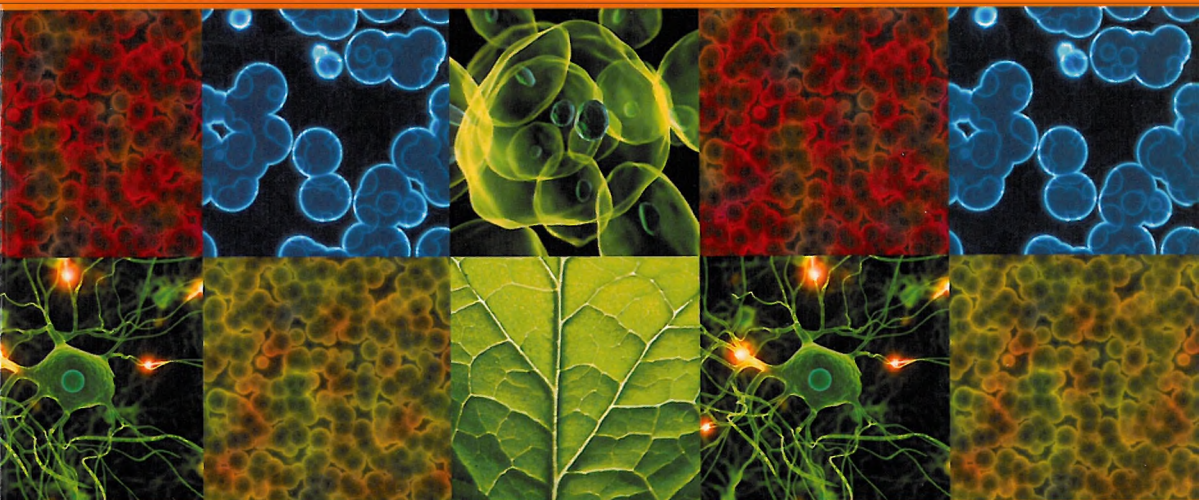


Biofizyka

Redakcja naukowa **Feliks Jaroszyk**



Biofizyka

Podręcznik dla studentów

Redakcja naukowa

prof. zw. dr hab. **Feliks Jaroszyk**

Wydanie II uaktualnione i rozszerzone



SPIS TREŚCI

Wstęp – <i>Feliks Jaroszyk</i>	21
CZĘŚĆ I. PODSTAWY TEORETYCZNE BIOFIZYKI	23
Budowa materii	24
Rozdział 1. Hierarchiczność budowy żywych organizmów – <i>Feliks Jaroszyk</i>	24
Rozdział 2. Elementy teorii kwantów i budowy powłoki elektronowej atomu – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	25
2.1. Rozwój poglądów na istotę promieniowania świetlnego i fal materii	25
2.2. Zasada nieoznaczoności Heisenberga	28
2.3. Determinizm i indeterminizm w fizyce klasycznej i kwantowej	30
2.4. Powłoka elektronowa	31
2.4.1. Zjawisko absorpcji i emisji fotonów	31
2.4.2. Widmo charakterystyczne promieni Roentgena. Prawo Moseleya	33
2.4.3. Opis powłoki elektronowej za pomocą mechaniki kwantowej	34
2.4.4. Postulat Pauliego. Tablica okresowa pierwiastków	39
Rozdział 3. Jądro atomowe – <i>Marian Kucharski</i>	41
3.1. Składniki jądra atomowego	42
3.2. Energia wiązania jądra. Siły jądrowe	43
3.3. Rozpad promieniotwórczy	45
3.3.1. Rozpad α	46
3.3.2. Rozpad β	48
3.3.3. Przemiana γ	49
3.3.4. Promieniotwórczość naturalna	50
3.3.5. Reakcje jądrowe. Sztuczne izotopy promieniotwórcze	51
3.4. Detekcja promieniowania jądrowego (cząstek α , β , fotonów γ)	53
3.5. Wyzwalanie energii jądrowej	56
3.5.1. Rozszczepienie ciężkich jąder	56
3.5.2. Synteza termojądrowa	58
Rozdział 4. Cząsteczka – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	59
4.1. Oddziaływania wewnątrzcząsteczkowe	59
4.1.1. Wiązania jonowe	61

