

Szczegółowy spis treści

1 Ewolucja, koncepcje biologii i badania naukowe 2

ZAGADNIENIE 1.1 Badania nad życiem ukazują wspólne koncepcje biologii 3

- Koncepcja: Nowe właściwości pojawiają się na kolejnych poziomach organizacji biologicznej 4
- Koncepcja: Procesy życiowe wymagają ekspresji i transmisji informacji genetycznej 6
- Koncepcja: Przeniesienie i przekształcenie energii i materii są niezbędne do życia 9
- Koncepcja: Od cząsteczek po ekosystemy – interakcje są ważne dla systemów biologicznych 9

ZAGADNIENIE 1.2 Koncepcja centralna: Ewolucja wyjaśnia jedność i różnorodność życia 11

- Klasyfikacja różnorodności życia 12
- Karol Darwin i teoria doboru naturalnego 14
- Drzewo życia 15

ZAGADNIENIE 1.3 Badając przyrodę, naukowcy formułują oraz testują hipotezy 16

- Badanie i obserwacja 17
- Zbieranie i analiza danych 17
- Formułowanie i testowanie hipotez 17
- Elastyczność procesu naukowego 18
- Studium przypadku w badaniu naukowym*: badania nad ubarwieniem sierści w populacjach gryzoni 20
- Zmienne eksperymentalne i kontrola eksperymentu 20
- Teoria w nauce 21

ZAGADNIENIE 1.4 Współpraca i różnorodność punktów widzenia są korzystne dla nauki 22

- Tworzenie nauki na podstawie pracy innych 22
- Nauka, technologia i społeczeństwo 23
- Wartość odmiennych punktów widzenia w nauce 24

Część 1 Chemia życia

27

Wywiad: Kenneth Olden 27

2 Chemiczny kontekst życia 28

ZAGADNIENIE 2.1 Materia składa się z pierwiastków chemicznych zarówno w stanie czystym, jak i połączonych ze sobą w związki chemiczne 29

- Pierwiastki i związki chemiczne 29
- Pierwiastki życia 29
- Studium przypadku*: ewolucja tolerancji na pierwiastki toksyczne 30

ZAGADNIENIE 2.2 Właściwości pierwiastków chemicznych zależą od budowy ich atomów 30

- Cząstki subatomowe 30
- Liczba atomowa i masa atomowa 31
- Izotopy 31
- Poziomy energetyczne elektronów 32
- Rozmieszczenie elektronów i ich właściwości chemiczne 34
- Orbitale elektronowe 35

ZAGADNIENIE 2.3 Tworzenie i funkcje cząsteczek i związków jonowych zależą od wiązań chemicznych pomiędzy atomami 36

- Wiązania kowalencyjne 36
- Wiązania jonowe 37
- Słabe oddziaływania chemiczne 38
- Kształt cząsteczek a ich funkcje 39

ZAGADNIENIE 2.4 Reakcje chemiczne polegają na tworzeniu i zrywaniu wiązań chemicznych 40

3 Woda i życie 44

ZAGADNIENIE 3.1 Polarność cząsteczek wody skutkuje tworzeniem wiązań wodorowych 45

ZAGADNIENIE 3.2 Cztery właściwości emergentne wody wpływają na powstanie warunków umożliwiających życie na Ziemi 45

- Kohezja cząsteczek wody 45
- Lagodzenie zmian temperatury 46
- Unoszenie się lodu w ciekłej wodzie 47
- Woda: rozpuszczalnik życia 48
- Możliwości ewolucji życia na innych planetach 50

ZAGADNIENIE 3.3 Warunki kwasowe i zasadowe mają wpływ na organizmy 51

- Kwasy i zasady 51
- Skala pH 51
- Bufory 52
- Zakwaszenie: zagrożenie dla naszych oceanów 53



4 Węgiel i molekularna różnorodność życia 56

ZAGADNIENIE 4.1 Chemia organiczna jest kluczem do powstania życia 57

ZAGADNIENIE 4.2 Atomy węgla mogą wchodzić w skład różnych związków, tworząc wiązania z czterema innymi atomami 58

- Tworzenie wiązań przez węgiel 58
- Molekularna różnorodność wywodzi się ze zmienności szkieletów węglowych 60

ZAGADNIENIE 4.3 Kilka grup chemicznych jest kluczem do funkcjonowania cząsteczek biologicznych 62

- Grupy chemiczne najbardziej istotne dla procesów życiowych 62
- ATP: ważne źródło energii dla procesów zachodzących w komórce 64
- Pierwiastki życia: podsumowanie 64

5 Budowa i funkcja dużych cząsteczek biologicznych 66

ZAGADNIENIE 5.1 Makrocząsteczki są polimerami zbudowanymi z monomerów 67

Synteza i rozkład polimerów 67

Różnorodność polimerów 67

ZAGADNIENIE 5.2 Węglowodany służą jako paliwo i materiał budulcowy 68

Cukry 68

Polisacharydy 70

ZAGADNIENIE 5.3 Lipidy stanowią różnorodną grupę cząsteczek hydrofobowych 72

Tłuszcze 72

Fosfolipidy 74

Steroidy 75

ZAGADNIENIE 5.4 Białka mają zróżnicowaną budowę, z której wynika szeroki zakres pełnionych przez nie funkcji 75

Monomery aminokwasowe 75

Polipeptydy (polimery aminokwasowe) 78

Budowa i funkcje białek 78

ZAGADNIENIE 5.5 Kwasy nukleinowe są magazynem, nośnikiem i przekaźnikiem informacji genetycznej 84

Rola kwasów nukleinowych 84

Składniki kwasów nukleinowych 84

Polimery nukleotydowe 85

Budowa cząsteczek DNA i RNA 86

ZAGADNIENIE 5.6 Genomika i proteomika zmieniły oblicze badań naukowych i zastosowań praktycznych w biologii 86

DNA i białka w roli „narzędzia pomiarowego” ewolucji 87



Część 2 Komórka

92

Wywiad: Diana M. Bautista 92

6 Podróż w głąb komórki 93

ZAGADNIENIE 6.1 Do badania komórek biolodzy wykorzystują mikroskopy i metody biochemiczne 94

Mikroskopia 94

Frakcjonowanie komórek 97

ZAGADNIENIE 6.2 System błon wewnętrznych umożliwia kompartmentację funkcji w komórkach eukariotycznych 97

Porównanie komórek prokariotycznych i eukariotycznych 97

Panoramiczny widok komórki eukariotycznej 99

ZAGADNIENIE 6.3 Instrukcje genetyczne komórek eukariotycznych są przechowywane w jądrze komórkowym i realizowane przez rybosomy 102

Jądro komórkowe: centrum informacji 102

Rybosomy: fabryki białek 102

ZAGADNIENIE 6.4 System błon wewnętrznych reguluje transport białek i zawiaduje aktywnością metaboliczną komórki 104

Retikulum endoplazmatyczne: fabryka biosyntetyczna 104

Aparat Golgiego: centrum wysyłkowo-odbiorcze 105

Lizosomy: kompartmenty trawiące 107

Wakuole: kompartmenty wielorakiego zastosowania 108

System błon wewnętrznych: *przegląd* 108

ZAGADNIENIE 6.5 Mitochondria i chloroplasty odpowiadają za przemiany energii 109

Pochodzenie ewolucyjne mitochondriów i chloroplastów 109

Mitochondria: przemiana energii chemicznej 110

Chloroplasty: pochłanianie energii świetlnej 110

Peroxisomy: utlenianie 112

ZAGADNIENIE 6.6 Cytoskielet jest trójwymiarową siecią włókien białkowych organizujących budowę komórki i zachodzące w niej procesy 112

Funkcje cytoskieletu: podpora mechaniczna i ruchy komórkowe 112

Składniki cytoskieletu 114

ZAGADNIENIE 6.7 Struktury pozakomórkowe oraz połączenia między komórkami pomagają w koordynacji aktywności komórkowej 118

Ściany komórkowe roślin 118

Macierz pozakomórkowa komórek zwierząt 118

Połączenia międzykomórkowe 119

ZAGADNIENIE 6.8 Komórka jest czymś więcej niż sumą swoich składowych 121

7 Budowa i funkcje błon 126

ZAGADNIENIE 7.1 Błony biologiczne to płynna mozaika lipidów i białek 127

Płynność błon 128

Ewolucja zróżnicowania składu lipidów błonowych 129

Białka błonowe i ich funkcje 129

Rola węglowodanów błonowych we wzajemnej identyfikacji komórek 130

Synteza i asymetryczność błon 131

ZAGADNIENIE 7.2 Selektywna przepuszczalność błony wynika z jej budowy 131

Przepuszczalność dwuwarstwy lipidowej 132

Białka transportujące 132

ZAGADNIENIE 7.3 Transport bierny polega na dyfuzji substancji przez błonę bez ponoszenia nakładów energetycznych 132

Wpływ osmozy na równowagę wodną 133

Dyfuzja ułatwiona: transport bierny wspomagany przez białka 135

ZAGADNIENIE 7.4 W transporcie aktywnym do przemieszczenia substancji wbrew ich gradientom jest wymagany nakład energii 136

Transport aktywny wymaga energii 136

Jak pompy jonowe utrzymują potencjał błonowy? 137

Kotransport: transport łączony zależny od białka błonowego 138

ZAGADNIENIE 7.5 Masowy transport przez błonę komórkową zachodzi na drodze egzocytozy i endocytozy 139

Egzocytoza 139

Endocytoza 139

8 Wprowadzenie do metabolizmu 143

ZAGADNIENIE 8.1 Metabolizm organizmu przekształca materię i energię 144

- Szlaki metaboliczne 144
- Formy energii 144
- Zasady rządzące przemianami energii 145

ZAGADNIENIE 8.2 Zmiana energii swobodnej reakcji mówi nam, czy dana reakcja zachodzi spontanicznie czy też nie 147

- Zmiana energii swobodnej, ΔG 147
- Energia swobodna, stabilność i równowaga 147
- Energia swobodna i metabolizm 148

ZAGADNIENIE 8.3 ATP napędza pracę komórkową przez sprzężenie reakcji egzoergicznych i endoergicznych 150

- Struktura i hydroliza ATP 150
- W jaki sposób hydroliza ATP przekłada się na wykonanie pracy? 151
- Regeneracja ATP 152

ZAGADNIENIE 8.4 Enzymy przyspieszają reakcje metaboliczne przez obniżenie progów energetycznych 153

- Próg energii aktywacji 153
- Jak enzymy przyspieszają reakcje? 154
- Swoistość substratowa enzymów 155
- Kataliza w miejscu aktywnym enzymu 156
- Wpływ warunków lokalnych na aktywność enzymatyczną 157
- Ewolucja enzymów 159

