatologii                                                                   | 757 |
| 23.10. Wolne rodniki i antyoksydanty w zdrowym i chorym organizmie – Bolesław Gonet                                       | 761 |
| 23.10.1. Wolne rodniki w zdrowym organizmie                                                                               | 762 |
| 23.10.2. Antyoksydanty                                                                                                    | 764 |
| 23.10.3. Wolne rodniki w chorym organizmie                                                                                | 767 |
| 23.10.4. Metody wykrywania wolnych rodników                                                                               | 774 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Podstawy fizyczne wybranych metod obrazowania tkanek i narządów</b>                | 777 |
| <b>Rozdział 24. Podstawy fizyczne metod obrazowania tkanek i narządów –</b>           |     |
| <i>Edward Pankowski</i>                                                               | 777 |
| 24.1. Tomografia transmisyjna KT                                                      | 777 |
| 24.1.1. Promienie rentgenowskie                                                       | 777 |
| 24.1.1.1. Mechanizm wytwarzania promieniowania rentgenowskiego                        | 777 |
| 24.1.1.2. Widmo promieniowania rentgenowskiego                                        | 780 |
| 24.1.1.3. Oslabianie promieniowania rentgenowskiego                                   | 784 |
| 24.1.2. Rentgenowska transmisyjna tomografia komputerowa KT                           | 786 |
| 24.1.2.1. Rekonstrukcja obrazu w rentgenowskiej transmisyjnej tomografii komputerowej | 789 |
| 24.1.2.2. Rozwój transmisyjnej tomografii komputerowej                                | 792 |
| 24.1.2.3. Przestrzenna i gęstościowa zdolność rozdzielcza                             | 796 |
| 24.1.2.4. Obrazowanie trójwymiarowe                                                   | 797 |
| 24.1.2.5. Uboczne skutki badania za pomocą tomografii KT                              | 798 |
| <b>Rozdział 25. Spektroskopia i tomografia NMR –</b>                                  |     |
| <i>Bolesław Gonet</i>                                                                 | 799 |
| 25.1. Wstęp                                                                           | 799 |
| 25.2. Podstawy fizyczne zjawiska NMR                                                  | 801 |
| 25.2.1. Relaksacja                                                                    | 805 |
| 25.2.2. Oddziaływanie spin-sieć. Czas relaksacji podłużnej $T_1$                      | 806 |
| 25.2.3. Oddziaływanie spin-spin. Czas relaksacji poprzecznej $T_2$                    | 807 |
| 25.2.4. Przekształcenie Fouriera                                                      | 809 |
| 25.3. Koncepcja spektroskopii NMR                                                     | 812 |
| 25.3.1. Przesunięcie chemiczne                                                        | 812 |
| 25.3.2. Sprzężenie spin-spin, rozprężanie spinów                                      | 813 |
| 25.4. Od spektroskopii do tomografii NMR                                              | 816 |
| 25.4.1. Skanowanie i rekonstrukcja obrazów                                            | 817 |
| 25.4.2. Parametry obrazowania MR                                                      | 821 |
| 25.4.3. Możliwości diagnostyczne tomografii NMR                                       | 824 |
| <b>Rozdział 26. Tomografia emisyjna SPECT –</b>                                       |     |
| <i>Edward Pankowski</i>                                                               | 825 |
| 26.1. Wstęp                                                                           | 825 |
| 26.2. Jednofotonowa emisyjna tomografia komputerowa SPECT                             | 826 |
| 26.3. Zdolność rozdzielcza                                                            | 829 |
| 26.4. Lokalizacja źródeł promieniotwórczych                                           | 831 |
| <b>Rozdział 27. Pozytonowa emisyjna tomografia komputerowa (PET) –</b>                |     |
| <i>Edward Pankowski</i>                                                               | 833 |
| 27.1. Wstęp                                                                           | 833 |
| 27.2. Budowa i zasada działania tomografu emisyjnego PET                              | 833 |
| 27.3. Znaczniki izotopowe stosowane w tomografii PET                                  | 838 |
| 27.4. Zastosowanie kliniczne tomografii emisyjnej PET                                 | 839 |
| <b>Dodatek –</b>                                                                      |     |
| <i>Feliks Jaroszyk</i>                                                                | 840 |
| <b>Polecane piśmiennictwo</b>                                                         | 848 |
| <b>Skorowidz</b>                                                                      | 851 |