4.1.2. Wiązania kowalencyjne	62
4.1.3. Charakter kierunkowy i nasyceniowy wiązań kowalencyjnych	63
4.1.4. Wiązanie koordynacyjne	67
4.2. Oddziaływania międzycząsteczkowe	67
4.2.1. Oddziaływanie van der Waalsa	67
4.2.2. Oddziaływania specyficzne	69
4.3. Energie oraz widma cząsteczek	70
4.3.1. Rodzaje energii cząsteczek	70
4.3.2. Widma cząsteczkowe	71
4.4. Rozpraszanie światła i jego zastosowania w badaniach cząsteczek	73
4.4.1. Rozpraszanie Rayleigha	73
4.4.2. Rozpraszanie Ramana	73
4.4.3. Dynamiczne rozpraszanie światła (DLS)	74
Rozdział 5. Związki wielkocząsteczkowe	75
5.1. Informacje wstępne – <i>Feliks Jaroszyk</i>	75
5.2. Pojęcia ogólne o polimerach i biopolimerach – <i>Feliks Jaroszyk</i>	76
5.3. Zastosowanie polimerów w medycynie i stomatologii – <i>Honorata Shaw, Beata Czarnecka, Dariusz Włodarczyk</i>	79
5.4. Podstawy fizyczne materiałoznawstwa stomatologicznego – <i>Honorata Shaw, Beata Czarnecka, Dariusz Włodarczyk</i>	83
Rozdział 6. Stany skupienia materii	90
6.1. Kryteria podziału – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	90
6.1.1. Właściwości sprężyste	91
6.1.2. Właściwości strukturalne	92
6.2. Płyny. Podstawowe prawa fizyczne – <i>Feliks Jaroszyk</i>	94
6.2.1. Stan gazowy. Stan ciekły. Fizyczne pojęcie płynu	94
6.2.2. Wybrane prawa fizyczne płynów doskonałych i rzeczywistych	95
6.3. Struktura i właściwości fizyczne wody – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	110
6.4. Stany powierzchniowe – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	114
6.4.1. Energia powierzchniowa	114
6.4.2. Napięcie powierzchniowe. Prawo Laplace’a	115
6.4.3. Zjawiska powierzchniowe	116
6.4.4. Parachora	119
6.5. Stan stały – <i>Piotr Piskunowicz</i>	120
6.5.1. Ciała krystaliczne i amorficzne	120
6.5.2. Stan krystaliczny	123
6.6. Roztwory stałe. Stopy – <i>Piotr Piskunowicz</i>	138
Biodynamika. Podstawy bioenergetyki i termokinetyki	143
Rozdział 7. Biodynamika	143
7.1. Wstęp – <i>Feliks Jaroszyk</i>	143
7.2. Pojęcia podstawowe dotyczące układów i procesów termodynamicznych – <i>Feliks Jaroszyk</i>	144
7.2.1. Układ termodynamiczny	144
7.2.2. Rodzaje procesów termodynamicznych	146
7.3. Pierwsza zasada termodynamiki. Entalpia. Prawo Hessa – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	149
7.4. Druga zasada termodynamiki – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	152
7.4.1. Prawdopodobieństwo termodynamiczne	152

7.4.2.	Entropia. Druga zasada termodynamiki	153
7.5.	Trzecia zasada termodynamiki – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	156
7.6.	Energia swobodna. Entalpia swobodna – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	157
7.6.1.	Energia swobodna	157
7.6.2.	Entalpia swobodna	158
7.6.3.	Procesy egzoergiczne i endoergiczne. Przykłady	159
7.6.4.	Wartości standardowe wybranych funkcji stanu	162
7.7.	Energia swobodna i entalpia swobodna gazu doskonałego – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	162
7.7.1.	Izotermiczne rozprężenie gazu doskonałego	163
7.7.2.	Mieszanie gazów. Roztwory	164
7.8.	Potencjał chemiczny – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	165
7.8.1.	Potencjał chemiczny. Współczynnik aktywności	165
7.8.2.	Zjawiska transportu masy	167
	7.8.2.1. Dyfuzja	167
	7.8.2.2. Dyfuzja przez błonę	169
	7.8.2.3. Osmoza	169
7.9.	Zastosowanie termodynamiki do opisu reakcji chemicznych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	172
7.9.1.	Rodzaje reakcji chemicznych	172
7.9.2.	Kierunek reakcji. Równowaga chemiczna	174
7.9.3.	Kinetyka chemiczna. Energia aktywacji	175
7.10.	Zasady termodynamiki w procesach biologicznych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	178
7.10.1.	Pierwsza zasada termodynamiki w procesach biologicznych	178
7.10.2.	Druga zasada termodynamiki w procesach biologicznych	183
7.11.	Zagadnienia termodynamiki nierównowagowej	185
7.11.1.	Wstęp – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	185
7.11.2.	Stan stacjonarny – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	186
7.11.3.	Procesy sprzężone. Dyssypacja energii – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	188
7.11.4.	Przykłady procesów sprzężonych – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	190
	7.11.4.1. Termodyfuzja	190
	7.11.4.2. Filtracja i ultrafiltracja	192
7.11.5.	Zastosowania medyczne transportu błonowego. Sztuczna nerka – <i>Henryk Kowalski</i>	196
	7.11.5.1. Kliniczne aspekty dyfuzji i ultrafiltracji w hemodializie	196
	7.11.5.2. Teoretyczne podstawy dializy zewnątrzustrojowej	197
	7.11.5.3. Budowa i właściwości dializatorów	201
	7.11.5.4. Aparatura	205
	7.11.5.5. Dializa otrzewnowa	206
7.11.6.	Procesy transportu ładunków elektrycznych. Zjawiska bioelektryczne – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	207
	7.11.6.1. Potencjał elektrochemiczny	208
	7.11.6.2. Potencjał elektrodowy	208
	7.11.6.3. Potencjał dyfuzyjny	211
	7.11.6.4. Potencjał błonowy	212
	7.11.6.5. Równowaga Donnana	213
7.11.7.	Rozwój i ewolucja. Fluktuacje i struktury dyssypacyjne – <i>Feliks Jaroszyk, Andrzej Pilawski</i>	214