ZAGADNIENIE 8.5 Regulacja aktywności enzymatycznej pozwala kontrolować metabolizm 160

- Allosteryczna regulacja enzymów 160
- Lokalizacja enzymów w komórce 161



9 Oddychanie komórkowe i fermentacja 164

ZAGADNIENIE 9.1 Szlaki kataboliczne produkują energię w procesie utleniania związków organicznych 165

- Szlaki kataboliczne i produkcja ATP 165
- Reakcje redoks: utlenianie i redukcja 165
- Etapy oddychania komórkowego: *przebieg* 168

ZAGADNIENIE 9.2 Podczas glikolizy jest pozyskiwana energia chemiczna w wyniku utleniania glukozy do pirogronianu 170

ZAGADNIENIE 9.3 Po utlenieniu pirogronianu cykl kwasu cytrynowego dopełnia proces utleniania cząsteczek organicznych związany z pozyskaniem energii 171

- Utlenianie pirogronianu do acetylo-CoA 171
- Cykl kwasu cytrynowego 172

ZAGADNIENIE 9.4 Podczas fosforylacji oksydacyjnej chemiosmoza sprzęga transport elektronów z syntezą ATP 174

- Łańcuch transportu elektronów 174
- Chemiosmoza: mechanizm sprzężenia energii 175
- Bilans produkcji ATP podczas oddychania komórkowego 177

ZAGADNIENIE 9.5 Fermentacja i oddychanie beztlenowe pozwalają komórkom na produkcję ATP bez udziału tlenu 179

- Rodzaje fermentacji 180
- Porównanie fermentacji i oddychania tlenowego 181
- Ewolucyjne znaczenie glikolizy 182

ZAGADNIENIE 9.6 Glikoliza i cykl kwasu cytrynowego łączą się z wieloma innymi szlakami metabolicznymi 182

- Wszechstronność katabolizmu 182
- Biosynteza (szlaki anaboliczne) 183
- Sprzężenie zwrotne jest mechanizmem regulującym oddychanie komórkowe 183



10 Fotosynteza 187

ZAGADNIENIE 10.1 Fotosynteza zasila biosferę 188

ZAGADNIENIE 10.2 Fotosynteza przekształca energię świetlną w energię chemiczną zgromadzoną w pożywieniu 189

- Chloroplasty: miejsca fotosyntezy u roślin 189
- Śledzenie atomów podczas fotosyntezy 189
- Dwie fazy fotosyntezy: *wprowadzenie* 191

ZAGADNIENIE 10.3 Reakcje fazy świetlnej przekształcają energię słoneczną w energię chemiczną ATP i NADPH 192

- Natura światła słonecznego 192
- Barwniki fotosyntetyczne: receptory dla światła 192
- Wzbudzenie chlorofilu przez światło 195
- Fotoukład: centrum reakcji wraz z kompleksami zbierającymi światło (antenami energetycznymi) 195
- Liniowy transport elektronów 197
- Cykliczny transport elektronów 198
- Porównanie chemiosmozy w chloroplastach i mitochondriach 199

ZAGADNIENIE 10.4 Cykl Calvina wykorzystuje energię chemiczną z ATP i NADPH do redukcji CO₂ do cukru 201

ZAGADNIENIE 10.5 W klimatach gorących i suchych wyewoluowały alternatywne mechanizmy asymilacji węgla 203

- Fotooddychanie: relikty ewolucyjne? 203
- Rośliny C₄ 203
- Rośliny CAM 205

ZAGADNIENIE 10.6 Fotosynteza jest niezbędna dla życia na Ziemi: podsumowanie 206



11 Komunikacja komórkowa 212

ZAGADNIENIE 11.1 Sygnały zewnętrzne są zamieniane na odpowiedzi wewnątrz komórki 213

- Ewolucja sygnalizacji komórkowej 213
- Sygnalizacja miejscowa i długodystansowa 215
- Trzy fazy sygnalizacji komórkowej: *przegląd* 216

ZAGADNIENIE 11.2 Receptcja sygnału: cząsteczka sygnałowa wiąże się do białka receptorowego, powodując zmianę jego kształtu 217

- Receptory w błonie komórkowej 217
- Receptory wewnątrzkomórkowe 220

ZAGADNIENIE 11.3 Transdukcja sygnału: kaskady oddziaływań molekularnych przekazują sygnały z receptorów do cząsteczek docelowych wewnątrz komórki 221

- Szlaki transdukcji sygnału 221
- Fosforylacja i defosforylacja białek 222
- Małe cząsteczki i jony pełnią rolę przekazników wtórnych 223

ZAGADNIENIE 11.4 Odpowiedź komórkowa: sygnalizacja komórkowa prowadzi do regulacji transkrypcji lub aktywności cytoplazmatycznych 226

- Odpowiedzi komórkowe: jądrowe i cytoplazmatyczne 226
- Regulacja odpowiedzi 226

ZAGADNIENIE 11.5 Apoptoza stoi na styku wielu szlaków sygnalizacji komórkowej 229

- Apoptoza u nicienia *Caenorhabditis elegans* 230
- Szlaki apoptozy i sygnały, które je uruchamiają 230

12 Cykl komórkowy 234

ZAGADNIENIE 12.1 Efektem większości podziałów komórkowych są dwie genetycznie identyczne komórki potomne 235

- Kluczowe znaczenie podziału komórkowego 235
- Komórkowa organizacja materiału genetycznego 235
- Rozmieszczenie chromosomów podczas podziału komórki eukariotycznej 236

ZAGADNIENIE 12.2 W cyklu komórkowym faza mitotyczna zachodzi na przemian z interfazą 237

- Fazy cyklu komórkowego 237
- Wrzeczono kariokinetyczne: *bliższe spojrzenie* 240
- Cytokineza: *bliższe spojrzenie* 241
- Binarny podział komórki u bakterii 242
- Ewolucja mitozy 243

ZAGADNIENIE 12.3 Eukariotyczny cykl komórkowy jest regulowany przez system kontroli molekularnej 244

- System kontroli cyklu komórkowego 245
- Utrata kontroli nad cyklem komórkowym w komórkach rakowych 249

Wywiad: Francisco Mojica 253

13 Mejoza i płciowe cykle życiowe 254

ZAGADNIENIE 13.1 Osobniki potomne otrzymują od rodziców geny w postaci dziedziczonych chromosomów 255

- Dziedziczenie genów 255
- Rozmnażanie bezpłciowe a płciowe 255

ZAGADNIENIE 13.2 Zapłodnienie i mejoza występują naprzemiennie w płciowych cyklach życiowych 256

- Zestawy chromosomów w komórkach człowieka 256
- Zachowanie zestawów chromosomów podczas cyklu życiowego człowieka 258
- Zróżnicowanie płciowych cykli życiowych 258

ZAGADNIENIE 13.3 Mejoza powoduje redukcję diploidalnej liczby zestawów chromosomów do liczby haploidalnej 259

- Fazy mejozy 259
- Crossing-over* i koniugacja podczas profazy I 262
- Porównanie mitozy i mejozy 262

ZAGADNIENIE 13.4 Zmienność genetyczna wynikająca z płciowych cykli życiowych przyczynia się do ewolucji 265

- Pochodzenie zmienności genetycznej wśród potomstwa 265
- Ewolucyjne znaczenie zmienności genetycznej w populacji 266

14 Mendel i idea genu 269

ZAGADNIENIE 14.1 Zastosowanie podejścia naukowego pozwoliło Mendlowi odkryć dwa prawa dziedziczenia 270

- Eksperymentalne, ilościowe podejście Mendla 270
- Prawo czystości gamet 271
- Prawo niezależnej segregacji cech 274

ZAGADNIENIE 14.2 Rachunek prawdopodobieństwa rządzi dziedziczeniem mendlowskim 276

- Zasady mnożenia i dodawania znajdują zastosowanie w krzyżówkach monohybrydowych 277
- Rozwiązywanie złożonych problemów genetycznych z zastosowaniem rachunku prawdopodobieństwa 277

ZAGADNIENIE 14.3 Wzorce dziedziczenia są często bardziej skomplikowane niż proste przewidywania genetyki mendlowskiej 278

- Rozszerzenie genetyki mendlowskiej dla pojedynczego genu 279
- Rozszerzenie genetyki mendlowskiej na dwa lub większą liczbę genów 281
- Natura i rozwój: wpływ środowiska na fenotyp 282
- Integracja mendlowskiego rozumienia dziedziczenia i zmienności 283

ZAGADNIENIE 14.4 Wiele stanów cech człowieka podlega prawom dziedziczenia Mendla 284

- Analizy rodowodu 284
- Zaburzenia dziedziczone recesywnie 285
- Zaburzenia dziedziczone dominująco 287
- Zaburzenia wieloczynnikowe 288
- Badania i poradnictwo genetyczne 288



15 Chromosomowa teoria dziedziczności 294

ZAGADNIENIE 15.1 U podstaw dziedziczenia mendlowskiego leży sposób, w jaki zachowują się chromosomy 295

Badania Morgana – wybór organizmu doświadczalnego 295

Powiązanie zachowania alleli poszczególnych genów z zachowaniem pary chromosomów: *badanie naukowe* 295

ZAGADNIENIE 15.2 Geny sprzężone z płcią wykazują odrębne wzorce dziedziczenia 298

Chromosomowe podstawy płci 298

Dziedziczenie genów sprzężonych z płcią 299

Inaktywacja chromosomu X u samic ssaków 300

ZAGADNIENIE 15.3 Geny sprzężone zazwyczaj dziedziczą się razem, ponieważ są zlokalizowane blisko siebie, na tym samym chromosomie 301

Jak sprzężenie genów wpływa na ich dziedziczenie? 301

Rekombinacja genetyczna i sprzężenie 301

Mapowanie odległości pomiędzy genami na podstawie informacji o ich rekombinacji: *badanie naukowe* 304

ZAGADNIENIE 15.4 Zmiany w liczbie lub strukturze chromosomów są przyczyną zaburzeń genetycznych 307

