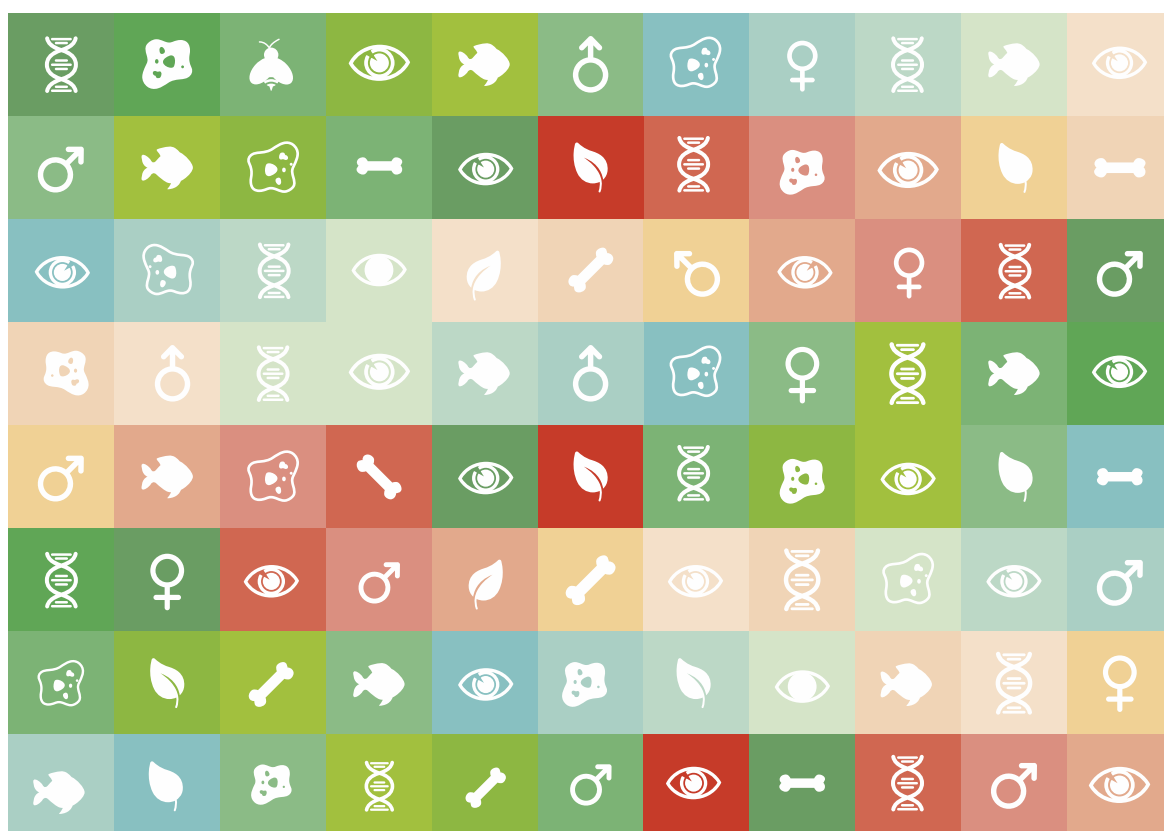


Seria obowiązkowych repetytoriów

BIOLOGIA

KOREPETYCJE MATURZYSTY



TWÓJ DOMOWY NAUCZYCIEL



Urszula Sokół

BIOLOGIA

KOREPETYCJE MATURZYSTY

Redaktor serii: **Marek Jannasz**

Redakcja: **Bianka Piwowarczyk-Kowalewska, Ewa Rux**

Korekta: **Ewa Rux**

Projekt okładki: **Teresa Chylińska-Kur, KurkaStudio**

Projekt makiety i opracowanie graficzne: **Kaja Mikoszevska**

© Copyright by Wydawnictwo Lingo sp. j., Warszawa 2016

www.cel-matura.pl

ISBN: 978-83-63165-39-0

ISBN wydania elektronicznego: 978-83-7892-479-1

Skład i łamanie: Kaja Mikoszevska

BIOLOGIA

KOREPETYCJE MATURZYSTY

BADANIA BIOLOGICZNE

SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW

CYTOLOGIA – NAUKA O KOMÓRKACH

HISTOLOGIA – NAUKA O TKANKACH

METABOLIZM

PRZEGLĄD RÓŻNORODNOŚCI ORGANIZMÓW ŻYWYCH

BUDOWA I FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

GENETYKA

EKOLOGIA

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

EWOLUCJA BIOLOGICZNA

ANTROPOLOGIA – NAUKA O CZŁOWIEKU

JAK DOBRZE ZDAĆ MATURĘ Z BIOLOGII

1. Uważnie czytaj polecenia. Podkreśl słowo–klucz.
2. Odpowiedź ma być wyrażona całym zdaniem – powinna mieć podmiot i orzeczenie, zaczynać się wielką literą i być zakończona kropką. Musi być poprawna stylistycznie.
3. Udzielając odpowiedzi, korzystaj z pytania, np.:
Pytanie: „Uzasadnij, dlaczego w transporcie aktywnym wykorzystywana jest energia”.
Odpowiedź: „W transporcie aktywnym wykorzystywana jest energia, ponieważ jest to transport niezgodny z gradientem stężeń”.
4. Zwracaj uwagę na czasowniki operacyjne: „opisz”, „wymień”, „narysuj”, „omów”, „napisz w punktach” itp.
5. Każdą odpowiedź przemyśl – oceniane są nie tylko zawarte wiadomości, ale i forma przekazu.
6. Pisz tylko na temat, dodatkowe informacje nie będą oceniane, a gdy pojawi się w nich błąd merytoryczny, odpowiedź prawidłowa zostanie oceniona na 0 punktów.
7. Aby uniknąć niebezpieczeństwa popełnienia błędu merytorycznego, wypisz tylko tyle cech lub elementów, ile jest wymaganych w poleceniu.
8. Jeśli porównujesz dwa elementy, musisz napisać: „w A jest tak, a w B tak”.
9. Jeśli masz podać dwa argumenty, każdy z nich należy ująć w osobnym zdaniu. Jeśli napiszesz dwa argumenty w jednym zdaniu, zostanie to uznane za jeden argument.

10. Z kilkuletnich analiz matur wynika, że młodzież ma najwięcej problemów z projektowaniem doświadczeń, rysowaniem wykresów, podawaniem jednostek, poprawnym zaokrągleniem wartości liczbowych, podaniem poprawnych spostrzeżeń i wniosków z zadań – jeśli i Ty należysz do tej grupy, to ćwicz, ćwicz i jeszcze raz ćwicz – pamiętaj, „**trening czyni mistrza**”.
11. Pamiętaj o poprawności używanych terminów biologicznych. Jeśli nie masz pewności co do brzmienia danego pojęcia, zastąp je synonimem lub opisz to, co chcesz napisać (np. homeostaza to nie to samo co hemostaza).
12. Pamiętaj o poprawności językowej – nikt nie będzie się niczego domyślać.
13. Pisz czytelnie. Jeśli egzaminator nie będzie w stanie odczytać odpowiedzi, postawi 0 punktów – choć może zadanie jest rozwiązane dobrze.
14. Pisz tylko czarnym długopisem.
15. Nie zostawiaj pustych pytań; jeśli nie znasz odpowiedzi, napisz, co Ci się wydaje – kto wie, może zyskasz choć jeden cenny punkt. Nie stać Cię na to, by go stracić.
16. Wszystko dobrze przemyśl. Nie śpiesz się – zanim oddasz pracę, przeczytaj wszystkie pytania i odpowiedzi jeszcze raz. Nie żałuj na to czasu.
17. Dobrze przygotuj się do matury, zaplanuj swoją pracę i ucz się systematycznie.

**Książka, którą trzymasz w ręku,
ułatwi Ci to zadanie!**

Sukces na maturze i bilet wstępu
na wymarzone studia to nie dar,
lecz wynik systematycznej pracy.