Rozdział 8. Podstawy bioenergetyki i termokinetyki	217
8.1. Podstawy bioenergetyki – <i>Feliks Jaroszyk</i>	217
8.1.1. Wstęp	217
8.1.2. Procesy oksydoredukcyjne	219
8.1.3. Zarys teorii chemiosmotycznej Mitchella	223
8.2. Podstawy termokinetyki – <i>Feliks Jaroszyk</i>	229
8.2.1. Mechanizmy transportu ciepła	229
8.2.1.1. Przewodnictwo ciepłe	229
8.2.1.2. Konwekcja	231
8.2.1.3. Promieniowanie	234
8.2.1.4. Parowanie	237
8.2.1.5. Bezwymiarowe liczby podobieństwa	238
8.2.2. Straty ciepłe	239
8.2.2.1. Pole temperaturowe żywych organizmów stałocięplnych	239
8.2.2.2. Mechanizmy transportu ciepła wewnątrz i na zewnątrz żywych organizmów stałocięplnych	241
8.2.2.3. Wskaźniki środowiskowe. Bilans energii cieplnej organizmów stałocięplnych	243
8.2.2.4. Straty ciepłe wyrażone przez wskaźniki środowiskowe	245
8.3. Termografia – <i>Feliks Jaroszyk, Piotr Piskunowicz</i>	249
8.3.1. Wstęp	249
8.3.2. Podstawy fizyczne termografii	250
8.3.3. Termograf AGA-Thermovision	255
8.3.4. Główne zastosowania kliniczne termografii	256

Elementy teorii informacji i sterowania. Teoria chaosu i jej zastosowania w medycynie. Modelowanie w biofizyce i medycynie	258
---	-----

Rozdział 9. Elementy teorii informacji i sterowania – <i>Wojciech Warchoła, Teodor Świdziński, Feliks Jaroszyk</i>	258
9.1. Wstęp	258
9.2. Niektóre zagadnienia teorii informacji	258
9.2.1. Przepływ informacji – łącze informacyjne	258
9.2.2. Miara informacji. Nieokreśloność układu. Negentropia	259
9.2.3. Inne wielkości związane z teorią informacji. Kodowanie. Redundancja	261
9.3. Kodowanie informacji	262
9.3.1. Kodowanie informacji w receptorze	262
9.3.2. Przetwarzanie informacji w receptorach	263
9.4. Układ cybernetyczny. Transformacja sygnałów. Operatory	266
9.4.1. Układy dyskretne	268
9.4.2. Operatory działaniowe, funkcyjne oraz operatory układów dynamicznych	269
9.4.3. Sposoby badania układów cybernetycznych nazywanych „czarną skrzynką”	270
9.4.4. Łączenie układów cybernetycznych	273
9.5. Sterowanie i regulacja	274
9.5.1. Sterowanie stężeniem leku w układzie jednokompartmetycznym	274
9.5.2. Regulacja. Układy ze sprzężeniem zwrotnym	276
9.5.3. Układ regulacji automatycznej z ujemnym sprzężeniem zwrotnym	278
9.6. Układy regulacji ze sprzężeniami dodatkowymi	279
9.7. Homeostaza. Adaptacja. Antagonistyczny układ ultrastabilny	281

