

Spis treści

I. PODSTAWY TRANSPORTU MATERII, ENERGII I ŁADUNKU ELEKTRYCZNEGO W UKŁADACH BIOLOGICZNYCH	1
1. Biotermodynamika	3
1.1. Wprowadzenie – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk	3
1.2. Podstawowe pojęcia procesów i układów termodynamicznych	3
1.2.1. Układ termodynamiczny i jego parametry termodynamiczne – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk	3
1.2.2. Procesy odwracalne i nieodwracalne – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk	4
1.2.3. Zasady termodynamiki – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	5
1.2.4. Energia i entalpia swobodna, procesy egzo- i endoergiczne – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	8
1.2.5. Potencjał chemiczny – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	10
1.3. Zjawiska transportu masy – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	11
1.3.1. Dyfuzja	11
1.3.2. Osmoza	12
1.4. Zjawiska transportu ładunku elektrycznego – podstawy bioelektryczności – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	14
1.4.1. Potencjał elektrochemiczny	14
1.4.2. Potencjał elektrodowy	14
1.4.3. Potencjał dyfuzyjny	15
1.4.4. Potencjał błonowy	16
1.4.5. Równowaga Donnana	16
1.5. Elementy termodynamiki nierównowagowej – Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski	17
1.5.1. Stan stacjonarny	17
1.5.2. Procesy sprzężone	19
1.5.3. Dyssypacja energii	20
1.6. Klasyfikacja procesów transportu – Leszek Kubisz	21
2. Strukturalne właściwości materii – Sławomir Grzegorzczyn	23
2.1. Stany skupienia, oddziaływania międzycząsteczkowe	23
2.1.1. Podział na fazy ciał (gazowa, ciekła, stała, plazma) ze względu na oddziaływania molekularne i warunki zewnętrzne	23
2.1.2. Faza ciała a molekularne oddziaływania składników, struktura wewnętrzna ciał	24
2.1.3. Izotropia i anizotropia – ich znaczenie w budowie i właściwościach faz stałych	25
2.1.4. Właściwości mechaniczne ciał stałych	25
2.1.5. Faza ciekła	26
2.2. Oddziaływania molekularne i ich rola w kształtowaniu struktur biologicznych	29
2.3. Stany powierzchniowe	30
2.4. Właściwości i znaczenie wody	32
2.5. Polimery a biopolimery	33

II. BIOFIZYKA UKŁADÓW BIOLOGICZNYCH	37
3. Biofizyka układu krążenia – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	39
3.1. Wprowadzenie	39
3.2. Budowa i zadania układu krążenia	39
3.3. Prawa hemodynamiki	44
3.4. Opory przepływu krwi i jej ciśnienie	51
3.5. Właściwości krwi	55
3.6. Mikrokrążenie i procesy wymiany	59
3.7. Sprężyste właściwości naczynia	64
3.8. Mechaniczna i elektryczna czynność serca	67
3.8.1. Praca, moc i wydajność serca	68
3.8.2. Efekty akustyczne w układzie krążenia, tony serca	69
3.9. Przewodzenie pobudzenia w układzie bódźcprzewodzącym serca	70
4. Biofizyka układu oddechowego – Leszek Kubisz, Kazimierz Narożny	75
4.1. Rola układu oddechowego w organizmie człowieka	75
4.2. Mechanizm wentylacji płuc	75
4.2.1. Czynność wentylacyjna płuc	75
4.2.2. Spirometria	77
4.3. Właściwości sprężyste tkanki płucnej i rola napięcia powierzchniowego	77
4.4. Praca wykonywana przez układ oddechowy, opory dróg oddechowych i podatność płuc	80
4.5. Wymiana gazowa	81
4.5.1. Rozpuszczalność gazów	81