*Powodzenia
Urszula Sokół*

SPIS TREŚCI

BADANIA BIOLOGICZNE 11**SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW 15**

Składniki nieorganiczne	16
Woda	16
Sole mineralne	17
Podział pierwiastków chemicznych występujących w organizmach żywych	18
Składniki organiczne	20
Węglowodany	20
Białka	21
Poziomy organizacji struktury białek	22
Lipidy (tłuszczowce)	23
Wiązania i oddziaływania chemiczne w cząsteczkach biologicznych	25

CYTOLOGIA – NAUKA O KOMÓRKACH 27

Organelle komórkowe	31
Błona komórkowa	31
Mechanizmy transportu przez błonę komórkową	32
Cytoplazma	32
Wewnątrzkomórkowy system błon plazmatycznych	33
Rybosomy	34
Mitochondria	34
Jądro komórkowe	35
Centrosom	35
Peroxisomy	35
Funkcje peroksisomów	36
Ściana komórkowa	36
Funkcje ściany komórkowej	37
Plastydy	37
Wakuole	37
Funkcje wakuoli	38
Podział komórki	38
Amitoza	38
Mitoza	38
Mejoza	39

HISTOLOGIA – NAUKA O TKANKACH 43

Tkanki zwierzęce	44
Tkanka nabłonkowa	44
Tkanka łączna	48
Tkanka mięśniowa	54
Tkanka nerwowa	56
Tkanka glejowa	58
Tkanki roślinne	60
Tkanki twórcze (merystematyczne)	60
Tkanki stałe	61
Cechy	61
Tkanka okrywająca	61
Tkanka mięsistowa	61
Tkanka wzmacniająca	63
Tkanka przewodząca	63
Tkanka wydzielnicza	65

METABOLIZM 67

Enzymy	68
Specyficzność substratowa	68
Kinetyka pracy enzymów	69
Czynniki wpływające na pracę enzymów	70
Podstawy metabolizmu	71
Akumulatory i przenośniki energii w komórce	71
Główne szlaki i cykle metaboliczne	73
Fotosynteza	73
Barwniki biorące udział w fotosyntezie	75
Oddychanie wewnątrzkomórkowe	76
Oddychanie beztlenowe	77
Oddychanie tlenowe	77
Etapy oddychania komórkowego	77
Utlenianie kwasów tłuszczowych (β-oksydacja)	78

RÓŻNORODNOŚĆ

ORGANIZMÓW ŻYWYCH

81

Zasady klasyfikacji i sposoby identyfikacji organizmów

82

Wirusy

83

Retrowirusy 85

Cykl życiowy retrowirusa
(na przykładzie wirusa HIV) 85

Choroby wirusowe 86

Bakterie

88

Podział morfologiczny bakterii 88

Podział ze względu na sposób
odżywiania 89

Podział ze względu na wykorzystywane
źródło energii 90

Podział ze względu na sposób
oddychania 90

Rozmnażanie bakterii 91

Przyswajanie azotu cząsteczkowego 91

Znaczenie bakterii 91

Protisty

94

Ruch protistów 94

Odżywianie się protistów 95

Rozmnażanie się protistów 95

Cykl życiowy protistów
wielokomórkowych 96

Oddychanie 96

Reakcje na bodźce 96

Osmoregulacja i wydalanie protistów 96

Znaczenie protistów 96

Rośliny (Plantae)

101

WSPÓŁCZEŚNIE ŻYJĄCE ROŚLINY 101

Mszaki 101

Gametofit 101

Sporofit 102

Cykl rozwojowy mszaków 102

Rozmnażanie wegetatywne 102

Paprotniki 104

Przystosowanie paprotników do życia
na lądzie 104

Gametofit paproci 105

Sporofit paproci 105

Rośliny nagonasienne 108

Charakterystyka roślin nagonasiennych 108

Rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe) 109

ORGANY ROŚLINNE 114

Korzeń 114

Łodyga 116

Liść 118

Organy generatywne 119

Kwiat 119

Nasiono 120

Owoc 121

Transport substancji w roślinie 124

Przystosowanie roślin do transportu
substancji 124

Mechanizmy pobierania i transportu
wody 124

Transport asymilatów w roślinie 126

Rozmnażanie roślin 126

Ruchy roślin 128

Taksje 128

Tropizmy 128

Nastie 129

Ruchy autonomiczne 129

Hormony roślinne (fitohormony) 131

Grzyby (Fungi)

133

Cechy charakterystyczne 133

Formy życiowe grzybów 133

Odżywianie 133

Mikoryza 133

Rozmnażanie 134

Znaczenie grzybów 134

Skoczkowce 135

Sprzężniowce 135

Workowce 136

Podstawczaki 136

Porosty (grzyby zlichenizowane) 137

Zwierzęta (Animalia)

138

ZWIERZĘTA BEZKRĘGOWE 138

Gąbki (Porifera) 138

Rozmnażanie 138

Typy budowy 138

Systematyka 139

Znaczenie 139

Parzydełkowce (Cnidaria) 139

Komórki budujące ciało

parzydełkowców 140

Odżywianie 140

Rozmnażanie 140

Płazińce (<i>Platyhelminthes</i>)	140
Wirki	141
Przywry wewnętrzniaki	141
Tasiemce	141
Pasożytnictwo	142
Nicieńce (<i>Nematoda</i>)	143
Przedstawiciele	144
Profilaktyka zakażeń nicieniami	145
Pierścienice (<i>Annelida</i>)	145
Przedstawiciele	145
Stawonogi (<i>Arthropoda</i>)	146
Znaczenie stawonogów	147
Mięczaki (<i>Mollusca</i>)	149
Rozmnażanie	150
Przedstawiciele	150
Szkarłupnie (<i>Echinodermata</i>)	151
Czynności życiowe	151
Przedstawiciele	152
Strunowce (<i>Chordata</i>)	152
ZWIERZĘTA KRĘGOWE (<i>Vertebrata</i>)	153
Ryby (<i>Pisces</i>)	153
Przystosowanie ryb do życia w środowisku wodnym	154
Płazy (<i>Amphibia</i>)	156
Przystosowanie żaby do życia w środowisku wodnym	156
Przystosowanie żaby do życia w środowisku lądowym	157
Gady (<i>Reptilia</i>)	158
Przystosowanie gadów do życia w środowisku lądowym	158
Rozmnażanie	159
Ptaki (<i>Aves</i>)	160
Przystosowanie ptaków do lotu	160
Ssaki (<i>Mammalia</i>)	161

BUDOWA I FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA 165

Układ pokarmowy	166
Budowa układu pokarmowego człowieka	166
Trawienie	169
Trawienie węglowodanów	169
Wchłanianie glukozy	169
Trawienie białek	169
Wchłanianie aminokwasów	170
Trawienie tłuszczów	170
Wchłanianie tłuszczów	170
Regulacja pracy układu pokarmowego	170
Układ oddechowy	171
Budowa układu oddechowego	171
Czynniki szkodliwe dla układu oddechowego	173
Układ krążenia	174
Układ krwionośny człowieka	174
Choroby układu sercowo-naczyniowego	179
Układ limfatyczny	181
Układ immunologiczny (odpornościowy)	183
Rodzaje odporności	183
Grupy krwi	183
Układ wydalniczy	185
Budowa układu wydalniczego człowieka	185
Budowa nefronu	185
Mechanizm powstawania moczu	186
Etapy powstawania moczu	186
Skóra	187
Budowa skóry (1,5–2 m ²)	188
Układ ruchu	189
Układ szkieletowy	189
Szkielet człowieka	190
Układ mięśniowy	191
Schorzenia układu ruchu	192
Układ rozrodczy	193
Sposoby rozmnażania organizmów	193
Budowa układu rozrodczego człowieka	193
Budowa układu męskiego	193
Budowa układu żeńskiego	194

Układy kontrolne 200

Układ nerwowy	200
Ośrodkowy układ nerwowy (OUN)	200
Obwodowy układ nerwowy (ObUN)	202
Układ nerwowy somatyczny	
i autonomiczny	202
Narząd wzroku człowieka	205
Mechanizm widzenia	206
Chemizm widzenia	206
Schorzenia oka	206
Ucho – narząd słuchu i równowagi	207
Stres	208
Sen	209
Choroby układu	
nerwowego	210
Układ hormonalny	211
Kontrola wydzielania hormonów	213

Zdrowie człowieka i jego zaburzenia 220

Czynniki chorobotwórcze	220
Klasyfikacja chorób człowieka	220

GENETYKA 223

Kwasy nukleinowe 224

DNA (kwas deoksyrybonukleinowy)	
– podstawowy nośnik informacji genetycznej	224
RNA (kwas rybonukleinowy)	225
Transkrypcja – proces powstawania mRNA	226
Translacja – przetłumaczenie kolejności	
nukleotydów na kolejność aminokwasów	227