Rozdział 10. Teoria chaosu i jej zastosowania w medycynie – Piotr Jaśkowski	284
10.1. Elementy teorii chaosu	284
10.1.1. Układy dynamiczne	284
10.1.1.1. Przestrzeń fazowa	285
10.1.1.2. Atraktor	286
10.1.1.3. Układy stochastyczne	286
10.1.2. Prosty model rozwoju populacji	286
10.1.2.1. Droga do chaosu	289
10.1.3. Własności sygnału i atraktora układu chaotycznego	290
10.1.4. Fraktalna geometria atraktora	291
10.1.5. Wymiar	293
10.1.6. Charakterystyka układów chaotycznych	294
10.2. Jak odróżnić układ chaotyczny od stochastycznego?	294
10.2.1. Układy chaotyczne w biologii i medycynie	295
Rozdział 11. Modelowanie biofizyczne w biologii i medycynie – Bolesław Turczyński	296
11.1. Wstęp	296
11.2. Rodzaje modeli	297
11.2.1. Modele biologiczne	297
11.2.2. Modele fizyczne	297
11.2.3. Modele analogowe	297
11.2.4. Modele matematyczne	300
11.2.4.1. Modele statyczne	300
11.2.4.2. Modele dynamiczne	301
CZĘŚĆ II. BIOFIZYKA UKŁADÓW BIOLOGICZNYCH	307
Podstawy biofizyki molekularnej komórek i tkanek	308
Rozdział 12. Elementy biofizyki molekularnej – Bartłomiej Kwiatkowski	308
12.1. Podstawowe rodzaje makrocząsteczek biologicznych	308
12.1.1. Białka	308
12.1.2. Kwasy nukleinowe	311
12.1.3. Lipidy	314
12.2. Wybrane metody preparatywne i analityczne biofizyki molekularnej	315
12.2.1. Sączenie żelowe	316
12.2.2. Metody oparte na wirowaniu	318
12.2.3. Elektroforeza	322
12.3. Niektóre metody fizyczne badania struktury makrocząsteczek	325
12.3.1. Rentgenografia	325
12.3.2. Spektroskopia molekularna	327
12.3.2.1. Spektroskopia elektronowa (UV/VIS)	328
12.3.2.2. Spektropolarymetria	331
12.3.2.3. Spektroskopia w podczerwieni (IR)	334
12.3.3. Reometria kwasów nukleinowych i białek	336
Rozdział 13. Wstęp do biofizyki komórki	338
13.1. Budowa błony komórkowej – Marek Tuliszka	338
13.2. Transport przez błony – Marek Tuliszka	342

13.2.1. Klasyfikacja procesów transportu	343
13.2.2. Białka pośredniczące w transporcie przez błony	344
13.2.3. Charakterystyki transportu aktywnego i biernego	345
13.2.4. Rola transportu aktywnego w regulacji ciśnienia osmotycznego	348
13.2.5. Dynamika procesów transportu	349
13.3. Potencjał spoczynkowy – <i>Leszek Kubisz</i>	351
13.4. Model elektryczny błony komórkowej – <i>Leszek Kubisz</i>	355
Rozdział 14. Biofizyka tkanek	357
14.1. Biofizyka tkanki nerwowej – <i>Krzysztof Michalak, Piotr Piskunowicz</i>	357
14.1.1. Potencjał czynnościowy komórki. Rola jonów sodu i potasu	357
14.1.2. Warunki powstawania potencjałów czynnościowych	364
14.1.3. Rozprzestrzenianie się potencjału czynnościowego	370
14.1.4. Zjawiska zachodzące na synapsach	372
14.1.5. Przetwarzanie informacji w procesie odczuwania bodźca	374
14.1.6. Przetwarzanie informacji przez sieci neuronowe	382
14.2. Biofizyka tkanki mięśniowej	389
14.2.1. Mechanizm powstawania skurczu komórek mięśniowych – <i>Anna Kostrzewska</i>	389
14.2.1.1. Wstęp	389
14.2.1.2. Ułożenie białek kurczliwych w komórkach mięśniowych	389
14.2.1.3. Ślizgowa teoria skurczu	392
14.2.1.4. Sprzężenie pobudzenia ze skurczem	395
14.2.1.5. Przenoszenie pobudzenia w komórkach mięśni poprzecznie prążkowanych	395
14.2.1.6. Przenoszenie pobudzenia w komórkach mięśni gładkich	398
14.2.2. Właściwości mechaniczne mięśnia – <i>Piotr Piskunowicz</i>	402
14.2.2.1. Mięsień niepobudzony	402
14.2.2.2. Mięsień pobudzony	406
14.2.3. Energetyka mięśnia – <i>Bolesław Turczyński</i>	412
14.2.3.1. Związek pomiędzy szybkością skracania mięśnia a jego obciążeniem. Moc mięśnia	412
14.3. Biofizyka tkanki łącznej – <i>Ewa Marzec</i>	416
14.3.1. Elementy budowy tkanki łącznej	417
14.3.2. Układ białko–woda w tkance łącznej	421
14.3.3. Właściwości dielektryczne tkanki łącznej	421
14.4. Znaczenie biofizycznych właściwości tkanek w biomechanice – <i>Bolesław Turczyński</i>	425
14.4.1. Wstęp	425
14.4.2. Główne układy ruchu człowieka	426
14.4.3. Aparat kostno-stawowy	427
14.4.4. Praca i moc człowieka	431
14.4.5. Podstawowe zagadnienia i prawa związane z odkształceniami	432
14.4.6. Tkanka kostna jako materiał anizotropowy. Uogólnione prawo Hooke'a	436
14.4.7. Właściwości biomechaniczne tkanki kostnej	438
14.4.8. Wytrzymałość tkanki kostnej a ciężar ciała (obciążenie)	439
14.4.9. Modele reologiczne materiałów lepko-sprężystych i sprężysto-lepkich	443
14.4.10. Właściwości biomechaniczne mięśni	446
14.4.11. Biomechanika narządu żucia	451