4.5.2. Wymiana gazowa	82
5. Biofizyka układu wydalniczego – Sławomir Grzegorzczyn	85
5.1. Wodne środowisko elektrolityczne organizmu człowieka	85
5.2. Zjawisko dyfuzji i osmozy	87
5.3. Zjawiska filtracji i ultrafiltracji	88
5.4. Elementy składowe układu wydalniczego i ich rola	90
5.5. Wspomaganie czynności nerek	91
6. Biofizyka układu nerwowego – Paweł Kowalczyk, Dariusz Szukiewicz	95
6.1. Budowa błony komórkowej i jej elektryczny model zastępczy	95
6.2. Potencjał spoczynkowy, wzór Goldmana	99
6.3. Potencjał czynnościowy, warunki powstania, prądy jonowe, bodziec, próg pobudzenia, zjawisko akomodacji, refrakcja względna i bezwzględna	101
6.3.1. Prąd sodowy	103
6.4. Potencjał spoczynkowy i czynnościowy komórek kurczliwych oraz komórek rozrusznikowych	104
6.4.1. Mięsień sercowy	104
6.4.2. Komórki rozrusznikowe	107
6.5. Propagacja potencjału czynnościowego wzdłuż aksonu, prędkość propagacji a średnica włókna, wpływ osłonek mielinowych	109
6.5.1. Połączenia synaptyczne: pobudzenie i hamowanie w synapsach	113
6.5.2. Potencjały lokalne, sumowanie czasowe i sumowanie przestrzenne	119
6.5.3. Przetwarzanie bodźca i kodowanie jego amplitudy	121
6.6. Subiektywne odczucie bodźca, prawo Fechnera, prawo Webera–Fechnera, prawo Stevensa	123
6.7. Neuron formalny, funkcja przenoszenia	124
7. Biofizyka zmysłu słuchu	129
7.1. Dźwięk jako zjawisko fizyczne i psychofizyczne – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	129
7.1.1. Wprowadzenie	129
7.1.2. Ruch drgający	129
7.1.3. Fala akustyczna	132
7.1.4. Dźwięki proste i złożone	133
7.1.5. Parametry psychofizyczne dźwięku	134
7.1.6. Fale akustyczne i mechaniczne w układzie słuchowym	137
7.2. Anatomia i fizjologia narządu słuchu – Marta Urbaniak-Olechnik, Dorota Hojan-Jeziarska	139
7.2.1. Wprowadzenie	139
7.2.2. Budowa i funkcjonowanie narządu słuchu	140

7.3.	Metody badania słuchu – <i>Dorota Hojan-Jeziarska</i>	149
7.3.1.	Wprowadzenie	149
7.3.2.	Schorzenia narządu słuchu	150
7.3.3.	Wybrane metody badań ubytków słuchu	150
7.4.	Lokalizacja dźwięków – <i>Wawrzyniec Loba, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz</i>	152
7.4.1.	Modele lokalizacji dźwięków	152
7.4.2.	Lokalizacja w płaszczyźnie horyzontalnej	154
7.4.3.	Lokalizacja w płaszczyźnie wertykalnej	154
7.4.4.	Metody diagnostyki kierunkowości słuchu	155
7.4.5.	Zaburzenia lokalizacji związane z ubytkiem słuchu	156
7.4.6.	Zastosowanie kliniczne badań lokalizacji dźwięków	157
7.5.	Korekcje wad słuchu – <i>Radosław Kruzel, Dorota Hojan-Jeziarska</i>	157
7.5.1.	Wprowadzenie	157
7.5.2.	Aparaty słuchowe	157
7.5.3.	Reguły dopasowania aparatów słuchowych	159
7.5.4.	Implanty słuchowe	159
7.5.5.	Inne pomoce słuchowe	160
7.6.	Głos i mowa – <i>Agnieszka Garstecka, Anna Sinkiewicz</i>	160
7.6.1.	Głos	160
7.6.2.	Mowa	163
8.	Biofizyka zmysłu wzroku – <i>Andrzej Styszyński, Leszek Kubisz</i>	165
8.1.	Wprowadzenie	165
8.2.	Podstawy optyki geometrycznej	166
8.2.1.	Prawa odbicia i załamania	166
8.2.2.	Zjawisko całkowitego odbicia wewnętrznego	167
8.2.3.	Załamanie światła w pryzmacie	168
8.2.4.	Załamanie światła na powierzchni sferycznej	169
8.2.5.	Soczewki	169
8.3.	Budowa i czynność gałki ocznej	175