Regulacja ekspresji genów 228

Genom człowieka	230
Rodzaje mutacji	230
Ważniejsze pojęcia genetyczne	235
Dziedziczenie według Mendla	236
Odstępstwa od praw Mendla	238
Mapowanie genów	240
Chromosomowo-genowa teoria	
dziedziczności Thomasa Morgana	240

Biotechnologia i inżynieria genetyczna 241

Techniki inżynierii genetycznej	242
Zastosowanie inżynierii genetycznej	242
Klonowanie – kontrowersyjny problem	
współczesnego świata	245
Sposoby i cele otrzymywania komórek	
macierzystych	246
Projekt poznania ludzkiego genomu	
(HUGO, Human Genome Project)	247

EKOLOGIA 251

Poziomy ekologiczne	252
Nisza ekologiczna	252
Tolerancja ekologiczna	252
Podstawowe prawa ekologii	253
Cechy charakteryzujące populację	253
Stosunki między populacjami	
w biocenozie	254
Struktura troficzna biocenozy	256
Przepływ energii w ekosystemie	257
Krążenie materii w ekosystemie	257

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA 259

Poziomy różnorodności biologicznej 260

Różnorodność genetyczna	
(wewnątrzgatunkowa)	260
Różnorodność gatunkowa	
(międzygatunkowa)	260
Różnorodność ekosystemowa	260
Wpływ człowieka na bioróżnorodność	261

Formy ochrony przyrody w Polsce 263

EWOLUCJA BIOLOGICZNA 267

Źródła wiedzy o mechanizmach i przebiegu ewolucji 268

Cechy ewolucji 270

Pochodzenie i rozwój życia na Ziemi	272
-------------------------------------	-----

ANTROPOLOGIA – NAUKA O CZŁOWIEKU 275

Spis ilustracji i schematów 282

Spis tabel 284

Rozdział 1.

BADANIA BIOLOGICZNE

BADANIA BIOLOGICZNE

Cel
Problem badawczy
Hipoteza
Wniosek
Próba kontrolna
Próba badawcza
Wykresy

BADANIA BIOLOGICZNE

Planowanie, prowadzenie oraz dokumentowanie obserwacji i doświadczeń biologicznych to jedne z najważniejszych umiejętności. Analizując badanie biologiczne, należy uwzględnić następujące elementy:

- **cel** – co zamierzamy osiągnąć (możesz użyć wyrażen „zbadanie”, „zaobserwowanie” itp.);
- **problem badawczy** – zagadnienie, które zamierzamy zbadać (zadaj pytanie lub rozpocznij zdanie od słowa „wpływ”);
- **hipoteza** – przypuszczenie naukowe (nie musi być słuszne);
- **wniosek** – jest weryfikacją hipotezy;
- **próba kontrolna** – nie zawierająca czynnika badawczego, weryfikuje poprawność doświadczenia;
- **próba badawcza** – zawiera czynnik badawczy.

Przykład



Badano rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym liści moczarki kanadyjskiej przy niskim i wysokim natężeniu światła.

Cel: Zbadanie wpływu światła na rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym liści moczarki kanadyjskiej.

Problem badawczy: Czy natężenie światła ma wpływ na rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym liści moczarki kanadyjskiej?
(lub: Wpływ natężenia światła na rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym liści moczarki kanadyjskiej).

Hipoteza: Natężenie światła ma wpływ na rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym.

Wniosek: Natężenie światła ma wpływ na rozmieszczenie chloroplastów w miękiszu asymilacyjnym (możesz opisać to rozmieszczenie).

Każde doświadczenie lub obserwacja muszą być udokumentowane. Jednym ze sposobów dokumentacji jest narysowanie **wykresu**. Podczas jego tworzenia należy pamiętać o opisaniu i prawidłowym wyskalowaniu osi oraz – w razie potrzeby – dołączeniu legendy. Trzeba ustalić, która z podanych zmiennych jest zmienną zależną (oś pionowa), a która niezależną (oś pozioma).

Na **wykresie liniowym** najpierw zaznacza się punkty, które następnie się łączy.

Na **wykresie słupkowym** odległości między prostokątami (słupkami) o jednakowej szerokości powinny być równe.

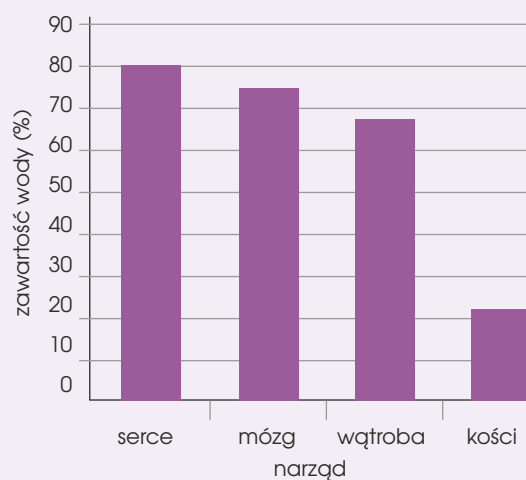
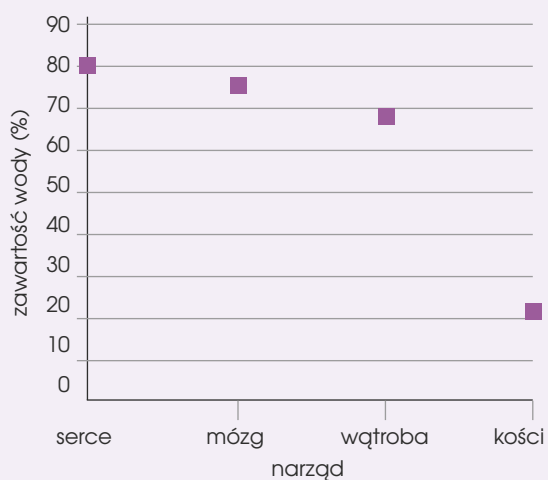
Szczególnym rodzajem wykresu słupkowego jest **histogram**.

Przykład



Przedstaw dane na wykresie punktowym i diagramie słupkowym.

Ciało człowieka składa się w większości z wody. Serce zawiera jej 80%, mózg 75%, wątroba 68%, a kości 22%.



NOTATKI:

Rozdział 2.

SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW

SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW

Składniki nieorganiczne 16

Woda	16
Budowa	16
Właściwości fizykochemiczne	16
Rola	17
Sole mineralne	17
Rola	17
Podział pierwiastków chemicznych występujących w organizmach żywych	18

Składniki organiczne 20

Węglowodany	20
Cukry proste (monosacharydy)	20
Cukry złożone	20
Białka	21
Budowa	21
Rodzaje aminokwasów	21
Podział białek ze względu na zawartość aminokwasów	21
Poziomy organizacji struktury białek	22
Podział białek ze względu na kształt	22
Podział białek ze względu na budowę	22
Rola	23

Lipidy (tłuszczowce)	23
Charakterystyka	23
Podział lipidów ze względu na budowę	24
Rola	24

Wiązania i oddziaływania chemiczne w cząsteczkach biologicznych 25

Wiązania kowalencyjne	25
Wiązania jonowe	25
Wiązania wodorowe	25
Siły van der Waalsa	25
Oddziaływania hydrofobowe	25
Oddziaływania hydrofilowe	25

SKŁADNIKI CHEMICZNE ORGANIZMÓW

Wszystkie organizmy żywe zbudowane są ze związków chemicznych: nieorganicznych i organicznych.

Składniki nieorganiczne

Woda

Budowa

- między atomami wodoru i atomem tlenu występuje wiązanie kowalencyjne spolaryzowane;
- kąt między wiązaniami H–O–H w fazie ciekłej wynosi około 105° ;
- cząsteczka wody jest silnie polarna i ma trwały moment dipolowy; dzięki temu cząsteczki wody mają zdolność asocjacji, czyli łączenia się w większe grupy.