Biofizyka narządów	456
Rozdział 15. Biofizyka zmysłu słuchu	456
15.1. Wstęp – <i>Aleksander Sęk</i>	456
15.2. Fizyczne podstawy drgań i fal akustycznych – <i>Aleksander Sęk</i>	457
15.2.1. Ruch drgający	457
15.2.2. Klasyfikacja sygnałów	460
15.2.3. Podstawy analizy sygnałów	463
15.2.4. Pojęcie liniowości. Filtry	468
15.2.5. Propagacja dźwięku w przestrzeni	471
15.2.6. Natężenie dźwięku. Decybel	473
15.2.7. Fala akustyczna na granicy ośrodków. Impedancja	476
15.3. Budowa i funkcjonowanie układu słuchowego – <i>Aleksander Sęk</i>	478
15.3.1. Droga fali akustycznej w układzie słuchowym	478
15.3.2. Proces przetwarzania	485
15.3.2.1. Wzmacniacz ślimakowy	485
15.3.2.2. Nieliniowość układu słuchowego	488
15.3.2.3. Emisje otoakustyczne	489
15.3.3. Nerw słuchowy	490
15.4. Percepcyjna analiza dźwięku w układzie słuchowym – <i>Aleksander Sęk</i>	491
15.4.1. Progi słyszalności i percepcja głośności	491
15.4.1.1. Progi słyszalności	491
15.4.1.2. Krzywe jednakowej głośności	493
15.4.1.3. Skalowanie głośności	493
15.4.1.4. Sumowanie w czasie. Progi różnicowe	494
15.4.2. Selektywność częstotliwościowa	495
15.4.2.1. Istota selektywności częstotliwości	495
15.4.2.2. Wstęga krytyczna. Filtry słuchowe	496
15.4.2.3. Percepcja barwy	500
15.4.2.4. Głośność a selektywność częstotliwościowa	501
15.4.3. Percepcja wysokości	502
15.4.3.1. Wysokość tonów. Skalowanie wysokości	502
15.4.3.2. Teorie percepcji wysokości	503
15.4.3.3. Dyskryminacja częstotliwości	504
15.4.3.4. Wysokość dźwięków złożonych	505
15.4.4. Rozdzielczość czasowa ucha	506
15.4.5. Lokalizacja dźwięków	507
15.4.5.1. Czynniki lokalizacyjne wynikające z odsłuchów dwuusznych	508
15.4.5.2. Rola małżowiny usznej	509
15.4.5.3. Efekt precedensu	510
15.4.5.4. Binauralne różnice poziomu maskowania	510
15.5. Mowa – <i>Aleksander Sęk</i>	513
15.5.1. Wytwarzanie dźwięków mowy	513
15.5.2. Głoski i fonemy	516
15.5.3. Analiza dźwięków mowy. Spektrogram	516
15.5.4. Dźwięki mowy	518
15.5.5. Intonacja	521
15.6. Wady słuchu i ich korekcje – <i>Dorota Hojan-Jezińska</i>	522
15.6.1. Wstęp	522
15.6.2. Choroby narządu słuchu	522
15.6.3. Metody badań uszkodzeń słuchu	523
15.6.4. Korekcje wad słuchu	526