Nieprawidłowa liczba chromosomów 307

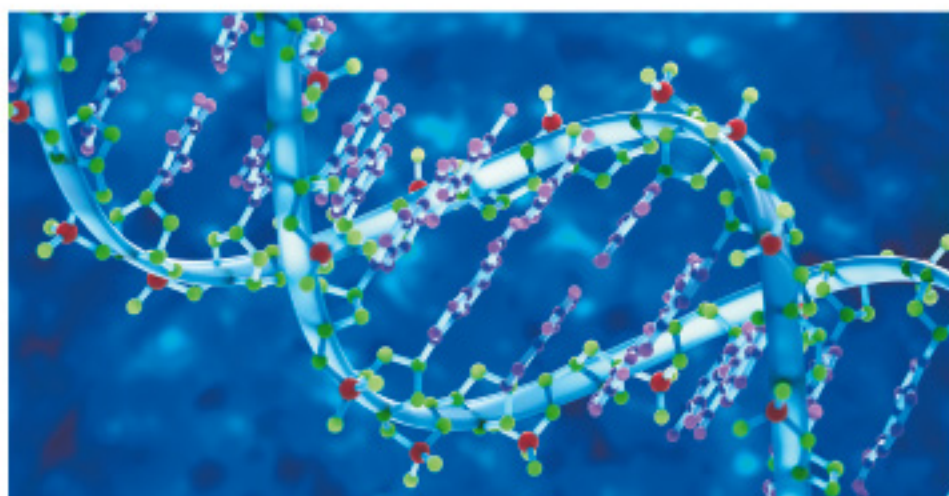
Zmiany w strukturze chromosomów 308

Zaburzenia wynikające ze zmian chromosomowych 308

ZAGADNIENIE 15.5 Niektóre schematy dziedziczenia stanowią wyjątek od standardowego dziedziczenia mendlowskiego 310

Imprinting genomowy 310

Dziedziczenie genów w organellach 311



16 Molekularne podstawy dziedziczenia 314

ZAGADNIENIE 16.1 DNA to materiał genetyczny 315

W poszukiwaniu materiału genetycznego: *badanie naukowe* 315

Opracowanie modelu struktury DNA 317

ZAGADNIENIE 16.2 Podczas replikacji i naprawy DNA współpracuje ze sobą wiele białek 320

Podstawowa reguła: parowanie zasad do nici matrycowej 321

Replikacja DNA: *bliższe spojrzenie* 322

Korekta i naprawa DNA 326

Znaczenie ewolucyjne zmienionych nukleotydów DNA 328

Replikacja końców cząsteczek DNA 328

ZAGADNIENIE 16.3 Chromosom składa się z cząsteczki DNA upakowanej razem z białkami 330

17 Ekspresja genu: od genu do białka 335

ZAGADNIENIE 17.1 Poprzez transkrypcję i translację geny określają białka 336

Dowody pochodzące z badań nad defektami metabolicznymi 336

Podstawowe zasady transkrypcji i translacji 337

Kod genetyczny 340

ZAGADNIENIE 17.2 Transkrypcja to kierowana przez DNA synteza RNA: *bliższe spojrzenie* 342

Molekularne elementy transkrypcji 342

Synteza transkryptu RNA 342

ZAGADNIENIE 17.3 Komórki eukariotyczne modyfikują RNA po transkrypcji 345

Modyfikacje końców mRNA 345

Wycinanie genów i splicing RNA 345

ZAGADNIENIE 17.4 Translacja to kierowana przez RNA synteza polipeptydu: *bliższe spojrzenie* 347

Molekularne elementy translacji 348

Synteza polipeptydu 350

Końcowa obróbka białek i ich sortowanie 352

Masowa synteza polipeptydów u bakterii i eukariontów 355

ZAGADNIENIE 17.5 Mutacje jednego lub kilku nukleotydów mogą zmienić strukturę białka i jego funkcje 357

Rodzaje mutacji genowych 357

Nowe mutacje i mutageny 359

Wykorzystanie CRISPR do edytowania genów i korekty mutacji powodujących choroby 360

Czym jest gen? *Rewizja problemu* 361

18 Regulacja ekspresji genów 365

ZAGADNIENIE 18.1 Odpowiedź bakterii na zmiany środowiskowe często polega na regulacji transkrypcji 366

Operony: podstawowa koncepcja 366

Operony indukowane i represorowe: dwa rodzaje negatywnej regulacji genów 368

Pozytywna regulacja genów 369

ZAGADNIENIE 18.2 Ekspresja genów eukariotycznych podlega regulacji na wielu etapach 370

Zróznicowanie ekspresji genów 370

Regulacja struktury chromatyny 371

Regulacja inicjacji transkrypcji 373

Mechanizmy regulacji potranskrypcyjnej 377

ZAGADNIENIE 18.3 Niekodujące cząsteczki RNA pełnią wiele ról w kontrolowaniu ekspresji genów 379

Wpływ mikroRNA i małego interferującego RNA na mRNA 380

Rola ncRNA w remodelowaniu chromatyny i jego wpływ na transkrypcję 380

ZAGADNIENIE 18.4 W organizmie wielokomórkowym program zróżnicowanej ekspresji genów prowadzi do powstania różnych rodzajów komórek 381

Genetyczny program rozwoju zarodkowego 381

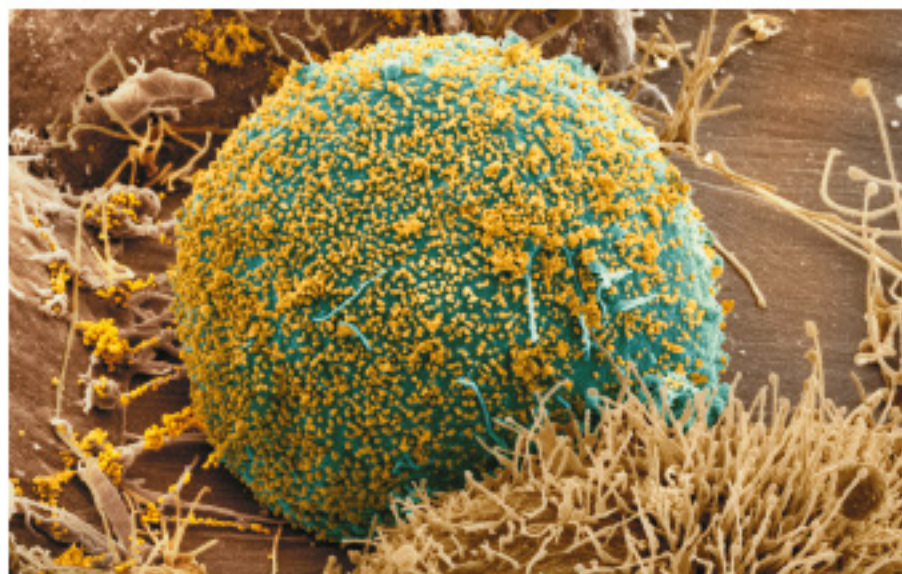
Determinanty cytoplazmatyczne i sygnały indukcyjne 382

Sekwencyjna regulacja ekspresji genów podczas różnicowania komórkowego 383

Kształtowanie wzoru rozwojowego: organizacja planu budowy ciała 384

ZAGADNIENIE 18.5 Przyczyną nowotworu są zmiany genetyczne, które wpływają na kontrolę cyklu komórkowego 388

- Rodzaje genów powiązanych z nowotworami 388
- Oddziaływania z prawidłowymi szlakami sygnalizacji komórkowej 389
- Wieloetapowy model rozwoju nowotworu 391
- Predyspozycje dziedziczne i czynniki środowiskowe wpływające na rozwój nowotworu 394
- Rola wirusów w powstawaniu nowotworów 394



19 Wirusy 398

ZAGADNIENIE 19.1 Wirus składa się z kwasu nukleinowego otoczonego płaszczem białkowym 399

- Odkrycie wirusów: *badanie naukowe* 399
- Budowa wirusów 399

ZAGADNIENIE 19.2 Replikacja wirusów odbywa się wyłącznie w komórkach gospodarza 401

- Ogólne cechy wirusowych cykli replikacyjnych 402
- Cykle replikacyjne fagów 402
- Cykle replikacyjne wirusów zwierzęcych 405
- Ewolucja wirusów 406

ZAGADNIENIE 19.3 Wirusy i priony są groźnymi patogenami zwierząt i roślin 408

- Choroby wirusowe zwierząt 408
- Nowo pojawiające się choroby wirusowe 409
- Choroby wirusowe roślin 412
- Priony: białka jako czynniki zakaźne 412

20 Narzędzia DNA i biotechnologia 415

ZAGADNIENIE 20.1 Sekwencjonowanie i klonowanie DNA to wartościowe narzędzia używane w inżynierii genetycznej i w badaniach biologicznych 416

- Sekwencjonowanie DNA 416
- Uzyskanie wielu kopii genu lub innego fragmentu DNA 416
- Wykorzystanie enzymów restrykcyjnych do utworzenia zrekombinowanego DNA 419
- Amplifikacja DNA: reakcja łańcuchowa polimerazy (PCR) i jej wykorzystanie w klonowaniu DNA 420
- Ekspresja sklonowanych genów eukariotycznych 421

ZAGADNIENIE 20.2 Biolodzy wykorzystują technologię DNA w badaniach nad ekspresją genów i ich funkcją 423

- Analiza ekspresji genów 423
- Określanie funkcji genów 426

ZAGADNIENIE 20.3 Organizmy powstające w wyniku klonowania oraz komórki macierzyste są użyteczne w badaniach podstawowych i w innych zastosowaniach 428

- Klonowanie roślin: kultury jednokomórkowe 428
- Klonowanie zwierząt: transplantacja jąder komórkowych 428
- Komórki macierzyste zwierząt 430

ZAGADNIENIE 20.4 Praktyczne zastosowanie technologii DNA wpływa na wiele aspektów naszego życia 433

- Zastosowania medyczne 433
- Dowody kryminalistyczne i profile genetyczne 436
- Oczyszczanie środowiska 437
- Zastosowania rolnicze 437
- Bezpieczeństwo technologii DNA oraz związane z nią problemy etyczne 438

21 Genomy i ich ewolucja 442

ZAGADNIENIE 21.1 Projekt Poznania Genomu Człowieka przyczynił się do rozwoju szybszych, mniej kosztownych technik sekwencjonowania 443

ZAGADNIENIE 21.2 Do analizy genomów oraz ich funkcji naukowcy wykorzystują bioinformatykę 444

- Centralizacja zasobów dla analizy sekwencji genomu 444
- Identyfikacja genów kodujących białka wśród sekwencji DNA i zrozumienie ich funkcji 445
- Zrozumienie genów i ich produktów na poziomie systemów 446

ZAGADNIENIE 21.3 Genomy różnią się rozmiarem, liczbą genów oraz ich zagęszczeniem 448

- Rozmiar genomu 449
- Liczba genów 449
- Zagęszczenie genów i niekodujący DNA 449

ZAGADNIENIE 21.4 Wielokomórkowe eukarionty mają zdecydowanie więcej niekodującego DNA oraz liczne rodziny wielogenowe 450

- Elementy transpozycyjne i spokrewnione z nimi sekwencje 451
- Pozostałe sekwencje powtórzone, w tym proste sekwencje powtórzone 452
- Geny i rodziny wielogenowe 452

ZAGADNIENIE 21.5 Duplikacje, rearanżacje oraz mutacje DNA uczestniczą w ewolucji genomów 454