Właściwości fizykochemiczne

- w temperaturze pokojowej jest bezbarwną, bezwoną, bezsmakową cieczą;
- temperatura topnienia: 0°C ;
- temperatura wrzenia: 100°C ;
- największa gęstość w temperaturze 4°C ;
- dzięki wysokim wartościom ciepła właściwego, parowania, topnienia i krzepnięcia:
 - ♦ temperatura organizmów zmienia się stosunkowo wolno, mimo szybkich zmian temperatury otoczenia;
 - ♦ możliwe jest usuwanie nadmiaru ciepła przez parowanie potu lub transpirację u roślin;

- ♦ amplituda temperatury jest niewielka w obszarach przybrzeżnych;
- ♦ lód ma gęstość mniejszą niż woda, dlatego unosi się na powierzchni, co uniemożliwia zamarzanie głębszych warstw wody, pozwalając organizmom wodnym przeżyć zimą;
- hydratacja (uwodnienie) – gromadzenie cząsteczek wody wokół niektórych jonów na skutek elektrostatycznego przyciągania przez nie dipoli wodnych;
- adhezja – zjawisko powierzchniowego przylegania cząsteczek wody do innych cząsteczek (oddziaływanie międzycząsteczkowe);
- kohezja – spójność cząsteczek wody, dzięki której możliwe jest np. transportowanie wody u roślin nieprzerwanym strumieniem; kohezja odpowiedzialna jest również za napięcie powierzchniowe (np. pozwala narciarzom chodzić po powierzchni wody czy neustonowi rozwijać się);
- dzięki stanowi ciekłemu i dużej wartości stałej dielektrycznej woda jest silnym rozpuszczalnikiem dla elektrolitów.

Rola

- jest podstawowym składnikiem nieorganicznym każdego organizmu – limfa (95%), osocze krwi (90%), owoce (90%), kości (20%), szkliwo zębów (10%), tkanka tłuszczowa (10%), nasiona (5–8%);
- jest uniwersalnym rozpuszczalnikiem;
- ułatwia dysocjację związków chemicznych;
- jest substratem i produktem wielu reakcji chemicznych;
- stanowi środowisko przebiegu wielu procesów biochemicznych;
- transportuje (jako krew, limfa, inne płyny ustrojowe, sok komórkowy roślin) m.in. substancje odżywcze, enzymy, witaminy, hormony, produkty przemiany materii, leki;
- utrzymuje odpowiednie wymiary, kształt i turgor komórek;
- odpowiada za regulację temperatury.

Sole mineralne

Nieorganiczne związki mineralne z grupy soli stanowią 2–4% suchej masy organizmu. W skład soli mineralnych wchodzi pierwiastki chemiczne (aniony lub kationy).

Rola

- **strukturalna (budulcowa) i podporowa** – np. fosforan wapnia $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ i węglan wapnia CaCO_3 współtworzą kościec kręgowców, krzemionka SiO_2 buduje ściany komórkowe niektórych glonów, skrzypów, traw, turzyc;
- **biochemiczna** – jony metali i niemetalu biorą udział w reakcjach biochemicznych, wchodzi w skład enzymów, są ich katalizatorami;
- **osmotyczna i buforująca** – utrzymywanie stałego ciśnienia osmotycznego i stężenia jonów wodorowych roztworów komórkowych i pozakomórkowych.

Sprawdź się!

Podaj, jaka właściwość wody umożliwia:

1. poruszanie się po wodzie nartnikom;
2. transportowanie nieprzerwanego słupa wody w cewkach lub naczyniach roślin;
3. poruszanie się rzekotce drzewnej po gładkich powierzchniach, liściach za pomocą wilgotnych przylg na palcach;
4. tworzenie płatków śniegu.

1. kohezja, 2. kohezja, 3. adhezja, 4. adhezja.

Podział pierwiastków chemicznych występujących w organizmach żywych

Pierwiastki biogenne (C, H, N, O, S, P) występują we wszystkich organizmach oraz budują podstawowe związki organiczne występujące w organizmach.

Makroelementy (P, S, Ca, K, Na, Cl, Mg) stanowią ok. 99% masy organizmu i 0,01% suchej masy organizmu (po odparowaniu

wody). Dzielne zapotrzebowanie na makroelementy wynosi ponad 100 mg.

Mikroelementy (Fe, I, F, Zn, Cu, Mn, B, Si, Co, Mo, Se) stanowią 0,01% do 0,00001% suchej masy organizmu. Dzielne zapotrzebowanie na nie wynosi poniżej 100 mg.

Ultraelementy (Rn, Ag, Au, Pt) to pierwiastki występujące w ilościach kilku mikrogramów na gram masy ciała. Są aktywatorami enzymów metabolicznych.

MIKROELEMENTY				
nazwa	rola	źródła	objawy niedoboru	
			u ludzi	u roślin
żelazo (Fe)	składnik hemoglobiny, mioglobiny, enzymów łańcucha oddechowego (cytochromów)	mięso, wątroba, żółtka jaj, orzechy, rośliny strączkowe, natka pietruszki, szczypiorek, kapusta, sałata, suszone owoce, pieczywo razowe	anemia, osłabienie, bóle głowy, arytmia serca, zaburzenia oddychania	zaburzenia oddychania i fotosyntezy, chloroza młodych liści
jod (I)	składnik tyroksyny	sól jodowana, ryby morskie	choroby tarczycy (wole), obrzęki skóry, kretynizm	nie stwierdzono
fluor (F)	wchodzi w skład kości i szkliwa zębów	pastą do zębów, woda wodociągowa	próchnica	nie stwierdzono
kobalt (Co)	składnik witaminy B12, konieczny dla roślin motylkowych żyjących w symbiozie z bakteriami brodawkowymi	mięso, nabiał	zaburzenia krzepnięcia krwi, anemia	zahamowanie procesu wiązania azotu przez rośliny motylkowe
miedź (Cu)	składnik enzymów oksydoredukcyjnych, ważny w syntezie hemoglobiny i chlorofilu	ostrygi, homary, wątróbka, orzechy, warzywa, groch, płatki owsiane i kakao	zaburzenia oddychania komórkowego, zaburzenia wchłaniania żelaza	utrata turgoru, bielenie i zamieranie szczytów pędów, chloroza liści
cynk (Zn)	składnik insuliny, odpowiada za syntezę związków regulujących wzrost i rozwój roślin	nasiona, kiełki, grzyby, ryby morskie, czarna rzodkiew, migdały, kakao, czosnek, chleb razowy, ostrygi	powolne gojenie się ran, choroby skóry, łamliwość włosów i paznokci, zaburzenia rozwoju i czynności gonad, nerwowość, zaburzenia snu, zmęczenie, nowotwory	chloroza i karlenie liści

MAKROELEMENTY				
nazwa	rola	źródła	objawy niedoboru u ludzi	objawy niedoboru u roślin
węgiel (C), wodór (H), tlen (O)	podstawowe składniki wszystkich związków organicznych	każdy pokarm	śmierć (z odwodnienia, głodu lub uduszenia)	śmierć
azot (N)	składnik białek, kwasów nukleinowych, witamin, barwników, alkaloidów	każdy pokarm	utrata masy ciała, obrzęki, marskość wątroby, zahamowanie procesów życiowych	zahamowanie wzrostu, krótkie pędy, bladzielone liście
fosfor (P)	składnik kwasów nukleinowych, płynów ustrojowych, ATP, ADP, obecny w kościach i tkance nerwowej	ryby	zahamowanie przemian metabolicznych, krzywica, próchnica, nerwowość	zahamowanie wzrostu, niebieskozielone liście, brązowe plamy
siarka (S)	składnik enzymów, aminokwasów (np. metioniny i cysteiny), niektórych wielocukrów, insuliny, tiaminy, uczestniczy w oddychaniu komórkowym	rzeżucha, mięso, rośliny strączkowe, orzechy	zahamowanie wzrostu i równowagi ustrojowej	zaburzenie syntezy chlorofilu, zahamowanie wzrostu, małe, bladzielone liście z czerwonymi żyłkami
wapń (Ca)	pierwiastek szkieletotwórczy, czynnik krzepliwości krwi, składnik płynów ustrojowych, reguluje funkcje błony komórkowej, uczestniczy w skurczu mięśni	mleko i jego przetwory, warzywa liściaste	krzywica, łamliwość kości, choroby zębów, zaburzenia krzepliwości krwi, tężyzka	rozkład błon plazmatycznych, nieprawidłowy wzrost, martwica organów roślinnych
potas (K)	udział w przewodzeniu impulsów nerwowych, aktywator wielu enzymów	ziemniaki, pomidory, soki, surowe owoce i warzywa	osłabienie organizmu, obniżenie kurczliwości mięśnia sercowego, osłabienie mięśni szkieletowych i gładkich, skurcze mięśni budzące ze snu	chloroza liści, więdnienie organów, zahamowanie wzrostu korzenia i pędu
sód (Na)	udział w przewodzeniu impulsów nerwowych, wpływ na ciśnienie osmotyczne płynów ustrojowych	sól (NaCl)	utrata pobudliwości komórek, brak apetytu, mątwowość oczu i włosów, odwodnienie	potrzebny do życia jedynie nielicznym gatunkom, w większości przypadków zbędny
magnez (Mg)	składnik kości, chlorofilu, aktywator wielu enzymów	pokarmy roślinne, czekolada	zwiększenie pobudliwości nerwowo-mięśniowej, arytmia i ból w okolicy serca	więdnienie, chloroza liści, zahamowanie fotosyntezy
chlor (Cl)	składnik soku żołądkowego (HCl), udział w przewodzeniu impulsów nerwowych	sól (NaCl), ryby morskie	zaburzenia trawienia, zaburzenia oddychania komórkowego	zaburzenia fotosyntezy i oddychania, chloroza i obumieranie liści

Sprawdź się!