8.3.1.	Błona zewnętrzna	176
8.3.2.	Błona środkowa	177
8.3.3.	Błona wewnętrzna	178
8.3.4.	Komory gałki ocznej	178
8.3.5.	Soczewka oka	180
8.3.6.	Ciało szkliste	180
8.3.7.	Mięśnie gałki ocznej	181
8.3.8.	Narząd łzowy	181
8.4.	Percepcja wzrokowa	182
8.4.1.	Etapy percepcji wzrokowej	182
8.4.2.	Droga wzrokowa	186
8.4.3.	Odruch źreniczny	188
8.5.	Oko miarowe i wady wzroku	189
8.5.1.	Układ optyczny oka	189
8.5.2.	Wady wzroku	189
8.5.3.	Zasada korekcji okularowej	191
8.5.4.	Amplituda akomodacji	193
8.6.	Metody badania refrakcji	195
8.6.1.	Subiektywne metody badania refrakcji	195
8.6.2.	Obiektywne metody badania refrakcji	196
8.7.	Ocena sprawności układu wzrokowego	196
8.7.1.	Ostrość wzroku	196
8.7.2.	Pole widzenia	198
8.8.	Widzenie obuoczne	200
8.8.1.	Mechanizm widzenia obuocznego	200
8.8.2.	Korespondujące miejsca siatkówek	200
8.8.3.	Stopnie widzenia obuocznego	201
8.8.4.	Ruchy gałek ocznych	201
8.8.5.	Postrzeganie przestrzenne	205

8.9.	Widzenie barwne	207
8.10.	Fotometria	209
8.11.	Soczewki kontaktowe	211
8.12.	Chirurgiczna korekcja wad wzroku	212
9.	Biofizyka narządu ruchu	215
9.1.	Biofizyka tkanki mięśniowej – <i>Maria Karpińska</i>	215
9.1.1.	Mechanizm powstawania skurczu komórek mięśniowych	215
9.1.2.	Prawo Hilla, energetyka mięśnia, moc mięśnia	220
9.2.	Biomechanika – <i>Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz</i>	222
9.2.1.	Wprowadzenie	222
9.2.2.	Podstawy biomechaniki	223
9.2.3.	Biomechanika unieruchamiania złamań, protezy, ortezy	229
9.2.4.	Biomechanika chodu, biegu i skoku	229
III.	WPŁYW FIZYCZNYCH CZYNNIKÓW ŚRODOWISKOWYCH NA CZŁOWIEKA	233
10.	Wpływ promieniowania z zakresu pól elektro-magnetycznych – <i>Michał Penkowski, Piotr Boguś</i>	235
10.1.	Właściwości elektryczne komórek i tkanek	235
10.2.	Własności magnetyczne materii	239
10.3.	Charakterystyka i powstawanie promieniowania	240
10.3.1.	Naturalne źródła promieniowania	241
10.3.2.	Sztuczne źródła promieniowania	241
10.4.	Dozymetria promieniowania elektromagnetycznego	244
10.5.	Ochrona przed promieniowaniem elektromagnetycznym z zakresu fal radiowych	245
10.6.	Własności wybranych biomateriałów	247
10.7.	Oddziaływanie fal elektromagnetycznych na organizmy żywe	248
10.8.	Zastosowanie promieniowania elektromagnetycznego w diagnostyce	249
10.9.	Przemysłowe zastosowania promieniowania elektromagnetycznego	249
10.10.	Zastosowanie promieniowania elektromagnetycznego w terapii	250
11.	Promieniowania niejonizujące: nadfioletowe, widzialne i podczerwone. Właściwości i zastosowania biomedyczne – <i>Stefan Kruszewski, Michał Cyrankiewicz, Bogumiła Kupcewicz, Blanka Ziomkowska, Maciej Bosek</i>	253
11.1.	Wprowadzenie	253
11.2.	Światło i jego właściwości	254
11.2.1.	Interferencja światła	256
11.2.2.	Dyfrakcja światła	258
11.2.3.	Monochromatyzacja światła	258
11.2.4.	Polaryzacja światła	259
11.2.5.	Źródła światła	262
11.3.	Oddziaływanie światła z atomami i molekułami	263
11.3.1.	Absorpcjometria	263
11.3.2.	Absorpcja światła przez molekuły (cząsteczki)	265
11.3.3.	Zjawisko rozpraszania światła	266
11.3.4.	Zjawisko fotoluminescencji	267
11.3.5.	Spektroskopia w podczerwieni	271