- Duplikacja całych zestawów chromosomów 454
- Zmiany w strukturze chromosomu 454
- Duplikacja i dywergencja regionów DNA o rozmiarach genu 455
- Reorganizacje fragmentów genów: duplikacja i tasowanie eksonów 456
- Jak elementy transpozycyjne wpływają na ewolucję genomów? 459

ZAGADNIENIE 21.6 Porównywanie sekwencji genomowych dostarcza wskazówek dotyczących ich ewolucji i rozwoju 459

- Porównywanie genomów 459
- Powszechna konserwacja zwierzęcych genów rozwojowych 463



Wywiad: Cassandra Extavour 467

22 Pochodzenie z modyfikacjami. Darwinowska wizja życia 468

ZAGADNIENIE 22.1 Rewolucja darwinowska rzuca wyzwanie tradycyjnej wizji młodej Ziemi zamieszkaną przez niezmiennie gatunki 469

- Nieskończony szereg najpiękniejszych form 469
- „Drabina życia” i klasyfikacja gatunków 470
- Poglądy na temat zmian w czasie 470
- Ewolucja według Lamarcka 471

ZAGADNIENIE 22.2 Pochodzenie z modyfikacjami spowodowanymi doбором naturalnym wyjaśnia adaptacje organizmów oraz jedność i różnorodność życia 471

- Badania Darwina 471
- O powstawaniu gatunków 473
- Kluczowe pojęcia doboru naturalnego 476

ZAGADNIENIE 22.3 Teorię ewolucji potwierdza ogromna liczba dowodów naukowych 476

- Bezpośrednie obserwacje zmian ewolucyjnych 477
- Homologia 479
- Zapis kopalny 481
- Biogeografia 482
- Co jest „teoretycznego” w poglądach Darwina na życie? 483



23 Ewolucja populacji 486

ZAGADNIENIE 23.1 Zmienność genetyczna umożliwia ewolucję 487

- Zmienność genetyczna 487
- Źródła zmienności genetycznej 488

ZAGADNIENIE 23.2 Równanie Hardy’ego-Weinberga pozwala sprawdzić, czy populacja ewoluuje 489

- Pula genów i częstości alleli 490
- Równanie Hardy’ego-Weinberga 490

ZAGADNIENIE 23.3 Dobór naturalny, dryf genetyczny i przepływ genów mogą zmieniać częstość alleli w populacji 493

- Dobór naturalny 494
- Dryf genetyczny 494
- Przepływ genów 496

ZAGADNIENIE 23.4 Dobór naturalny jest jedynym mechanizmem, który konsekwentnie prowadzi do ewolucji adaptatywnej 497

- Dobór naturalny: bliższe spojrzenie 497
- Podstawowe znaczenie doboru naturalnego w ewolucji adaptatywnej 498
- Dobór płciowy 499

- Dobór równoważący 500
- Dlaczego dobór naturalny nie może ukształtować doskonałych organizmów? 501

24 Pochodzenie gatunków 506

ZAGADNIENIE 24.1 Koncepcja gatunku biologicznego kładzie nacisk na izolację rozrodczą 507

- Koncepcja gatunku biologicznego 507
- Inne definicje gatunku 510

ZAGADNIENIE 24.2 Specjacja może nastąpić zarówno przy izolacji geograficznej, jak i bez niej 511

- Specjacja allopatryczna („różne ojczyzny”) 511
- Specjacja sympatryczna („ta sama ojczyzna”) 513
- Specjacja allopatryczna i sympatryczna: przegląd 516

ZAGADNIENIE 24.3 Strefy mieszańcowe stwarzają możliwość badania czynników wywołujących izolację rozrodczą 516

- Rodzaje stref mieszańcowych 516
- Strefy mieszańcowe a zmiany środowiska 517
- Funkcjonowanie stref mieszańcowych w czasie 518

ZAGADNIENIE 24.4 Specjacja może następować nagle lub powoli i może wynikać ze zmian w kilku lub w wielu genach 520

- Czas trwania specjacji 520
- Specjacja z punktu widzenia genetyki 522
- Od specjacji do makroewolucji 523

25 Historia życia na Ziemi 525

ZAGADNIENIE 25.1 Warunki panujące na wczesnej Ziemi umożliwiały powstanie życia 526

- Synteza związków organicznych na wczesnej Ziemi 526
- Abiotyczna synteza makrocząsteczek 527
- Protokomórki 527
- Samoreplikujący się RNA 528

ZAGADNIENIE 25.2 Zapis kopalny dokumentuje historię życia 528

- Zapis kopalny 529
- Jak datowane są skały i skamieniałości 529
- Powstawanie nowych grup organizmów 530

ZAGADNIENIE 25.3 Główne wydarzenia w historii życia to powstanie organizmów jednokomórkowych i wielokomórkowych oraz kolonizacja lądów 532

- Pierwsze organizmy jednokomórkowe 533
- Powstanie wielokomórkowości 535
- Kolonizacja lądu 536

ZAGADNIENIE 25.4 Rozwój i upadek grup organizmów stanowią odzwierciedlenie różnic w tempie specjacji i wymierania 537

- Wędrowka płyt tektonicznych 538
- Masowe wymierania 540
- Radiacje adaptacyjne 542

ZAGADNIENIE 25.5 Główne zmiany w budowie ciała mogą wynikać ze zmian w sekwencjach i regulacji genów zaangażowanych w rozwój 544

- Efekty genów sterujących rozwojem 544
- Ewolucja rozwoju 545

ZAGADNIENIE 25.6 Ewolucja nie jest procesem celowym 547

- Ewolucyjne nowości 547
- Trendy ewolucyjne 548



Wywiad: Penny Chisholm 552

26 Filogeneza i drzewo życia 553

ZAGADNIENIE 26.1 Filogeneza odzwierciedla powiązania ewolucyjne 554

- Nazewnictwo binominalne 554
- Klasyfikacja hierarchiczna 554
- Powiązanie klasyfikacji i filogenezy 555
- Czego możemy, a czego nie możemy się dowiedzieć z drzew filogenetycznych 555
- Zastosowanie metod filogenetycznych 557

ZAGADNIENIE 26.2 Przebieg filogenezy jest rekonstruowany z danych morfologicznych i molekularnych 558

- Homologie morfologiczne i molekularne 558
- Odróżnianie homologii od analogii 558
- Testowanie homologii molekularnej 559

ZAGADNIENIE 26.3 Na podstawie wspólnych cech konstruuje się drzewa filogenetyczne 559

- Kladystyka 560
- Drzewa filogenetyczne z proporcjonalnymi długościami gałęzi (filogramy) 561
- Metoda maksymalnej parsymonii (oszczędności) i metoda największej wiarygodności 562
- Drzewa filogenetyczne jako hipotezy 564

ZAGADNIENIE 26.4 Historia ewolucyjna organizmu jest zapisana w jego genomie 565

- Duplikacja genów i rodziny genowe 565
- Ewolucja genomu 566

ZAGADNIENIE 26.5 Zegar molekularny pomaga śledzić czas ewolucyjny 566

- Zegary molekularne 566
- Zastosowanie zegara molekularnego: powstanie HIV 567

ZAGADNIENIE 26.6 Dzięki nowym informacjom zmienia się nasze rozumienie drzewa życia 568

- Od dwóch królestw do trzech domen 568
- Ważna rola horyzontalnego transferu genów 568

27 Bakterie i archeowce 573

ZAGADNIENIE 27.1 Adaptacje strukturalne i funkcjonalne zapewniają sukces prokariotom 574

- Struktury powierzchniowe komórki 574
- Zdolność do poruszania się 576
- Organizacja wewnętrzna i DNA 577
- Rozmnażanie 577

ZAGADNIENIE 27.2 Szybkie tempo rozmnażania i mutacji oraz rekombinacja genetyczna sprzyjają zmienności genetycznej prokariotów 578

- Szybkie tempo rozmnażania i mutacji 578
- Rekombinacja genetyczna 579

ZAGADNIENIE 27.3 U prokariotów wyewoluowały rozmaite adaptacje pokarmowe i metaboliczne 581

- Rola tlenu w metabolizmie 582
- Metabolizm azotowy 582
- Współpraca metaboliczna 582

ZAGADNIENIE 27.4 Ulegając radiacji, prokarioty tworzyły zróżnicowane linie ewolucyjne 583

- Przegląd różnorodności prokariotów 583
- Bacteria (bakterie) 583
- Archaea (archeowce) 585

ZAGADNIENIE 27.5 Prokarioty odgrywają główną rolę w funkcjonowaniu biosfery 586

- Odzyskiwanie zasobów chemicznych 586
- Interakcje ekologiczne 587

ZAGADNIENIE 27.6 Prokarioty mają zarówno szkodliwy, jak i korzystny wpływ na człowieka 587

- Bakterie mutualistyczne 587
- Bakterie patogeniczne 588
- Oporność na antybiotyki 588
- Prokarioty w nauce i technologii 589

28 Protisty 593

ZAGADNIENIE 28.1 Większość eukariotów to organizmy jednokomórkowe 594

- Strukturalna i funkcjonalna różnorodność protistów 594
- Endosymbioza w ewolucji eukariotów 594
- Cztery supergrupy eukariotów 597

ZAGADNIENIE 28.2 Do Excavata należą protisty ze zmodyfikowanymi mitochondriami i unikatowymi wiciami 597

- Diplomonadina i Parabasalia 600
- Euglenozoa 600

ZAGADNIENIE 28.3 SAR jest bardzo zróżnicowaną grupą protistów zdefiniowaną na podstawie podobieństwa DNA 601

- Stramenopiles (stramenopile) 602
- Alveolata 604
- Rhizaria 606

ZAGADNIENIE 28.4 Krasnorosty i zielenice to najbliżsi krewni roślin lądowych 609

- Rhodophyta (krasnorosty) 609
- Chlorophyta i Charophyta (zielenice) 610

ZAGADNIENIE 28.5 Do Unikonta należą protisty blisko spokrewnione z grzybami i zwierzętami 611

- Amoebozoa 612
- Opisthokonta 613

ZAGADNIENIE 28.6 Protisty odgrywają główną rolę w biocenozach 614

- Protisty symbiotyczne 614
- Protisty fotosyntezujące 614



29 Różnorodność roślin I: jak rośliny skolonizowały ląd 618

ZAGADNIENIE 29.1 Rośliny lądowe wyewoluowały z zielenic 619

- Dowody na pochodzenie od glonów 619
- Adaptacje umożliwiające zasiedlenie lądu 619
- Cechy nowo nabyte u roślin 621
- Pochodzenie i różnicowanie się roślin 621

ZAGADNIENIE 29.2 Cykl życiowy mchów i innych roślin nienaczyniowych jest zdominowany przez gametofity 623

- Gametofity mszaków 624
- Sporofity mszaków 625
- Ekologiczne i gospodarcze znaczenie mchów 625