Podaj symbole pierwiastków, które scharakteryzowano poniżej:

1. niezbędny w procesie krzepnięcia krwi i skurczu mięśni;
2. jest składnikiem chlorofilu;
3. jest składnikiem hemoglobiny;
4. jest składnikiem witaminy B12;
5. jego niedobór wywołuje niedoczynność tarczycy.

1. Ca, 2. Mg, 3. Fe, 4. Co, 5. I.

Składniki organiczne

Uwaga: kwasy nukleinowe omówiono w rozdziale **Genetyka**.

Węglowodany

Cukry proste

(monosacharydy)

Zawierają grupę karboksylową (aldehydową lub ketonową) oraz grupy hydroksylowe. Są rozpuszczalne w wodzie. Mogą występować w postaci izomerów (forma D lub L).

Przykłady

- **triozy** (3 atomy węgla): aldehyd glicerynowy;
- **pentozy** (5 atomów węgla): ryboza, deoksyryboza;
- **heksozy** (6 atomów węgla): fruktoza, glukoza, galaktoza.

Cukry złożone

To cząsteczki cukrów prostych połączone wiązaniem glikozydowym (grupa karboksylowa

jednej cząsteczki łączy się z grupą hydroksylową drugiej). Są nierozpuszczalne w wodzie (wyjątkiem jest inulina).

Podział

- **homoglikany** (zbudowane z jednakowych monosacharydów);
- **heteroglikany** (zbudowane z różnych monosacharydów).

Przykłady

- **dwucukry (disacharydy)**:
maltoza = glukoza + glukoza;
sacharoza = glukoza + fruktoza;
laktoza = glukoza + galaktoza;
- **polisacharydy, homoglikany**: skrobia (zbudowana z cząsteczek glukozy, które tworzą amylozę i amylopektynę), glikogen, celuloza, chityna;
- **polisacharydy, heteroglikany**: kwas hialuronowy, chondroityna, heparyna.

Rola

- źródło energii (**glukoza**), materiał energetyczny dla plemników (**fruktoza**);
- materiał zapasowy (**skrobia** – rośliny, **glikogen** – zwierzęta, grzyby);
- materiał budulcowy ścian komórek roślinnych (**celuloza**, **pektyny**), strzępek grzybów, szkieletów stawonogów (**chityna**);
- składnik mleka (**laktoza**);
- czynnik wabiący owady (**maltoza** w pyłku i nektarze);
- substancje biorące udział w oddziaływaniach międzykomórkowych, rozpoznawaniu komórek, odrzucaniu przeszczepów (**glikolipidy**);

Czy wiesz, że...



Błonnik jest nieprzyswajalnym, niezwykle cennym w diecie człowieka węglowodanem roślinnym:

- ułatwia przesuwanie masy pokarmowej i usuwanie niestrawionych resztek w postaci kału
- daje uczucie sytości (zwiększa objętość treści pokarmowej w żołądku)
- wiąże nadmiar kwasu solnego wydzielanego w żołądku
- przyspiesza wydalanie kwasów żółciowych i cholesterolu z organizmu.

- substancje wykorzystywane w przemyśle spożywczym (**sacharoza**);
- składnik skóry – nadaje jej sprężystość dzięki wiązaniu wody (**kwas hialuronowy**);
- składnik chrząstki stawowej, amortyzuje siły działające na stawy (**chondroityna**);
- czynnik zapobiegający krzepnięciu krwi (**heparyna**);
- produkt pośredni wielu reakcji metabolicznych (**aldehyd glicerynowy**);
- składnik kwasów nukleinowych (**ryboza**, **deoksyryboza**).

Białka

Budowa

Białka zbudowane są z **aminokwasów** zawierających grupę aminową $-NH_2$ i grupę karboksylową $-COOH$, atom węgla, wodoru i charakterystyczny podstawnik (rodnik) $-R$.

Rodzaje aminokwasów

- **endogenne** – organizm syntetyzuje je samodzielnie;
- **egzogenne** – organizm nie potrafi ich syntetyzować, musi je otrzymywać wraz z pożywieniem;
- **względnie egzogenne** – organizm syntetyzuje je z aminokwasów egzogennych, przy nieodpowiedniej diecie niezbędna może być ich suplementacja.

Podział białek ze względu na zawartość aminokwasów

- **pełnowartościowe** – zawierają wszystkie aminokwasy egzogenne w odpowiednich

ilościach i proporcjach, są to w większości białka pochodzenia zwierzęcego;

- **niepełnowartościowe** – nie zawierają wszystkich aminokwasów egzogennych lub zawierają je w niewystarczającej ilości, są to białka pochodzenia roślinnego.

Przez połączenie aminokwasów wiązaniem peptydowym powstają **peptydy**. Wiązanie peptydowe powstaje w wyniku połączenia grupy karboksylowej jednego aminokwasu z grupą aminową drugiego, czemu towarzyszy wydzielenie cząsteczki wody. Jest to reakcja endoenergetyczna (endoergiczna).

Poziomy organizacji struktury białek

- **pierwszorzędowa** – sekwencja ułożenia aminokwasów;
- **drugorzędowa** – struktura lokalna, powstająca w wyniku tworzenia się wiązań wodorowych. Może mieć postać: **α -helisy**

Czy wiesz, że...



Zniszczenie struktury trzeciorzędowej w wyniku oddziaływania temperatury powyżej 40–45°C, mocznika, zmian pH, detergentów, jonów metali ciężkich itp. nazywamy **denaturacją**. Proces odkształcenia struktury przestrzennej pod wpływem stężonych roztworów soli metali alkalicznych i amonowych to **koagulacja odwracalna**.

(np. hemoglobina, mioglobina, keratyna, miozyna) lub **β -harmonijki** (np. fibroina jedwabiu);

- **trzeciorzędowa** – wzajemne ułożenie elementów struktury drugorzędowej stabilizowane przez wiązania wodorowe, mostki siarczkowe, oddziaływania hydrofobowe, wiązania van der Waalsa;
- **czwartorzędowa** – opisuje liczbę i wzajemne ułożenie podjednostek białkowych.

Podział białek ze względu na kształt

- **włókienkowe** (fibrylarne) – keratyna, miozyna, kolagen, fibrynogen;
- **globularne** (sferyczne) – białka enzymatyczne, odpornościowe.