15.6.5.	Metody dopasowania aparatów słuchowych	530
15.6.5.1.	Procedury oparte na audiometrii tonalnej	530
15.6.5.2.	Procedury oparte na skalowaniu głośności	531
15.7.	Potencjały wywołane – <i>Piotr Świdziński, Teodor Świdziński</i>	535
15.7.1.	Badania elektrofizjologiczne	535
15.7.2.	Badanie potencjałów wywołanych drogi słuchowej	535
15.7.3.	Badanie potencjałów wywołanych drogi wzrokowej	538
15.7.4.	Badanie potencjałów wywołanych drogi węchowej	539
Rozdział 16. Biofizyka układu wzrokowego		541
16.1.	Wstęp – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	541
16.2.	Promieniowanie elektromagnetyczne – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	542
16.3.	Podstawowe prawa optyki geometrycznej – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	543
16.3.1.	Załamanie światła w pryzmacie	545
16.3.2.	Załamanie światła na powierzchni sferycznej	546
16.4.	Układ optyczny oka – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	548
16.4.1.	Wady wzroku i ich korekcja	551
16.5.	Siatkówka oka – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	556
16.5.1.	Transdukcja sygnału w siatkówce	556
16.5.2.	Wrażliwość siatkówki	559
16.5.3.	Kanały włączeniowe i wyłączeniowe w siatkówce	562
16.5.4.	Pola recepcyjne komórek zwojowych	563
16.5.5.	Wielkość pól recepcyjnych	566
16.6.	Przetwarzanie informacji wzrokowej – <i>Anna Przekoracka-Krawczyk, Piotr Jaśkowski</i>	569
16.6.1.	Funkcja czułości na kontrast	569
16.6.2.	Widzenie barwne	570
16.6.2.1.	Teoria trójchromatyczna	570
16.6.2.2.	Teoria opozycji barwnej	572
16.6.3.	Szlaki „parvo” i „magno”	576
16.6.4.	Kora wzrokowa	577
16.6.4.1.	Pierwszorzędowa kora wzrokowa (V1)	577
16.6.4.2.	Drugorzędowa kora wzrokowa	579
16.6.4.3.	Pola wzrokowe wyższego rzędu	580
16.6.5.	Dwie drogi wzrokowe	581
16.7.	Podstawy fotometrii i kolorymetrii – <i>Kamila Linkowska-Świdzińska, Teodor Świdziński</i>	583
16.7.1.	Światło i kolor w medycynie	583
16.7.2.	Zagadnienia fotometrii	585
16.7.3.	Wielkości fotometryczne	586
16.7.4.	Zagadnienia kolorymetrii – nauka o kolorze	588
Rozdział 17. Biofizyka układu oddechowego – <i>Andrzej Piławski, Kazimierz Narożny</i>		593
17.1.	Mechanizm wentylacji płuc	593
17.1.1.	Rola ciśnień wewnątrzopłucnowego i śródpecherzykowego	593
17.1.2.	Rola właściwości sprężystych tkanki płucnej i napięcia powierzchniowego warstwy powierzchniowej pęcherzyków. Histereza objętościowo-ciśnieniowa	596
17.2.	Praca wykonywana przez układ oddechowy. Moc oddechowa	600
17.3.	Wymiana gazowa	604

Rozdział 18. Biofizyka układu krążenia	608
18.1. Wstęp – <i>Piotr Piskunowicz</i>	608
18.2. Uproszczona budowa układu krążenia – <i>Piotr Piskunowicz</i>	608
18.3. Procesy transportu między układem krwionośnym a układem chłonnym – <i>Piotr Piskunowicz</i>	618
18.4. Energetyka serca – <i>Piotr Piskunowicz</i>	621
18.5. Właściwości biomechaniczne i geometryczne naczyń krwionośnych – <i>Bolesław Turczyński</i>	624
18.5.1. Właściwości bierne i czynne	624
18.5.2. Związek między naprężeniem sprężystym a właściwościami geometrycznymi naczynia krwionośnego i ciśnieniem krwi w stanie równowagi	626
18.5.3. Związek między zmianą ciśnienia krwi i zmianą naprężenia sprężystego oraz właściwości geometrycznych naczynia krwionośnego	627
18.5.4. Molekularne podstawy właściwości sprężystych naczyń krwionośnych. Napięcie czynne	629
18.5.5. Dynamika krwi	632
18.5.6. Impedancja tętnicza. Fala tętna	633
18.6. Właściwości reologiczne krwi i ich rola – <i>Bolesław Turczyński</i>	637
18.6.1. Właściwości pseudoplastyczne i tiksotropowe	637
18.6.2. Wpływ hematokrytu na lepkość krwi	642
18.6.3. Odkształcalność erytrocytów	643
18.6.4. Agregacja erytrocytów	643
18.7. Elektryczna, magnetyczna i mechaniczna aktywność serca. Metody badawcze – <i>Feliks Jaroszyk</i>	644
18.7.1. Elektryczna i magnetyczna aktywność serca	644
18.7.1.1. Elektrokardiografia	650
18.7.1.2. Magnetokardiografia	657
18.7.2. Mechaniczna czynność serca. Mechanokardiografia	662