ZAGADNIENIE 29.3 Paprocie i inne zarodnikowe rośliny naczyniowe były pierwszymi roślinami, które osiągnęły duże rozmiary 629

- Pochodzenie i cechy roślin naczyniowych 629
- Klasyfikacja zarodnikowych roślin naczyniowych 631
- Znaczenie zarodnikowych roślin naczyniowych 633

30 Różnorodność roślin II: ewolucja roślin nasiennych 636

ZAGADNIENIE 30.1 Nasiona i ziarna pyłku są podstawowymi przystosowaniami do życia na lądzie 637

- Korzyści z redukcji gametofitów 637
- Różnorodność: reguła u roślin nasiennych 638
- Zalążki i produkcja jaj 638
- Pyłek i produkcja plemników 638
- Ewolucyjne korzyści z posiadania nasion 639

ZAGADNIENIE 30.2 Rośliny nagozalążkowe wytwarzają „nagie” nasiona, zwykle umieszczone na szyszkach 640

- Cykl życiowy sosny 640
- Wczesne rośliny nasienne i powstanie roślin nagozalążkowych 641
- Różnorodność roślin nagozalążkowych 641

ZAGADNIENIE 30.3 Kwiaty i owoce to przystosowania reprodukcyjne roślin okrytozalążkowych 644

- Charakterystyka roślin okrytozalążkowych 644
- Ewolucja roślin okrytozalążkowych 647
- Różnorodność roślin okrytozalążkowych 649



ZAGADNIENIE 30.4 Dobrostan człowieka zależy od roślin nasiennych 651

- Produkty uzyskiwane z roślin nasiennych 651
- Zagrożenia dla różnorodności roślin 651

31 Grzyby 654

ZAGADNIENIE 31.1 Grzyby są heterotrofami, które odżywiają się poprzez absorpcję 655

- Odżywianie i ekologia 655
- Budowa ciała 655
- Wyspecjalizowane strzępki u grzybów mikoryzowych 656



ZAGADNIENIE 31.2 Grzyby produkują zarodniki podczas płciowych i bezpłciowych cykli życiowych 657

- Rozmnażanie płciowe 658
- Rozmnażanie bezpłciowe 658

ZAGADNIENIE 31.3 Przodkiem grzybów był wodny, jednokomórkowy, opatrzone wicią protist 659

- Pochodzenie grzybów 659
- Wyjście na ląd 660

ZAGADNIENIE 31.4 Grzyby uległy radiacji w różnorodne linie ewolucyjne 660

- Cryptomycota i Microsporidia 661
- Zoopagomycota 662
- Mucoromycota 663
- Ascomycota (workowce) 663
- Basidiomycota (podstawczaki) 665

ZAGADNIENIE 31.5 Grzyby odgrywają główną rolę w obiegu substancji pokarmowych oraz w oddziaływaniach ekologicznych i mają duże znaczenie dla dobrostanu ludzi 667

- Grzyby jako destruenci 667
- Grzyby jako mutualiści 667
- Praktyczne wykorzystanie grzybów 670

32 Przegląd różnorodności zwierząt 673

ZAGADNIENIE 32.1 Zwierzęta są wielokomórkowymi, heterotroficznymi eukariontami, których tkanki rozwijają się z listków zarodkowych 674

- Sposób odżywiania 674
- Budowa i specjalizacja komórki 674
- Rozmnażanie i rozwój 674

ZAGADNIENIE 32.2 Historia ewolucyjna zwierząt trwa ponad pół miliarda lat 675

- Etapy powstawania zwierząt wielokomórkowych 675
- Era neoproterozoiczna (1 miliard–541 milionów lat temu) 676
- Era paleozoiczna (541–252 miliony lat temu) 677
- Era mezozoiczna (252–66 milionów lat temu) 679
- Era kenozoiczna (66 milionów lat temu do dzisiaj) 679

ZAGADNIENIE 32.3 Zwierzęta można scharakteryzować za pomocą planów budowy 679

- Symetria 679
- Tkanki 679
- Jamy ciała 680
- Rozwój pierwoustych i wtóroustych 681

ZAGADNIENIE 32.4 Poglądy na filogenezę zwierząt kształtują się na podstawie nowych danych molekularnych i morfologicznych 682

- Różnicowanie się zwierząt 682
- Przyszłe kierunki rozwoju systematyki zwierząt 684

33 Wprowadzenie do bezkręgowców 686

ZAGADNIENIE 33.1 Gąbki są zwierzętami bazalnymi, które nie mają tkanek 690

ZAGADNIENIE 33.2 Parzydełkowce (Cnidaria) są prądnym typem tkankowców właściwych (Eumetazoa) 691

Medusozoa 692

Anthozoa (koralowce) 693

ZAGADNIENIE 33.3 Lofotrochowce (Lophotrochozoa), kład zidentyfikowany dzięki danym molekularnym, reprezentują największą różnorodność zwierzęcych form ciała 694

Platyhelminthes (płazińce) 694

Rotifera (wrotki)

i Acanthocephala

(kolcogłowy) 697

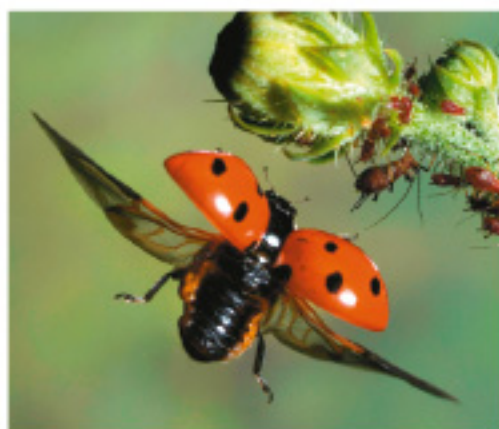
Bryozoa (mszywioly)

i Brachiopoda

(ramienionogi) 698

Mollusca (mięczaki) 699

Annelida (pierścienice) 703



ZAGADNIENIE 33.4 Wylinkowce (Ecdysozoa) są najliczniejszą grupą zwierząt 705

Nematoda (nicienie) 705

Arthropoda (stawonogi) 706

ZAGADNIENIE 33.5 Skałupnie i strunowce należą do wtóroustych (Deuterostomia) 713

Echinodermata (skałupnie) 713

Chordata (strunowce) 715

34 Powstanie i ewolucja kręgowców 718

ZAGADNIENIE 34.1 Strunowce mają strunę grzbietową i cewkę nerwową 719

Cechy nowo nabyte strunowców 719

Cephalochordata (bezczaszkowce) 720

Urochordata (osłonice) 721

Wczesna ewolucja strunowców 722

ZAGADNIENIE 34.2 Kręgowce są strunowcami, które mają kręgosłup 722

Cechy nowo nabyte kręgowców 722

Śluzice i minogi 723

Wczesna ewolucja kręgowców 724

ZAGADNIENIE 34.3 Żuchwowce są kręgowcami, które mają szczęki 725

Cechy nowo nabyte żuchwowców 725

Kopalne żuchwowce 726

Chondrichthyes (chrzęstnoszkieletowe) 726

Osteichthyes (kostnoszkieletowe) 728



ZAGADNIENIE 34.4 Czworonogi są żuchwowcami, które mają kończyny 730

Cechy nowo nabyte czworonogów 730

Powstanie czworonogów 731

Amphibia (płazy) 731

ZAGADNIENIE 34.5 Owodniowce są czworonogami, których jaja są przystosowane do warunków lądowych 734

Cechy nowo nabyte owodniowców 734

Wczesne owodniowce 735

Reptilia (gady) 735

ZAGADNIENIE 34.6 Ssaki są owodniowcami, które mają włosy i produkują mleko 741

Cechy nowo nabyte ssaków 741

Wczesna ewolucja ssaków 741

Monotremata (stekowce) 742

Marsupialia (torbacze) 742

Eutheria (łożyskowce) 744

ZAGADNIENIE 34.7 Ludzie są ssakami, które mają duży mózg i poruszają się na tylnych kończynach 748

Cechy nowo nabyte ludzi 748

Najwcześniejsze homininy 748

Australopiteki 749

Dwunożność 750

Używanie narzędzi 750

Wczesny *Homo* 750

Neandertalczyki 752

Homo sapiens 753

Część 6 Rośliny – budowa i funkcjonowanie

757

Wywiad: Dennis Gonsalves 757

35 Budowa, wzrost i rozwój rośliny 758

ZAGADNIENIE 35.1 Roślina ma budowę hierarchiczną, na którą składają się organy, tkanki i komórki 759

Trzy podstawowe organy roślinne: korzenie, łodygi i liście 759

Tkanki: dermalna, waskularna i podstawowa 762

Typy komórek roślinnych 763

ZAGADNIENIE 35.2 Różne merystemy wytwarzają nowe komórki warunkujące wzrost pierwotny i przyrost wtórny 766

ZAGADNIENIE 35.3 Wzrost pierwotny powoduje zwiększanie długości korzeni i pędów 768

Wzrost pierwotny korzeni 768

Wzrost pierwotny pędów 769

ZAGADNIENIE 35.4 Przyrost wtórny powoduje zwiększanie grubości łodyg i korzeni u roślin drzewiastych 772

Kambium waskularne i tkanka waskularna wtórna 773

Kambium korkotwórcze i wytwarzanie perydermy 774

Ewolucja przyrostu wtórnego 775

ZAGADNIENIE 35.5 Ciało rośliny jest wynikiem wzrostu, morfogenezy i różnicowania komórek 776

Organizmy modelowe: rewolucja w badaniach nad roślinami 776

Wzrost: podziały komórek i powiększanie ich rozmiarów 777

Morfogeneza i kształtowanie wzoru rozwojowego 778

Ekspresja genu i kontrola różnicowania komórek 778

Przesunięcia w rozwoju: zmiany fazowe 779

Kontrola genetyczna kwitnienia 779



36 Pozyskiwanie i transport zasobów w roślinach naczyniowych 784

ZAGADNIENIE 36.1 Przystosowania do pozyskiwania zasobów były kluczowymi etapami w ewolucji roślin naczyniowych 785

Budowa pędu i wychwytywanie energii świetlnej 785

Architektura korzenia i pozyskiwanie wody wraz ze składnikami mineralnymi 787

ZAGADNIENIE 36.2 Transport substancji na bliskie i dalekie odległości odbywa się dzięki różnym mechanizmom 787

Ciągłość przemieszczania apoplastem i symplastem 787

Transport substancji rozpuszczonych na bliskie odległości przez błony komórkowe 788

Transport wody na bliskie odległości przez błony komórkowe 788

Transport na dalekie odległości: rola przepływu masowego 791

ZAGADNIENIE 36.3 Transpiracja jest siłą napędową transportu wody i składników mineralnych ksylemem z korzeni do pędów 792