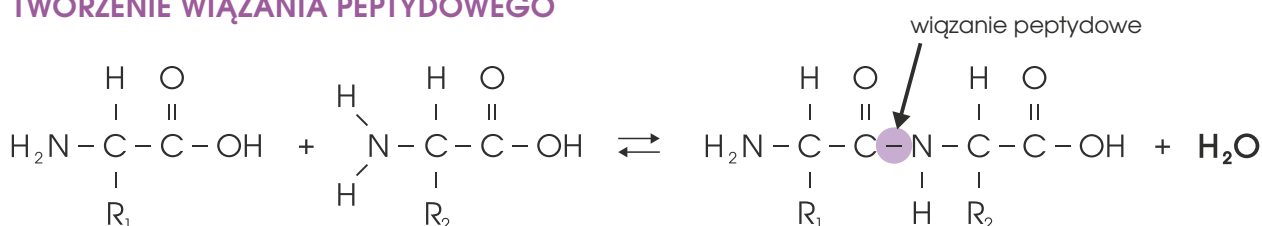
Podział białek ze względu na budowę

- **proste (proteiny)** – zbudowane wyłącznie z aminokwasów, np. histony (białka zasadowe), albuminy, globuliny (np. miozyna), skleroproteiny (kolagen, elastyna, keratyna);
- **złożone (proteidy)** – zbudowane z aminokwasów i składnika niebiałkowego, np.:
 - ♦ **metaloproteidy** (transferyna, ferredoksyna);
 - ♦ **chromoproteidy** (hemoglobina, mioglobina, cytochromy);
 - ♦ **glikoproteidy** – połączenia białek z cukrowcami (glikokaliks, białka grup krwi);
 - ♦ **lipoproteidy** – połączenie białek z tłuszczowcami (białka błon komórkowych);

AMINOKWASY

endogenne	względnie egzogenne	egzogenne
alanina (Ala, A); asparagina (Asn, N); asparaginian (Asp, D); cysteina (Cys, C); glicyna (Gly, G); glutamina (Gln, Q); glutaminian (Glu, E); prolina (Pro, P); seryna (Ser, S)	arginina (Arg, R); histydyna (His, H); tyrozyna (Tyr, Y)	fenyloalanina (Phe, F); izoleucyna (Ile, I); leucyna (Leu, L); lizyna (Lys, K); metionina (Met, M); treonina (Thr, W); tryptofan (Trp, W); walina (Val, V)

Tworzenie wiązania peptydowego



- ♦ **nukleoproteidy** – zawierają kwasy nukleinowe;
- ♦ **fosfoproteiny** – zawierają reszty fosforanowe.

Rola

- budulcowa (keratyny występują w wytworach skóry: piórach, wełnie, rogach, paznokciach itp., kolagen – główne białko tkanki łącznej, odporny na rozciąganie, stanowi główny składnik ścięgien, odpowiedzialny za elastyczność skóry);
- katalityczna (enzymy);
- transportowa (hemoglobina, transferyna);
- regulatorowa (hormony białkowe i peptydowe);
- odpornościowa (przeciwciała);
- lokomotoryczna (aktyna, miozyna);
- histony (białka zasadowe) – wiążą i stabilizują cząsteczki DNA w komórkach eukariotycznych;

- albuminy – białka osocza krwi buforujące pH, transportują niektóre hormony, leki i barwniki żółciowe, wiążą i rozpraszają dwutlenek węgla;
- cytochromy – grupa białek występujących w macierzy mitochondrialnej i uczestniczących w transporcie elektronów w procesie fosforylacji oksydacyjnej (utlenianie końcowe).

Lipidy (tłuszczowce)

Charakterystyka

Związki nierozpuszczalne w wodzie (hydrofobowe), ale rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych: alkoholach, benzynie, chloroformie, eterze itp. Występują w nich **wiązania estrowe** między glicerolem a kwasami tłuszczowymi. Tłuszcze zwierzęce mają konsystencję stałą i zawierają **kwas tłuszczowy nasycony** (np. stearynowy,

palmitynowy), a tłuszcze roślinne to oleje zawierające **kwasy tłuszczowe nienasycone** (np. linolowy, oleinowy).

Podział lipidów ze względu na budowę

- **proste** zbudowane z alkoholu i kwasów tłuszczowych, należą do nich:
 - ♦ **tłuszcze obojętne** (właściwe) zbudowane z glicerolu i kwasów tłuszczowych;
 - ♦ **woski** (glicerol zastąpiony jest długim łańcuchem węglowodorowym z jedną resztą hydroksylową);
- **złożone** (alkohol + kwas tłuszczowy + inny związek chemiczny):
 - ♦ glikolipidy;
 - ♦ fosfolipidy (lecytyna) mają charakter amfipatyczny (hydrofobowo-hydrofilowy), w roztworze wodnym przyjmują postać miceli kulistej lub dwuwarstwy lipidowej;
- **sterydy** (cholesterol, sole żółciowe, niektóre hormony);
- **lipidy izoprenowe** (kauczuk, olejki eteryczne, karotenoidy).

Rola

- są źródłem i rezerwą energii chemicznej (tłuszcze obojętne w tkance tłuszczowej);
- odpowiadają za termoregulację, są ochroną dla narządów wewnętrznych (tkanka tłuszczowa);
- są składnikami błon komórkowych (fosfolipidy, glikolipidy);

- materiał regulacyjny (hormony sterydowe, prostaglandyny);
- zapewniają izolację elektryczną (osłonki mielinowe wypustek nerwowych);
- rozpuszczają niektóre witaminy;
- kwasy żółciowe emulgują tłuszcze;
- karotenoidy pełnią funkcję pomocniczą w procesie fotosyntezy, nadają roślinom barwę;
- woski tworzą warstwy ochronne;
- kauczuk jest półproduktem do otrzymywania gumy w wyniku wulkanizacji;
- olejki eteryczne stosowane są w aromaterapii, medycynie naturalnej, kosmologii, dermatologii itp.

Czy wiesz, że...



NNKT to **niezbędne nienasycone kwasy tłuszczowe** konieczne do prawidłowego funkcjonowania mózgu, układu odpornościowego, układu krążenia i skóry. Znajdziesz je m.in. w oliwie z oliwek, rybach, orzechach.

Wiązania i oddziaływania chemiczne w cząsteczkach biologicznych

Atomy w związkach chemicznych łączą się za pomocą różnych wiązań i oddziaływań chemicznych.

Wiązania kowalencyjne

To silne wiązania, w których połączone atomy mają wspólne elektrony, a każdy z nich przyciągany jest przez protony obu pierwiastków. Występują np. między dwoma atomami węgla, wodoru, tlenu, w cząsteczce metanu (CH_4), amoniaku (NH_3), wody (H_2O). Wiązanie kowalencyjne tworzone między dwoma atomami przez wspólną parę elektronów nazywamy **wiązaniem pojedynczym**, zaś utworzone przez dwie wspólne pary – **wiązaniem podwójnym**. Gdy atomy w cząsteczce wykazują podobną elektroujemność, wiązanie kowalencyjne ma **charakter obojętny**, jeśli różną – **spolaryzowany** (np. w cząsteczce wody).

Wiązania jonowe

Powstają między naładowanymi różnoimennie jonami (kationami i anionami) albo grupami chemicznymi. Elektrony zostają przeniesione z jednego atomu do drugiego, dlatego charakter tych wiązań jest polarny. Atom, który stracił elektron, staje się dodatnio naładowanym kationem (np. Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}), a ten, który zyskał elektron – ujemnie naładowanym anionem (np. Cl^-). Dzięki przeciwnym ładunkom elektrycznym

aniony i kationy przyciągają się wzajemnie, tworząc związek jonowy.

Wiązania wodorowe

To słabe wiązania, które powstają między atomem wodoru i atomem elektroujemnym zawierającym wolne pary elektrone (np. w cząsteczce wody, białka, kwasu nukleinowego).

Siły van der Waalsa

To słabe oddziaływania zachodzące między grupami chemicznymi znajdującymi się w małej odległości od siebie. Grupy te charakteryzują się niewielkimi ładunkami elektrycznymi o przeciwnych znakach. Wiązania te przyczyniają się do stabilizacji np. białek, kwasów nukleinowych.

Oddziaływania hydrofobowe

Powstają między fragmentami cząsteczek niepolarnych. Fragmenty te są nierozpuszczalne w wodzie i mają tendencję do skupiania się, jak np. w warstwie lipidowej błon komórkowych.

Oddziaływania hydrofilowe

Występują między cząsteczkami przeciwnie naładowanymi, ułatwiają transport substancji.

Sprawdź się!

1. Przyporządkuj podane węglowodany do jednej z trzech grup:

monosacharydy	disacharydy	polisacharydy

glukoza, skrobia, maltoza, sacharoza, celuloza, aldehyd glicerynowy,
fruktoza, galaktoza, laktoza, glikogen.

2. Co to są białka niepełnowartościowe? Podaj przykład pokarmu, który zawiera białka pełnowartościowe.

3. Jakie tłuszcze występują w błonie komórkowej? Rozwiń swoją odpowiedź.

2. Białka niepełnowartościowe nie posiadają wszystkich aminokwasów egzogennych lub są one w niewłaściwej ilości i proporcjach. Pokarmy zawierające białka pełnowartościowe to m.in. mięso, nabiał, jajka.