11.4.	Oddziaływanie promieniowania niejonizującego z tkankami	274
11.5.	Diagnostyka i terapia fotodynamiczna	277
11.6.	Plazmonowa fototerapia (PPTT)	279
11.7.	Lasery i ich zastosowania biomedyczne	280
11.7.1.	Budowa lasera	280
11.7.2.	Przegląd laserów	282
11.7.3.	Oddziaływanie światła laserowego z tkankami	283
11.7.4.	Wybrane przykłady medycznych zastosowań laserów	284
11.7.5.	Bezpieczeństwo pracy z laserami	287
12.	Wpływ promieniowania jonizującego	289
12.1.	Charakterystyka promieniowania jonizującego – <i>Anna Zajac-Woźnialis, Leszek Kubisz</i>	289
12.1.1.	Jonizacja właściwa, LET	290

12.1.2.	Promieniotwórczość naturalna i sztuczna	291
12.1.3.	Oddziaływanie promieniowania jonizującego (X, n, p, α , β , γ) z materią – zjawiska fizyczne	300
12.2.	Dozymetria promieniowania jonizującego – <i>Jerzy Nowak, Piotr Boguś</i>	305
12.2.1.	Wielkości opisujące wiązki promieniowania jonizującego	306
12.2.2.	Transfer energii wiązek fotonowych do ośrodka materialnego	307
12.2.3.	Transfer energii cząstek naładowanych do ośrodka materialnego	309
12.2.4.	Pomiar i wyznaczanie dawki pochłoniętej	311
12.2.5.	Dawka promieniowania w zagadnieniach ochrony przed promieniowaniem oraz radioterapii	315
12.2.6.	Inne metody wyznaczania dawek pochłoniętych	316
12.3.	Podstawy radioterapii i radiobiologii – <i>Jerzy Nowak, Piotr Boguś</i>	317
12.3.1.	Eksperymentalne i teoretyczne podstawy radioterapii onkologicznej	317
12.3.2.	Podstawy radiobiologii	319
12.3.3.	Radioliza wody	320
13.	Wpływ czynników mechanicznych na organizm	327
13.1.	Wpływ na organizm przyspieszenia i przeciążenia – <i>Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz</i>	327
13.2.	Wpływ na organizm podwyższonego i obniżonego ciśnienia – <i>Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz</i>	328
13.2.1.	Choroba wysokościowa	328
13.2.2.	Choroba dekompresyjna	330
13.2.3.	Zatrucie azotem, tlenem, dwutlenkiem węgla	330
13.3.	Wpływ drgań oraz fal sprężystych na organizm i tkanki	330
13.3.1.	Wpływ drgań na organizm człowieka – <i>Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz</i>	331
13.3.2.	Wpływ fal sprężystych – <i>Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz</i>	331
13.3.3.	Charakterystyka tkanek jako ośrodków – <i>Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz</i>	332
13.3.4.	Oddziaływanie fal ultradźwiękowych z tkankami – <i>Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz</i>	333
13.3.5.	Wykorzystanie fal mechanicznych w terapii: fala uderzeniowa, sonoterapia – <i>Małgorzata Chochowska</i>	337
13.4.	Właściwości mechaniczne tkanek i materiałów stomatologicznych	342
13.4.1.	Wprowadzenie do analizy właściwości mechanicznych tkanek – <i>Tomasz Trzeciak</i>	342
13.4.2.	Właściwości mechaniczne biomateriałów stosowanych w stomatologii – <i>Beata Czarnecka</i>	346
14.	Wpływ temperatury na organizm człowieka	351
14.1.	Wpływ temperatury na szybkość procesów biologicznych – <i>Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	351
14.2.	Źródło energii organizmu żywego – <i>Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	352
14.3.	Rozkład temperatury w organizmie człowieka – <i>Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	352