Absorpcja wody i składników mineralnych przez komórki korzenia 792

Transport wody i składników mineralnych do ksylemu 792

Transport przepływem masowym przez ksylem 792

Podciąganie soku ksylemowego przez przepływ masowy: *przegląd* 796

ZAGADNIENIE 36.4 Natężenie transpiracji jest regulowane przez szparki 796

Szparki: główne drogi utraty wody przez roślinę 796

Mechanizmy otwierania i zamykania szparek 797

Czynniki stymulujące otwieranie i zamykanie szparek 798

Wpływ transpiracji na wędnięcie i temperaturę liścia 798

Przystosowania, które zmniejszają utratę wody przez parowanie 798

ZAGADNIENIE 36.5 Cukry są transportowane floemem z miejsc powstawania do miejsc wykorzystania lub gromadzenia 799

Przemieszczanie cukru z miejsc jego powstawania do miejsc odbioru 799

Przepływ masowy pod ciśnieniem: mechanizm translokacji u okrytozalążkowych 800

ZAGADNIENIE 36.6 Symplast jest bardzo dynamiczny 801

Zmiany w liczbie i wielkości porów plazmodesm 802

Floem: „autostrada” informacyjna 802

Sygnalizacja elektryczna we floemie 802



37 Gleba i odżywianie roślin 805

ZAGADNIENIE 37.1 Gleba zawiera żywy, złożony ekosystem 806

Struktura gleby 806

Skład próchniczej warstwy gleby 806

Zachowanie urodzajności gleby i rolnictwo zrównoważone 807

ZAGADNIENIE 37.2 Korzenie roślin absorbują z gleby wiele rodzajów pierwiastków biogenych 809

Pierwiastki biogenne 810

Objawy niedoboru składników nieorganicznych 810

Globalna zmiana klimatu a jakość żywności 812

ZAGADNIENIE 37.3 Odżywianie mineralne roślin odbywa się często w powiązaniu z innymi organizmami 812

Bakterie i odżywianie roślin 814

Grzyby a odżywianie roślin 817

Epifity, rośliny pasożytnicze i mięsożerne 818

38 Rozmnażanie i biotechnologia roślin okrytozalążkowych 822

ZAGADNIENIE 38.1 Kwiaty, podwójne zapłodnienie i owoce to główne cechy cyklu życiowego roślin okrytozalążkowych 823

Budowa kwiatu i jego funkcje 823

Sposoby zapylania 825

Cykl życiowy roślin okrytozalążkowych: *przegląd* 826

Rozwój gametofitu żeńskiego (woreczki zalążkowe) 826

Rozwój gametofitu męskiego w ziarnach pyłku 826

Rozwój i budowa nasiona 828

Rozwój sporofitu od nasiona do dojrzałej rośliny 829

Owoc i jego funkcja 830

ZAGADNIENIE 38.2 Rośliny kwiatowe rozmnażają się płciowo, bezpłciowo lub na obydwie te sposoby 833

Mechanizmy rozmnażania bezpłciowego 833

Zalety i wady rozmnażania bezpłciowego i płciowego 833

Mechanizmy ograniczające samozapylanie 834

Totipotencja, rozmnażanie wegetatywne i kultury tkankowe 835

ZAGADNIENIE 38.3 Ludzie modyfikują rośliny uprawne drogą hodowli lub inżynierii genetycznej 836

Hodowla roślin 837

Biotechnologia roślin i inżynieria genetyczna 837

Spór o biotechnologię 839



39 Odpowiedzi roślin na sygnały wewnętrzne i zewnętrzne 842

ZAGADNIENIE 39.1 Szlaki transdukcji sygnału wiążą recepcję sygnału z odpowiedzią 843

Recepcja 844

Transdukcja 844

Odpowiedź komórkowa 845

ZAGADNIENIE 39.2 Rośliny używają substancji chemicznych, by się komunikować 845

Ogólna charakterystyka hormonów roślinnych 846

Przegląd fitohormonów 847

ZAGADNIENIE 39.3 Odpowiedzi na światło są podstawą sukcesu roślin 855

Fotoreceptory światła niebieskiego 855

Fotoreceptory fitochromowe 856

Zegary biologiczne i rytmy okołodobowe 857

Działanie światła na zegar biologiczny 858

Fotoperiodyzm i odpowiedź rośliny na pory roku 859

ZAGADNIENIE 39.4 Rośliny odpowiadają na wiele bodźców innych niż światło 861

Grawitacja 861

Bodźce mechaniczne 861

Środowiskowe czynniki stresowe 862

ZAGADNIENIE 39.5 Rośliny odpowiadają na atak patogenów i organizmów roślinożernych 866

Obrona przed patogenami 866

Obrona przed organizmami roślinożernymi 867



Część 7 Zwierzęta – budowa i funkcjonowanie

872

Wywiad: Steffanie Strathdee 872

40 Podstawowe zasady budowy i funkcjonowania zwierząt 873

ZAGADNIENIE 40.1 Budowa i funkcjonowanie zwierzęcia są skorelowane na wszystkich poziomach organizacji 874

- Ewolucja wielkości i kształtu zwierzęcia 874
- Wymiana ze środowiskiem 874
- Hierarchiczna organizacja planów budowy ciała 876
- Koordinacja i kontrola 880

ZAGADNIENIE 40.2 Kontrola za pomocą sprzężenia zwrotnego utrzymuje stałość środowiska wewnętrznego wielu zwierząt 881

- Regulowanie i dostosowywanie 881
- Homeostaza 881

ZAGADNIENIE 40.3 Procesy homeostazy w termoregulacji obejmują budowę, funkcjonowanie i zachowanie zwierząt 884

- Endotermia i ektotermia 884
- Zmienność temperatury ciała 884
- Równoważenie zysku i straty ciepła 885
- Aklimatyzacja a termoregulacja 888
- Termostaty fizjologiczne a gorączka 888

ZAGADNIENIE 40.4 Zapotrzebowania energetyczne są związane z wielkością, aktywnością oraz środowiskiem zwierzęcia 889

- Wykorzystanie i alokacja energii 889
- Pomiar zużycia energii 890
- Minimalne tempo metaboliczne a termoregulacja 890
- Czynniki wpływające na tempo metaboliczne 891
- Odrętwienie a oszczędność energii 892

41 Odżywianie zwierząt 898

ZAGADNIENIE 41.1 Pokarm zwierzęcy musi dostarczać energii chemicznej, organicznych elementów budulcowych i niezbędnych składników pokarmowych 899

- Niezbędne składniki pokarmowe 899
- Zróżnicowanie diety 901
- Niedobory pokarmowe 901
- Ocena zapotrzebowania pokarmowego 902

ZAGADNIENIE 41.2 Odżywianie obejmuje pobieranie, trawienie i wchłanianie pokarmu oraz usuwanie niestrawionych resztek 902

- Przedziały trawienne 904

ZAGADNIENIE 41.3 Narządy wyspecjalizowane w kolejnych etapach odżywiania tworzą układ pokarmowy ssaków 905

- Jama ustna, gardło i przełyk 905
- Trawienie w żołądku 907
- Trawienie w jelicie cienkim 908
- Wchłanianie w jelicie cienkim 909
- Przetwarzanie w jelicie grubym 910

ZAGADNIENIE 41.4 Ewolucyjne adaptacje układów pokarmowych kręgowców korelują z dietą 911

- Adaptacje uzębienia 911
- Adaptacje żołądka i jelit 912
- Adaptacje mutualistyczne 912

ZAGADNIENIE 41.5 Pętle sprzężeń zwrotnych regulują trawienie, magazynowanie energii oraz apetyt 915

- Regulacja trawienia 915
- Regulacja magazynowania energii 915
- Regulacja apetytu i spożycia kalorii 917

42 Krążenie i wymiana gazowa 921

ZAGADNIENIE 42.1 Układy krążenia łączą powierzchnie wymiany z komórkami w całym organizmie 922

- Jamy gastralne 922
- Otwarty i zamknięty układ krążenia 923
- Organizacja układu krążenia kręgowców 924

ZAGADNIENIE 42.2 Skoordynowane cykle skurczów serca napędzają krążenie podwójne u ssaków 926

- Krążenie u ssaków 926
- Serce ssaka: bliższe spojrzenie 926
- Utrzymanie rytmicznego bicia serca 928

ZAGADNIENIE 42.3 Wzorce ciśnienia i przepływu krwi odzwierciedlają budowę i rozmieszczenie naczyń krwionośnych 929

- Budowa i funkcja naczyń krwionośnych 929
- Szybkość przepływu krwi 930
- Ciśnienie krwi 930
- Funkcja naczyń włosowatych 932
- Powrót płynu układem limfatycznym 933

ZAGADNIENIE 42.4 Składniki krwi biorą udział w wymianie, transporcie i obronie 934

- Skład i funkcja krwi 934
- Choroby układu sercowo-naczyniowego 937

ZAGADNIENIE 42.5 Wymiana gazowa zachodzi poprzez wyspecjalizowane powierzchnie oddechowe 939

- Gradienty ciśnienia parcjalnego w wymianie gazowej 939
- Środowiska oddechowe 939
- Powierzchnie oddechowe 940
- Skrzela u zwierząt wodnych 940
- Układ tchawkowy u owadów 941
- Płuca 942

ZAGADNIENIE 42.6 Oddychanie wentyluje płuca 944

- Jak oddycha płaz 944
- Jak oddycha ptak 944
- Jak oddycha ssak 945
- Kontrola oddychania u ludzi 946

ZAGADNIENIE 42.7 Adaptacje do wymiany gazowej obejmują barwniki, które wiążą i transportują gazy 947

- Koordinacja krążenia i wymiany gazowej 947
- Barwniki oddechowe 947
- Adaptacje oddechowe u nurkujących ssaków 949

43 Układ odpornościowy 952

ZAGADNIENIE 43.1 W odporności wrodzonej rozpoznanie i odpowiedź zależą od cech wspólnych dla grup patogenów 953

- Odporność wrodzona bezkręgowców 953
- Odporność wrodzona kręgowców 954
- Unikanie odporności wrodzonej przez patogeny 957

ZAGADNIENIE 43.2 W odporności adaptacyjnej receptory zapewniają swoiste rozpoznanie patogenu 957