3. W błonie komórkowej występują fosfolipidy. Stanowią one podstawową część dwuwarstwy lipidowej. „Głowy” fosfolipidów mają charakter hydrofilowy i w roztworze wodnym ustawiają się na zewnątrz, a łańcuchy węglowodorowe – „ogony” – mają charakter hydrofobowy i ustawiają się do wnętrza struktury.

monosacharydy	disacharydy	polisacharydy
glukoza, aldehyd glicerynowy, fruktoza, galaktoza	maltoza, sacharoza, laktoza	skrobia, celuloza, glikogen

1.

Rozdział 3.

CYTOLOGIA – NAUKA O KOMÓRKACH

CYTOLOGIA – NAUKA O KOMÓRKACH

Organelle komórkowe 31

Błona komórkowa	31
Funkcje błony komórkowej	31
Właściwości	32
Mechanizmy transportu przez błonę komórkową	32
Cytoplazma	32
Funkcje cytoplazmy	33
Wewnątrzkomórkowy system błon plazmatycznych	33
Siateczka śródplazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne, ER)	34
Aparat Golgiego	34
Lizosomy	34
Rybosomy	34
Mitochondria	34
Jądro komórkowe	35
Budowa jądra komórkowego	35
Funkcje jądra komórkowego	35
Centrosom	35
Peroksosomy	35
Funkcje peroksosomów	36

Ściana komórkowa	36
Modyfikacje ściany wtórnej	36
Funkcje ściany komórkowej	37
Plastydy	37
Wakuole	37
Funkcje wakuoli	38

Podziały komórki 38

Amitoza	38
Mitoza	38
Interfaza	38
Podział komórki (mitotyczny)	39
Wynik mitozy	39
Znaczenie mitozy	39
Mejoza	39
I podział mejozy (redukcyjny)	40
II podział mejozy (mitotyczny)	40
Wynik mejozy	40
Znaczenie mejozy	40

CYTOLOGIA – NAUKA O KOMÓRKACH

Komórka to najmniejszy samoodtworzący się żywy układ biologiczny zdolny do prowadzenia wszystkich podstawowych procesów życiowych. Wielkość komórek waha się od około 1 μm do 100 μm . Najmniejsze komórki to mikoplazmy (bakterie) o średnicy 0,3 μm ,

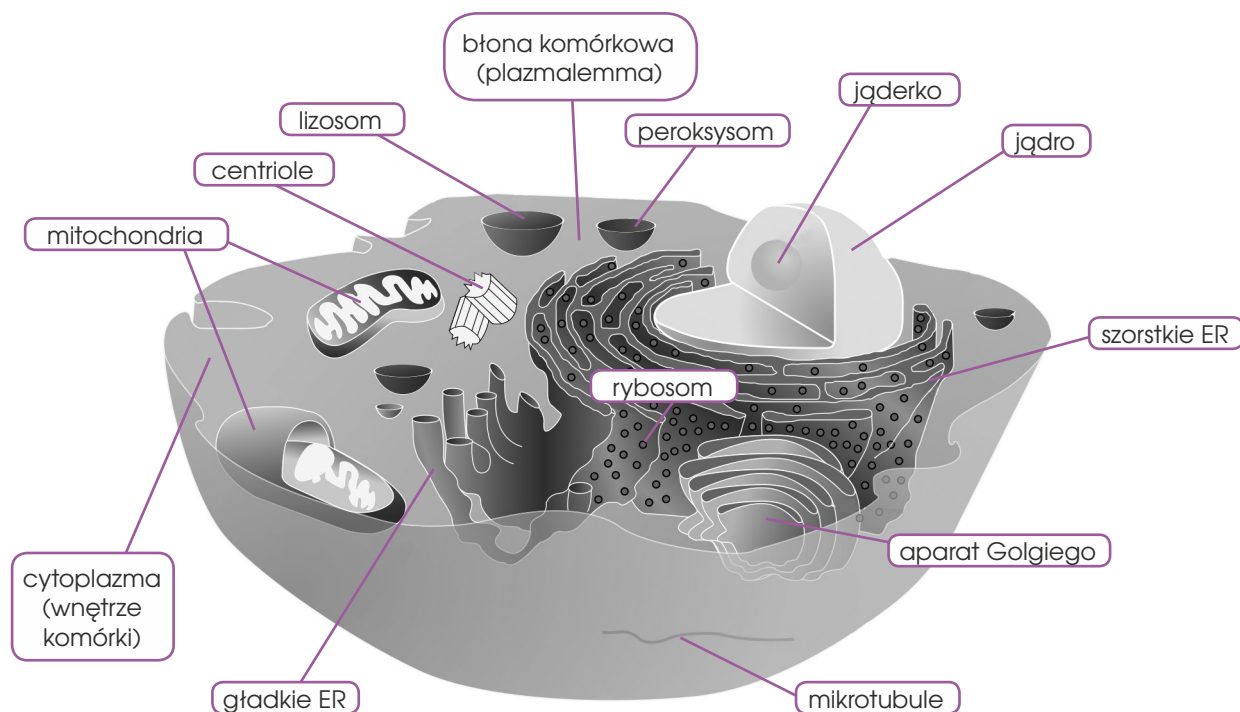
a największe – komórki jajowe ptaków (strusia – o średnicy 10,5 cm) i wielorybów (o średnicy ponad 20 cm).

W świecie roślin największymi komórkami są rurki mleczne (mogą osiągać 1 m długości).

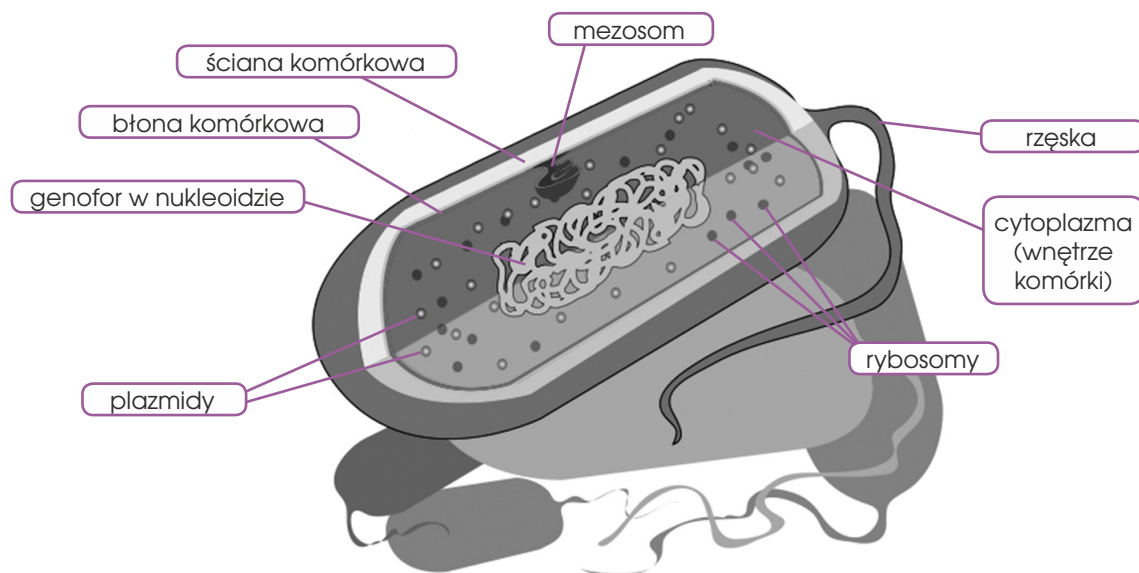
PORÓWNANIE KOMÓRKI PROKARIOTYCZNEJ Z EUKARIOTYCZNĄ

komórka eukariotyczna (protisty, grzyby, rośliny, zwierzęta)	komórka prokariotyczna (bakterie)
jądro komórkowe otoczone błoną jądrową, zawierające chromatynę, kariolinfę, jąderka	nukleoid zawierający nagą, kolistą nić DNA – genofor
jąderko	brak jąderka
centriole (w komórkach zwierzęcych)	brak centriol
wrzeciono kariokinetyczne	brak wrzeciona kariokinetycznego
duże rybosomy	małe rybosomy
mitochondria	brak mitochondriów, ich funkcje pełnią wpuklenia błony komórkowej – mezosomy
cytoplazma o zmiennej konsystencji, wykazuje zdolność ruchu (rotacyjny, pulsacyjny, cyrkulacyjny)	cytoplazma gęsta, nieruchoma
chloroplasty (w komórkach protistów roślinopodobnych, roślinnych)	brak chloroplastów, ich funkcje pełnią tylakoidy (bakterie zielone, purpurowe, sinice)
aparat Golgiego	brak aparatu Golgiego
lizosomy	brak lizosomów
siateczka śródplazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne, ER)	brak ER
podziały mitotyczne i mejotyczne	podział amitotyczny
brak fimbrii	fimbrie – białkowe wyrostki cytoplazmatyczne bakterii (ułatwiają przyleganie do atakowanych komórek, biorą udział w koniugacji)
rzęski i wici (budowa centrioli)	wici o prostej budowie (nawinięte wzajemnie spiralnie 2–3 tańcuchy białkowe)
ściana komórkowa z celulozy i pektyn (rośliny) lub chityny (grzyby); brak ściany komórkowej u zwierząt	ściana komórkowa zbudowana z mukoproteidów
wakuole	brak wakuol
brak otoczki	otoczka śluzowa
skrobia (substancja zapasowa roślin), glikogen (substancja zapasowa grzybów i zwierząt)	wolutyna, skrobia sinicowa, glikogen
fagocytoza, pinocytoza	brak
odmienny przebieg procesów transkrypcji i translacji	