14.4.	Mechanizmy transportu ciepła w organizmie i wymiany ciepła z otoczeniem – <i>Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	353
14.4.1.	Przewodnictwo cieplne	353
14.4.2.	Konwekcja	354
14.4.3.	Parowanie	354
14.4.4.	Promieniowanie	354
14.5.	Podstawy termoregulacji – <i>Leszek Kubisz, Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	355
14.5.1.	Homojo- hiper- i hipotermia	356
14.5.2.	Szybkość przemiany materii i biokalorymetria	357
14.6.	Właściwości termiczne tkanek i wybranych biomateriałów – <i>Beata Czarnecka</i>	359
14.6.1.	Rozszerzalność cieplna	359
14.6.2.	Przewodność cieplna	359
14.7.	Termoterapia – <i>Małgorzata Chochowska</i>	360
14.7.1.	Ciepłolecznictwo	360
14.7.2.	Zimnolecznictwo i krioterapia	362

IV. PODSTAWY BIOFIZYCZNE METOD OBRAZOWANIA	365
15. Metody wykorzystujące czynniki mechaniczne	367
15.1. Ultrasonografia – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz, Anna Marcinkowska-Gapińska	367
15.1.1. Budowa i zasada działania sondy ultradźwiękowej – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	367
15.1.2. Kształt wiązki ultradźwiękowej, ogniskowanie wiązki – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	369
15.1.3. Zdolność rozdzielcza – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	370
15.1.4. Głębokość wnikania – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	370
15.1.5. Cień i okno akustyczne – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	371
15.1.6. Echogeniczność i środki kontrastujące – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	372
15.1.7. Rekonstrukcja obrazu w ultrasonografii – Anna Majewska, Dorota Hojan-Jeziarska, Leszek Kubisz	372
15.1.8. Ultrasonografia dopplerowska – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	374
15.1.9. Echokardiografia i jej rodzaje – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	377
15.1.10. Efekty biologiczne ultradźwięków – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	378
15.1.11. Zagrożenia i korzyści z badań USG – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	379
15.1.12. Zastosowanie ultrasonografii w przekroju specjalizacji medycznych – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	380
15.2. Rejestracja dźwięków i drgań w układach biologicznych – Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz, Anna Marcinkowska-Gapińska	380
15.2.1. Posturografia – Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz	381
15.2.2. Wibrometria laserowa – Weronika Kawalkiewicz, Leszek Kubisz	382
15.2.3. Mechanoardiografia – Anna Marcinkowska-Gapińska	384
15.3. Reologia – Anna Marcinkowska-Gapińska, Leszek Kubisz	384
15.3.1. Reologiczna klasyfikacja płynów	385
15.3.2. Pomiar reologiczne	387
15.3.3. Zastosowanie badań reologicznych w medycynie	388
16. Elektrografia i metody impedancyjne	391
16.1. Podstawy elektrodiagnostyki – Aleksandra Król	391
16.1.1. Badanie przewodnictwa nerwowego	391
16.1.2. Podział metod elektrodiagnostycznych	394
16.1.3. Czynniki fizjologiczne wpływające na przewodnictwo nerwowe	396
16.2. Wybrane badania elektrofizjologiczne – Olgierd Stieler, Dariusz Komar, Dorota Hojan-Jeziarska	396