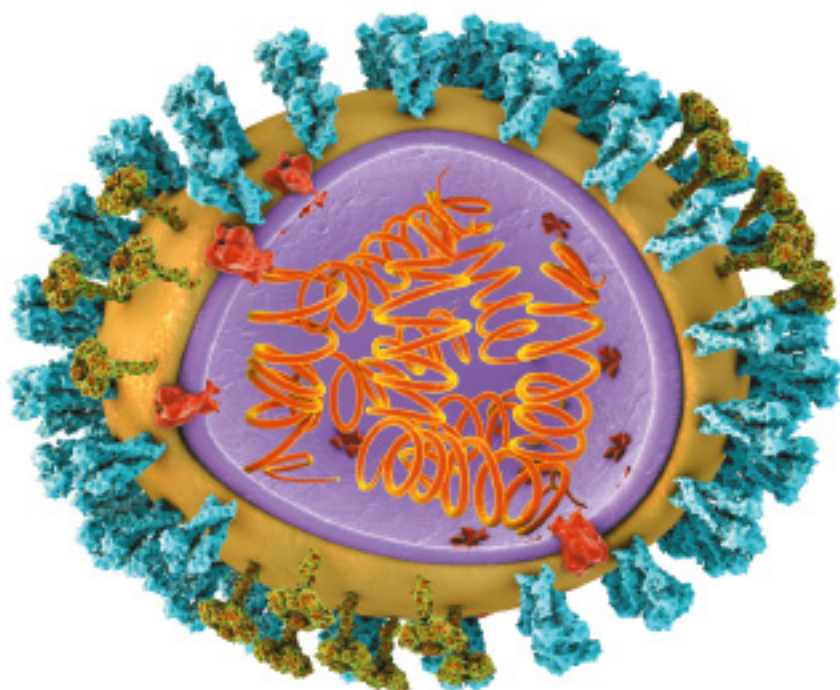
- Antygeny jako wyzwalacze odporności adaptacyjnej 958
- Rozpoznawanie antygeny przez limfocyty B i przeciwciała 958
- Rozpoznawanie antygeny przez limfocyty T 959
- Rozwój limfocytów B i T 960

ZAGADNIENIE 43.3 Odporność adaptacyjna chroni komórki i płyny ciała przed zakażeniem 963

- Limfocyty pomocnicze T: odpowiedź na niemal wszystkie antygeny 963
- Limfocyty B i przeciwciała: odpowiedź na patogeny zewnątrzkomórkowe 964
- Cytotoksyczne limfocyty T: odpowiedź na zakażone komórki 966
- Podsumowanie humoralnej i komórkowej odpowiedzi immunologicznej 967
- Immunizacja 968
- Odporność czynna i bierna 968
- Przeciwciała jako narzędzia 969
- Odrzut immunologiczny 969

ZAGADNIENIE 43.4 Zaburzenia w funkcjonowaniu układu odpornościowego mogą wywołać lub zaostrzyć chorobę 970

- Nadmierna, skierowana przeciw sobie i obniżona odpowiedź immunologiczna 970
- Ewolucyjne adaptacje patogenów leżące u podstaw unikania układu odpornościowego 971
- Nowotwór a odporność 974



44 Osmoregulacja i wydalanie 977

ZAGADNIENIE 44.1 Osmoregulacja utrzymuje równowagę pomiędzy pobieraniem a utratą wody i substancji rozpuszczonych 978

- Osmoza i osmolarność 978
- Wyzwania i mechanizmy osmoregulacyjne 978
- Energetyka osmoregulacji 980
- Nabłonek transportujący w osmoregulacji 981

ZAGADNIENIE 44.2 Azotowe odpady metaboliczne zwierzęcia odzwierciedlają jego filogenezę i środowisko życia 982

- Rodzaje azotowych odpadów metabolicznych 982
- Wpływ ewolucji i środowiska na azotowe odpady metaboliczne 983

ZAGADNIENIE 44.3 Różne układy wydalnicze są modyfikacjami systemu kanalików 983

- Przegląd układów wydalniczych 984

ZAGADNIENIE 44.4 Organizacja nefronu pozwala na stopniowe tworzenie filtratu krwi 987

- Od filtratu krwi do moczu: *bliższe spojrzenie* 987
- Gradient substancji rozpuszczonych a oszczędzanie wody 989
- Adaptacje nerek kręgowców do różnorodnych środowisk 991

ZAGADNIENIE 44.5 Pętle hormonalne łączą funkcje nerek, równowagę wodną i ciśnienie krwi 994

- Regulacja homeostatyczna nerki 994

45 Hormony i układ endokrynnny 999

ZAGADNIENIE 45.1 Hormony i inne cząsteczki sygnałowe wiążą się z odpowiednimi receptorami komórek docelowych, wyzwalając swoiste szlaki odpowiedzi 1000

- Przepływ informacji między komórkami 1000
- Klasy chemiczne hormonów 1001
- Hormonalne szlaki odpowiedzi komórkowych 1002
- Narządy i tkanki endokrynne 1003

ZAGADNIENIE 45.2 W szlakach hormonalnych powszechna jest regulacja za pomocą sprzężeń zwrotnych i koordynacji z układem nerwowym 1004

- Proste szlaki endokrynne 1004
- Prosty szlak neuroendokrynnny 1005
- Regulacja za pomocą sprzężenia zwrotnego 1005
- Koordynacja układów endokrynnego i nerwowego 1006
- Regulacja tarczycy: szlak kaskady hormonalnej 1008
- Regulacja hormonalna wzrostu 1009

ZAGADNIENIE 45.3 Gruczoły endokrynne w odpowiedzi na różnorodne sygnały regulują homeostazę, rozwój i zachowanie 1011

- Hormony przytarczyc i witamina D: kontrola stężenia wapnia we krwi 1011
- Hormony nadnerczy: odpowiedź na stres 1012
- Hormony płciowe 1014
- Hormony i rytmy biologiczne 1015
- Ewolucja funkcji hormonów 1015

46 Rozmnażanie zwierząt 1019

ZAGADNIENIE 46.1 W królestwie zwierząt występuje rozmnażanie bezpłciowe i płciowe 1020

- Mechanizm rozmnażania bezpłciowego 1020
- Zmiany we wzorcach rozmnażania płciowego 1020
- Cykle rozrodcze 1021
- Rozmnażanie płciowe: zagadka ewolucyjna 1021

ZAGADNIENIE 46.2 Zapłodnienie zależy od mechanizmów łączenia się plemników i komórek jajowych osobników tego samego gatunku 1022

- Warunki pozwalające na przeżycie potomstwa 1023
- Wytwarzanie gamet i ich transport 1023



ZAGADNIENIE 46.3 Narządy rozrodcze wytwarzają i transportują gamety 1025

- Budowa męskiego układu rozrodczego człowieka 1025
- Budowa żeńskiego układu rozrodczego człowieka 1026
- Gametogeneza 1027

ZAGADNIENIE 46.4 Wzajemne oddziaływania hormonów tropowych i płciowych sterują rozmnażaniem ssaków 1030

- Płeć biologiczna, tożsamość płciowa i orientacja seksualna w seksualności człowieka 1031
- Hormonalna kontrola męskiego układu rozrodczego 1031
- Hormonalna kontrola cyklu rozrodczego u kobiet 1032
- Reakcje seksualne człowieka 1034

ZAGADNIENIE 46.5 U ssaków łożyskowych cały rozwój zarodka przebiega w macicy 1034

- Zapłodnienie, rozwój zarodkowy i narodziny 1034
- Tolerancja immunologiczna zarodka i płodu przez organizm matki 1037
- Antykoncepcja i aborcja 1037
- Współczesne metody wspomaganego rozrodu 1039

47 Rozwój organizmu zwierzęcego 1043

ZAGADNIENIE 47.1 Zapłodnienie i bruzdkowanie inicjują rozwój zarodkowy 1044

- Zapłodnienie 1044
- Bruzdkowanie 1046

ZAGADNIENIE 47.2 Morfogeneza u zwierząt obejmuje specyficzne zmiany w kształcie, położeniu i przeżywalności komórki 1049

- Gastrulacja 1049
- Adaptacje rozwojowe owodniowców 1053
- Organogeneza 1054
- Rola cytoszkieletu w morfogenezie 1056

ZAGADNIENIE 47.3 Determinanty cytoplazmatyczne i sygnały indukcyjne przyczyniają się do wyznaczenia losu komórki 1057

- Mapowanie losu komórek 1057
- Tworzenie osi ciała zarodka 1059
- Ograniczenie potencjału rozwojowego 1060
- Determinowanie losu komórek i kształtowanie wzoru rozwojowego przez sygnały indukcyjne 1061
- Rzęski i los komórek 1064

48 Neurony, synapsy i przepływ sygnałów 1067

ZAGADNIENIE 48.1 Budowa i organizacja neuronów odzwierciedlają funkcje w przekazie informacji 1068

- Budowa i funkcja neuronu 1068
- Wstęp do przetwarzania informacji 1068

ZAGADNIENIE 48.2 Pompy jonowe i kanały jonowe utrzymują potencjał spoczynkowy neuronu 1069

- Wytwarzanie potencjału spoczynkowego 1070
- Modelowanie potencjału spoczynkowego 1071

ZAGADNIENIE 48.3 Potencjały czynnościowe są sygnałami przewodzonymi przez aksony 1072

- Hiperpolaryzacja i depolaryzacja 1072
- Potencjały stopniowane i potencjały czynnościowe 1073
- Wytwarzanie potencjałów czynnościowych: *bliższe spojrzenie* 1073
- Przewodzenie potencjałów czynnościowych 1075

ZAGADNIENIE 48.4 Neurony komunikują się z innymi komórkami przez synapsy 1077

- Wytwarzanie potencjałów postsynaptycznych 1078
- Sumowanie potencjałów postsynaptycznych 1079
- Zakończenie sygnalizacji neuroprzebieżnikiem 1079
- Modulowana transmisja synaptyczna 1080
- Neuroprzebieżniki 1080

49 Układy nerwowe 1085

ZAGADNIENIE 49.1 Układy nerwowe składają się z obwodów nerwowych i komórek podporowych 1086

- Organizacja układu nerwowego kręgowca 1087
- Obwodowy układ nerwowy 1088
- Gleń 1090

ZAGADNIENIE 49.2 Mózg kręgowca jest wyspecjalizowany regionalnie 1091

- Czuwanie i sen 1094
- Regulacja zegara biologicznego 1094
- Emocje 1095
- Obrazowanie funkcjonalne mózgu 1096

ZAGADNIENIE 49.3 Kora mózgowa kontroluje ruchy dowolne i funkcje poznawcze 1096

- Przetwarzanie informacji 1097
- Język i mowa 1098
- Lateralizacja funkcji korowych 1098
- Funkcja płata czołowego 1098
- Ewolucja poznania u kręgowców 1098

ZAGADNIENIE 49.4 Zmiany w połączeniach synaptycznych leżą u podstaw pamięci i uczenia się 1099

- Plastyczność neuronalna 1100
- Pamięć i uczenie się 1100
- Potencjalizacja długotrwała 1101

ZAGADNIENIE 49.5 Wiele zaburzeń układu nerwowego można wyjaśnić na poziomie molekularnym 1102