CZĘŚĆ III. ODDZIAŁYWANIE CZYNNIKÓW FIZYCZNYCH NA ŻYWY ORGANIZM 665

Rozdział 19. Wpływ czynników mechanicznych na żywy organizm	666
19.1. Wstęp – <i>Helena Gawda</i>	666
19.2. Wpływ fal sprężystych na organizm. Wprowadzenie – <i>Helena Gawda</i>	666
19.2.1. Infradźwięki i wibracje – <i>Helena Gawda</i>	667
19.2.2. Generacje ultradźwięków – <i>Helena Gawda</i>	668
19.2.3. Parametry fal i pola ultradźwiękowego – <i>Helena Gawda</i>	669
19.2.4. Rozchodzenie się ultradźwięków w tkankach – <i>Helena Gawda</i>	672
19.2.5. Czynne i bierne działanie ultradźwięków. Przykłady zastosowania – <i>Helena Gawda</i>	675
19.2.6. Litotrypsja – <i>Helena Gawda</i>	678
19.2.7. Ultrasonografia – <i>Helena Gawda, Dariusz Włodarczyk</i>	682
19.2.8. Dopplerowskie metody badania biologicznych struktur ruchomych – <i>Helena Gawda, Dariusz Włodarczyk</i>	688
19.2.9. Ocena szkodliwości oddziaływania ultradźwięków na obiekty biologiczne – <i>Helena Gawda</i>	692
19.3. Wpływ przyspieszeń – <i>Helena Gawda</i>	697
19.3.1. Wpływ przyspieszeń podłużnych $+G_z, -G_z$	699
19.3.2. Wpływ przyspieszeń poprzecznych	700

19.3.3.	Stan nieważkości	700
19.4.	Wpływ zmienionego ciśnienia na organizm człowieka – <i>Helena Gawda</i>	701
19.4.1.	Wpływ obniżonego ciśnienia	701
19.4.2.	Wpływ podwyższonego ciśnienia	703
Rozdział 20.	Wpływ temperatury i wilgotności – <i>Feliks Jaroszyk</i>	706
20.1.	Wpływ temperatury otoczenia. Termoregulacja	706
20.1.1.	Wpływ pola temperatur na kinetykę procesów biologicznych	706
20.1.2.	Termoregulacja	710
20.1.3.	Wpływ temperatury otoczenia na pole temperatur organizmu stałocięplonego	711
20.2.	Wpływ wilgotności	713
Rozdział 21.	Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na żywy organizm – <i>Józef Terlecki</i>	715
21.1.	Właściwości elektryczne i magnetyczne	715
21.1.1.	Dielektryki	718
21.1.2.	Półprzewodniki i przewodniki	724
21.1.3.	Przewodność oraz przenikalność elektryczna komórek i tkanek	727
21.1.4.	Właściwości magnetyczne substancji	733
21.1.4.1.	Momenty magnetyczne elektronów i atomów	733
21.1.4.2.	Właściwości magnetyczne substancji biologicznych	734
21.1.4.3.	Zjawisko rezonansu magnetycznego	735
21.2.	Działanie pól elektromagnetycznych na żywe organizmy	737
21.2.1.	Oddziaływanie pól stałych i wolnozmiennych	738
21.2.2.	Oddziaływanie pól elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości – skutki termiczne	739
21.2.3.	Zagrożenia wtórne	742
21.2.4.	Ogólne zasady ochrony przed promieniowaniem elektromagnetycznym	743
Rozdział 22.	Wpływ promieniowania jonizującego na żywy organizm – <i>Tadeusz Rudnicki, Józef Terlecki</i>	745
22.1.	Wstęp	745
22.2.	Ważniejsze źródła promieniowania jonizującego	745
22.2.1.	Źródła medyczne	745
22.2.1.1.	Promieniowanie rentgenowskie	745
22.2.1.2.	Źródła promieniowania gamma	749
22.2.2.	Radionuklidy naturalne	750
22.2.3.	Obiekty jądrowe	752
22.3.	Przechodzenie promieniowania jonizującego przez substancję	755
22.3.1.	Krótki przegląd fizycznych procesów wzajemnego oddziaływania cząstek naładowanych i substancji	755
22.3.2.	Straty energii jonizacyjne	755
22.3.3.	Przechodzenie promieniowania fotonowego (rentgenowskiego, gamma) przez substancję	758
22.3.4.	Wzajemne oddziaływanie neutronów i materii	766
22.4.	Podstawowe wielkości stosowane w dozymetrii promieniowania jonizującego	766
22.5.	Działanie biologiczne promieniowania jonizującego	769
22.5.1.	Wprowadzenie	769
22.5.2.	Efekty radiobiologiczne	770
22.5.3.	Dawki graniczne promieniowania jonizującego	776
22.5.3.1.	Czy istnieją dawki bezpieczne?	776
22.5.3.2.	Dawki graniczne dla niektórych grup ludności	776