16.2.1. Potencjały wywołane drogi słuchowej	396
16.2.2. Elektroencefalografia (EEG)	399
16.2.3. Elektromiografia (EMG) i elektroneurografia (ENG)	402
16.3. Rejestracja aktywności elektrycznej serca	404
16.3.1. Oś elektryczna serca i jej wyznaczanie – Piotr Białasiewicz	404
16.3.2. Elektrokardiografia (EKG) – Anna Marcinkowska-Gapińska	406
16.3.3. Magnetokardiografia – Anna Marcinkowska-Gapińska	411
16.4. Metody impedancyjne	412
16.4.1. Tomografia impedancyjna – Dariusz Nowak, Michał Nowak	412
16.4.2. Pletyzmografia impedancyjna – Tadeusz Nawarycz	416
17. Tomografia i spektroskopia NMR – Maria Karpińska	425
17.1. Wprowadzenie	425
17.2. Zjawisko jądrowego rezonansu magnetycznego	425
17.2.1. Moment magnetyczny jądra atomowego μ	425
17.2.2. Moment pędu (spin) jądra atomowego K	425
17.2.3. Precesja momentu magnetycznego w polu magnetycznym	426
17.2.4. Wykrywanie rezonansu	428

17.3.	Tomografia NMR	430
17.3.1.	Kodowanie częstotliwościowe	430
17.3.2.	Środki kontrastujące w NMR	431
17.3.3.	Kwestie bezpieczeństwa związane z NMR	431
17.4.	Spektroskopia NMR	431
17.4.1.	Przesunięcie chemiczne	431
17.4.2.	Spektroskopia NMR w biochemii i medycynie	432
18.	Metody oparte na promieniowaniu jonizującym	433
18.1.	Rentgenodiagnostyka i tomografia rentgenowska – <i>Witold Skrzyński, Tomasz Piotrowski</i>	433
18.1.1.	Podstawy procesu obrazowania i klasyfikacja metod obrazowania rentgenowskiego	433
18.1.2.	Parametry opisujące jakość obrazu	434
18.1.3.	Lampa rentgenowska i wiązka promieniowania	437
18.1.4.	Metody obrazowania rentgenodiagnostycznego	439
18.1.5.	Dawki w rentgenodiagnostyce i radiologii zabiegowej	446
18.2.	Metody obrazowania w medycynie nuklearnej – <i>Katarzyna Karmelita-Katulska</i>	446
18.2.1.	Radiofarmaceutyki	446
18.2.2.	Scyntygrafia	448
18.2.3.	Tomografia SPECT	450
18.2.4.	Tomografia PET	452
19.	Metody oparte na promieniowaniu z zakresu IR-VIS-UV	455
19.1.	Mikroskopia – <i>Michał Cyrankiewicz, Stefan Kruszewski, Marta Napiórkowska-Mastalerz, Maciej Bosek</i>	455
19.1.1.	Budowa mikroskopu optycznego	455
19.1.2.	Apertura numeryczna. Zdolność rozdzielcza mikroskopu	457
19.1.3.	Techniki mikroskopii transmisyjnej	459
19.1.4.	Mikroskopia fluorescencyjna	462
19.1.5.	Mikroskopia skaningowa	464
19.1.6.	Zaawansowane techniki mikroskopii fluorescencyjnej	465
19.1.7.	Mikroskopia superrozdzielcza	466
19.1.8.	Mikroskopia elektronowa	471
19.2.	Tomografia optyczna – <i>Michał Cyrankiewicz, Stefan Kruszewski, Marta Napiórkowska-Mastalerz, Maciej Bosek</i>	473
19.2.1.	Optyczna tomografia koherentna	473
19.2.2.	Mikroangiografia optyczna	475
19.3.	Endoskopia – <i>Michał Cyrankiewicz, Stefan Kruszewski, Marta Napiórkowska-Mastalerz, Maciej Bosek</i>	476
19.3.1.	Światłowod	477
19.3.2.	Endoskopy giętkie	478
19.3.3.	Wideoendoskopia	479
19.4.	Termografia – <i>Michał Cyrankiewicz, Stefan Kruszewski, Marta Napiórkowska-Mastalerz, Maciej Bosek</i>	479
19.5.	Funkcjonalna spektroskopia bliskiej podczerwieni – <i>Karolina Jezierska, Wojciech Podraza</i>	480
19.5.1.	Budowa urządzenia; układ źródło–detektor	481
19.5.2.	Zmodyfikowane prawo Lamberta–Beera	482
19.5.3.	Sprzężenie nerwowo-naczyniowe	483
Skorowidz	487	