- Schizofrenia 1102
- Depresja 1102
- Mózgowy układ nagrody a uzależnienie od substancji psychoaktywnych 1103
- Choroba Alzheimera 1103
- Choroba Parkinsona 1104
- Dalsze kierunki badań mózgu 1104

50 Mechanizmy czuciowe i ruchowe 1107

ZAGADNIENIE 50.1 Receptory czuciowe przetwarzają energię bodźców i przesyłają sygnały do ośrodkowego układu nerwowego 1108

- Recepcja czuciowa i transdukcja 1108
- Transmisja 1109
- Percepcja 1109
- Wzmocnienie i adaptacja 1109
- Typy receptorów czuciowych 1110

ZAGADNIENIE 50.2 Mechanoreceptory odpowiedzialne za słuch i równowagę wykrywają poruszający się płyn albo osiadanie drobiny 1112

- Wykrywanie siły ciężenia i dźwięku u bezkręgowców 1112
- Słuch i równowaga u ssaków 1112
- Słuch i równowaga u innych kręgowców 1116

ZAGADNIENIE 50.3 Różne receptory wzrokowe zwierząt zależą od barwników absorbujących światło 1117

- Ewolucja percepcji wzrokowej 1117
- Układ wzrokowy kręgowca 1119

ZAGADNIENIE 50.4 Zmysły smaku i węchu opierają się na podobnych zestawach receptorów czuciowych 1123

- Zmysł smaku u ssaków 1123
- Zmysł węchu u ludzi 1124

ZAGADNIENIE 50.5 Fizyczna interakcja filamentów białkowych umożliwia działanie mięśnia 1125

- Mięsień szkieletowy kręgowca 1126
- Inne typy mięśni 1131

ZAGADNIENIE 50.6 Układy szkieletowe przekształcają skurcz mięśnia w lokomocję 1132

- Rodzaje układów szkieletowych 1132
- Typy lokomocji 1134

51 Zachowania zwierząt 1139

ZAGADNIENIE 51.1 Pojedyncze sygnały czuciowe mogą stymulować zarówno proste, jak i złożone zachowania 1140

- Stałe wzorce działania 1140
- Migracja 1140
- Rytmy behawioralne 1141
- Sygnały i komunikacja u zwierząt 1141

ZAGADNIENIE 51.2 Uczenie się tworzy określone powiązania pomiędzy doświadczeniem a zachowaniem 1143

- Doświadczenie a zachowanie 1143
- Uczenie się 1144

ZAGADNIENIE 51.3 Różne zachowania można wyjaśnić doбором skierowanym na przeżycie osobnika i sukces reprodukcyjny 1148

- Ewolucja zachowania związanego z żerowaniem 1148
- Zachowanie godowe i wybór partnera 1149

ZAGADNIENIE 51.4 Analizy genetyczne i koncepcja dostosowania łącznego dostarczają podstaw do badania ewolucji zachowań 1154

- Genetyczne podstawy zachowania 1155
- Zmienność genetyczna a ewolucja zachowania 1155
- Altruizm 1156
- Dostosowanie łączne 1157
- Ewolucja a kultura człowieka 1159

Wywiad: Chelsea Rochman 1163

52 Wprowadzenie do ekologii i biosfery 1164

ZAGADNIENIE 52.1 Klimat Ziemi jest zróżnicowany w zależności od szerokości geograficznej i pór roku oraz podlega szybkim zmianom 1167

- Globalne wzorce klimatu 1167
- Regionalny i lokalny wpływ na klimat 1167
- Wpływ roślinności na klimat 1169
- Mikroklimat 1169
- Globalne zmiany klimatyczne 1170

ZAGADNIENIE 52.2 Rozmieszczenie biomów lądowych jest kontrolowane przez klimat i jego zaburzenia 1171

- Klimat i biomy lądowe 1171
- Ogólne cechy biomów lądowych 1172
- Zaburzenia i biomy lądowe 1172

ZAGADNIENIE 52.3 Biomy wodne są zróżnicowanymi i dynamicznymi systemami pokrywającymi większość Ziemi 1177

- Strefowość biomów wodnych 1177

ZAGADNIENIE 52.4 Oddziaływania między organizmami a środowiskiem decydują o rozmieszczeniu gatunków 1178

- Dyspersja i rozmieszczenie 1183
- Czynniki biotyczne 1184
- Czynniki abiotyczne 1184

ZAGADNIENIE 52.5 Zmiany ekologiczne i ewolucja wpływają na siebie wzajemnie w długich i krótkich okresach 1187

53 Ekologia populacji 1190

ZAGADNIENIE 53.1 Czynniki biotyczne i abiotyczne wpływają na zagęszczenie, rozmieszczenie i demografię populacji 1191

- Zagęszczenie i rozmieszczenie 1191
- Demografia 1193

ZAGADNIENIE 53.2 Model wykładniczy opisuje wzrost populacji w idealnym, nieograniczonym środowisku 1196

- Zmiany w wielkości populacji 1196
- Wzrost wykładniczy 1196

ZAGADNIENIE 53.3 Model logistyczny opisuje spadek tempa wzrostu populacji w miarę zbliżania się jej liczebności do pojemności środowiska 1197

- Logistyczny model wzrostu 1198
- Model logistyczny i rzeczywiste populacje 1199

ZAGADNIENIE 53.4 Cechy historii życiowej wynikają z działania doboru naturalnego 1200

- Zróżnicowanie historii życiowych 1200
- Kompromisy ewolucyjne (*trade-offs*) i historie życiowe 1201

ZAGADNIENIE 53.5 Czynniki zależne od zagęszczenia regulują wzrost populacji 1202

- Zmiany wielkości populacji i zagęszczenie populacji 1203
- Mechanizmy regulacji populacji zależne od zagęszczenia 1203
- Dynamika populacji 1205



ZAGADNIENIE 53.6 Populacja ludzka przestała rosnać
wykładniczo, ale wciąż szybko się powiększa 1207

Globalna populacja ludzka 1207

Globalna pojemność środowiska 1209

54 Ekologia biocenoz 1214

ZAGADNIENIE 54.1 Interakcje międzygatunkowe
mogą być korzystne, szkodliwe lub obojętne dla uczestniczących
w nich organizmów 1215

Konkurencja 1215

Interakcje eksploatacyjne 1217

Interakcje nieantagonistyczne 1220

ZAGADNIENIE 54.2 Biocenozy charakteryzują się
różnorodnością gatunkową i strukturą troficzną 1222

Różnorodność gatunkowa 1222

Zróżnicowanie i stabilność biocenozy 1223

Struktura troficzna 1223

Gatunki o dużym wpływie na biocenozę 1225

Regulacja oddolna i odgórna 1226

ZAGADNIENIE 54.3 Zaburzenia wpływają na różnorodność
i skład gatunkowy biocenoz 1228

Charakterystyka zaburzeń 1228

Sukcesja ekologiczna 1229

Zaburzenia spowodowane przez człowieka 1231

ZAGADNIENIE 54.4 Czynniki biogeograficzne wpływają
na różnorodność biologiczną biocenoz 1231

Gradient równoleżnikowy 1232

Wpływ powierzchni 1232

Model równowagi dynamicznej wysp 1232

ZAGADNIENIE 54.5 Patogeny wpływają na lokalną i globalną
strukturę biocenoz 1234

Patogeny a struktura biocenozy 1234

Ekologia biocenozy a zoonozy 1234

55 Ekosystemy i ekologia restytucyjna 1238

ZAGADNIENIE 55.1 Prawa fizyki rządzą przepływem energii
i obiegiem pierwiastków w ekosystemach 1239

Przepływ energii i krążenie pierwiastków 1239

Zasada zachowania energii 1239

Zasada zachowania masy 1239

Energia, materia i poziomy troficzne 1240

ZAGADNIENIE 55.2 Energia i pozostałe czynniki ograniczające
kontrolują produkcję pierwotną w ekosystemach 1241

Budżet energetyczny ekosystemu 1241

Produkcja pierwotna i ekosystemy wodne 1242

Produkcja pierwotna w ekosystemach lądowych 1243

Wpływ zmiany klimatu na produkcję 1244

ZAGADNIENIE 55.3 Wydajność przepływu energii między
poziomami troficznymi wynosi zwykle tylko 10% 1246

Wydajność produkcji 1246

Wydajność troficzna i piramidy ekologiczne 1246

ZAGADNIENIE 55.4 Procesy biologiczne i geochemiczne
powodują krążenie substancji odżywczych i wody
w ekosystemach 1248

Rozkład i tempo krążenia pierwiastków biogennych 1248

Cykle biogeochemiczne 1249

Studium przypadku: krążenie pierwiastków biogennych w Lesie

Doświadczalnym Hubbard Brook 1252



ZAGADNIENIE 55.5 Ekolodzy restytucyjni przywracają
zniszczone ekosystemy do bardziej naturalnego stanu 1253

Bioremediacja 1253

Bioaugmentacja 1255

Ekosystemy: *przegląd* 1255

56 Biologia konserwatorska i zmiany globalne 1260

ZAGADNIENIE 56.1 Działalność człowieka zagraża
bioróżnorodności na Ziemi 1261

Trzy poziomy bioróżnorodności 1261

Bioróżnorodność a jakość życia ludzi 1262

Zagrożenia bioróżnorodności 1263

Czy można przywrócić do życia gatunki wymarłe? 1266

ZAGADNIENIE 56.2 Ochrona populacji skupia się na
wielkości populacji, różnorodności genetycznej i środowiskach
kluczowych 1266

Zagrożenie wyginięciem w małych populacjach 1266

Środowisko kluczowe 1269

Konflikt interesów w działaniach ochroniarskich 1270

ZAGADNIENIE 56.3 Ochrona krajobrazu i lokalne
działania na rzecz ochrony przyrody pomagają utrzymać
bioróżnorodność 1270

Struktura krajobrazu i bioróżnorodność 1270

Zakładanie obszarów chronionych 1272

Ekologia miast 1274

ZAGADNIENIE 56.4 W efekcie działalności człowieka Ziemia
szybko się zmienia 1274

Wprowadzanie substancji odżywczych 1274

Toksyny w środowisku 1275

Gazy cieplarniane i zmiana klimatu 1278

Dziura ozonowa 1283

ZAGADNIENIE 56.5 Zrównoważony rozwój może poprawić
jakość życia ludzi i jednocześnie wspomagać ochronę
bioróżnorodności 1284

Zrównoważony rozwój 1284

Przyszłość biosfery 1285

DODATEK A Odpowiedzi A-1

DODATEK B Klasyfikacja organizmów B-1

DODATEK C Porównanie mikroskopu świetlnego
i mikroskopu elektronowego C-1

DODATEK D Przegląd umiejętności naukowych D-1

PRAWA DO ZDJĘĆ, RYCIN I TEKSTÓW 1

SŁOWNICZEK S-1

INDEKS I-1