Rozdział 23. Wpływ promieniowania niejonizującego na żywy organizm	772
23.1. Charakterystyka promieniowania niejonizującego. Uwagi terminologiczne – <i>Marian Kucharski</i>	777
23.2. Wytwarzanie promieniowania niejonizującego – <i>Marian Kucharski</i>	780
23.3. Absorpcja promieniowania niejonizującego przez atomy i cząsteczki – <i>Marian Kucharski</i>	782
23.4. Zjawiska fizyczne zachodzące w cząsteczkach wzbudzonych. Fotoluminescencja. Schemat Jabłońskiego – <i>Marian Kucharski</i>	783
23.5. Reakcje fotochemiczne – <i>Marian Kucharski</i>	787
23.5.1. Przykłady biologicznie ważnych reakcji fotochemicznych	787
23.5.2. Reakcje fotochemiczne związane z ozonem atmosferycznym	789
23.6. Fotosensybilizacja. Tlen singletowy – <i>Marian Kucharski</i>	790
23.7. Melanina jako indywidualny fotoprotektor – <i>Marian Kucharski</i>	792
23.8. Fotomedycyna – <i>Marian Kucharski</i>	793
23.9. Lasery. Promieniowanie laserowe – <i>Urszula Kokowska</i>	798
23.9.1. Właściwości promieniowania laserowego	800
23.9.2. Wpływ promieniowania laserowego na tkanki	801
23.9.3. Zastosowanie laserów w medycynie i stomatologii	805
23.9.4. Światłowody	809
23.10. Wolne rodniki i antyoksydanty w zdrowym i chorym organizmie – <i>Bolesław Gonet</i>	810
23.10.1. Wolne rodniki w zdrowym organizmie	811
23.10.2. Antyoksydanty	813
23.10.3. Wolne rodniki w chorym organizmie	816
23.10.4. Metody wykrywania wolnych rodników	823
Podstawy fizyczne wybranych metod obrazowania tkanek i narządów	826
Rozdział 24. Podstawy fizyczne metod obrazowania tkanek i narządów – <i>Edward Pankowski</i>	826
24.1. Tomografia transmisyjna KT	826
24.1.1. Promienie rentgenowskie	826
24.1.1.1. Mechanizm wytwarzania promieniowania rentgenowskiego	826
24.1.1.2. Widmo promieniowania rentgenowskiego	829
24.1.1.3. Osłabianie promieniowania rentgenowskiego	833
24.1.2. Rentgenowska transmisyjna tomografia komputerowa KT	835
24.1.2.1. Rekonstrukcja obrazu w rentgenowskiej transmisyjnej tomografii komputerowej	838
24.1.2.2. Rozwój transmisyjnej tomografii komputerowej	841
24.1.2.3. Przestrzenna i gęstościowa zdolność rozdzielcza	845
24.1.2.4. Obrazowanie trójwymiarowe	846
24.1.2.5. Uboczne skutki badania za pomocą tomografii KT	847
Rozdział 25. Spektroskopia i tomografia NMR – <i>Bolesław Gonet</i>	848
25.1. Wstęp	848
25.2. Podstawy fizyczne zjawiska NMR	850
25.2.1. Relaksacja	854
25.2.2. Oddziaływanie spin–sieć. Czas relaksacji podłużnej T_1	855
25.2.3. Oddziaływanie spin–spin. Czas relaksacji poprzecznej T_2	856
25.2.4. Przekształcenie Fouriera	858
25.3. Koncepcja spektroskopii NMR	861
25.3.1. Przesunięcie chemiczne	861

25.3.2. Sprężenie spin-spin, rozprężanie spinów	862
25.4. Od spektroskopii do tomografii NMR	865
25.4.1. Skanowanie i rekonstrukcja obrazów	866
25.4.2. Parametry obrazowania MR	870
25.4.3. Możliwości diagnostyczne tomografii NMR	873
Rozdział 26. Tomografia emisyjna SPECT – Edward Pankowski	874
26.1. Wstęp	874
26.2. Jednofotonowa emisyjna tomografia komputerowa SPECT	875
26.3. Zdolność rozdzielcza	878
26.4. Lokalizacja źródeł promieniotwórczych	880
Rozdział 27. Pozytonowa emisyjna tomografia komputerowa (PET) – Edward Pankowski	882
27.1. Wstęp	882
27.2. Budowa i zasada działania tomografu emisyjnego PET	882
27.3. Znaczniki izotopowe stosowane w tomografii PET	887
27.4. Zastosowanie kliniczne tomografii emisyjnej PET	888
Dodatek – Feliks Jaroszyk	889
Polecane piśmiennictwo	897
Skorowidz	901