KOMÓRKA EUKARIOTYCZNA



KOMÓRKA PROKARIOTYCZNA



Przykłady komórek:

- **bakteryjnych:** laseczka tęcza;
- **protistów:** pantofelek, ameba, euglena;
- **grzybów:** drożdże;
- **roślinnych:** komórka miękiszowa;
- **zwierzęcych:** osteocyt, chondrocyt, neuron, erytrocyt, leukocyt.

Komórki organizmu wielokomórkowego muszą kontaktować się ze sobą, aby zapewnić integralność i właściwe funkcjonowanie tkanek. Takimi **połączeniami międzykomórkowymi** w komórkach roślinnych otoczonych ścianą komórkową są **plazmodesmy**.

W komórkach zwierzęcych, pozbawionych ściany komórkowej, występują:

- **połączenia komunikacyjne** – zbudowane z koneksonów, czyli kompleksów białkowych łączących cytoplazmy sąsiednich komórek, umożliwiających kontakt między

komórkami przez wymianę substancji, a także przekazywanie impulsów nerwowych, np. w komórkach mięśnia sercowego;

- **desmosomy** – umożliwiają mechaniczne połączenie stykających się ze sobą komórek przez białkowe wypustki;
- **półdesmosomy** – drobne białkowe wypustki na powierzchni błony komórkowej, umożliwiają filamentom pośrednim zakotwiczenie w błonie podstawnej nabłonków, co zapewnia mechaniczną wytrzymałość;
- **połączenia zamykające** – uszczelniają przestrzeń między komórkami, np. w tkance nabłonkowej;
- **połączenia zwierające** – białkowe wypustki łączące związki aktyny na powierzchni błony komórkowej sąsiednich komórek, co zapewnia mechaniczną wytrzymałość.

PORÓWNANIE KOMÓRKI ROŚLINNEJ I ZWIERZĘCEJ

komórka zwierzęca	komórka roślinna
brak plastydów	plastidy
cudzożywność	samożywność (fotosynteza)
brak ściany komórkowej	ściana komórkowa zbudowana z celulozy
wiele małych wodniczek	jedna lub kilka dużych wakuol
centriole	centriole występują rzadko, brak ich u roślin wyższych
lizosomy zwierzęce	lizosomy roślinne
mikrokosmki	brak mikrokosmków
organelle ruchu (ruch: pełzakowaty, rzęskowy, mięśniowy)	brak organelli ruchu (wyjątek: niektóre gamety, zarodniki)
nieregularne kształty	regularne kształty
na powierzchni błony komórkowej występuje glikokaliks	brak glikokaliksu

Organelle komórkowe

Składniki komórki dzielimy na:

- **plazmatyczne:**
 - ♦ jądro komórkowe;
 - ♦ cytoplazma podstawowa (cytozol);
 - ♦ błona komórkowa;
 - ♦ siateczka śródplazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne, ER);
 - ♦ rybosomy;
 - ♦ aparat Golgiego;
 - ♦ lizosomy;
 - ♦ peroksysomy;
 - ♦ mitochondria;
 - ♦ plastydy;
- **nieplazmatyczne:**
 - ♦ ściana komórkowa;
 - ♦ sok wakuolarny.

Błona komórkowa

Budowę błony komórkowej opisuje model płynnej mozaiki.

Podstawowe składniki błony – podwójnej warstwy białkowo-lipidowej – to:

- **fosfolipidy** – mają charakter polarny, jeden ich koniec jest hydrofobowy (niepolarne), drugi hydrofilowy (polarne), tworzą zrab błony;
- **cholesterol** (tylko w komórkach zwierzęcych) – nadaje błonie stabilność, im jest go więcej, tym mniej płynna jest błona;
- **glikolipidy** – ich cukrowe łańcuchy tworzą na zewnątrz błony komórkowej zwierząt warstwę ochronną – glikokaliks, który pośredniczy w transporcie, odpowiada za procesy immunologiczne (nadaje właściwości antygenowe komórkom), uczestniczy we wzajemnym rozpoznawaniu się komórek (np. w układzie odpornościowym, przy zapłodnieniu), odpowiada za tworzenie kompleksów komórkowych, chroni przed urazami mechanicznymi;
- **białka strukturalne** – wzmacniają błonę;
- **białka receptorowe** – odpowiadają za przesyłanie sygnałów do wnętrza komórki;
- **białka transportowe** – odpowiadają za transport cząsteczek i jonów przez błonę.

Funkcje błony komórkowej

- oddziela komórkę od środowiska zewnętrznego;
- kontaktuje komórkę z otoczeniem i innymi komórkami;
- umożliwia zmianę kształtu komórek, endocytozę (fagocytozę, pinocytozę) i egzocytozę;
- chroni komórki przed działaniem czynników fizycznych, chemicznych oraz wnikaniem drobnoustrojów;
- reguluje transport substancji do komórki i z niej;
- odbiera bodźce;
- białka enzymatyczne zawarte w błonie komórkowej katalizują różne reakcje;

- utrzymuje równowagę między ciśnieniem osmotycznym wewnątrz i na zewnątrz komórki;
- glikokaliks odgrywa rolę we wzajemnym rozpoznawaniu się komórek (np. w układzie odpornościowym, przy zapłodnieniu).

Właściwości

- asymetryczna struktura (każda warstwa błony ma inny skład i właściwości);
- elastyczność;
- półpłynna konsystencja;
- selektywna przepuszczalność – błonę łatwo penetruje woda i drobnocząsteczkowe substancje rozpuszczalne w tłuszczach, słabiej – drobnocząsteczkowe substancje rozpuszczalne w wodzie, a substancje wielocząsteczkowe (np. białka i kwasy nukleinowe) w ogóle nie przechodzą przez błonę;
- błony komórkowe nie powstają *de novo*, ale przez rozbudowę błon już istniejących;
- substancje budulcowe przemieszczają się z retikulum endoplazmatycznego szorstkiego i gładkiego przez aparaty Golgiego do błony komórkowej, która powstaje przez zlewanie się pęcherzyków Golgiego.

Czy wiesz, że...



Im większy stosunek pola powierzchni do objętości, tym lepsza dyfuzja. Komórki mają małe rozmiary, co zapewnia im lepszą dyfuzję.

Mechanizmy transportu przez błonę komórkową

Dyfuzja prosta to transport substancji (m.in. wody, tlenu, dwutlenku węgla, tlenu azotu) przebiegający zgodnie z gradientem stężeń, bez nakładów energii.

Dyfuzja wspomagana polega na transporcie substancji (m.in. cukrów i aminokwasów) zgodnie z gradientem stężeń, z udziałem białek nośnikowych lub przez kanały błonowe.

Transport aktywny przebiega wbrew gradientowi stężeń, wymaga nakładu energii pochodzącej z ATP (dotyczy m.in. jonów i aminokwasów).

Cytoplazma

To galaretowata masa mająca charakter koloidu, składająca się w 80–90% z wody, w 7–10% z białek i aminokwasów, w 1–2% z lipidów i kwasów tłuszczowych, soli mineralnych i innych substancji. Nie jest ona strukturą sztywną. Wyróżnia się trzy podstawowe rodzaje ruchów cytoplazmy: **rotacyjny**, **pulsacyjny** i **cyrkulacyjny**.

Cytoskielet to sieć białkowych włókienek i mikrorureczek odpowiedzialnych m.in. za zmianę kształtu i zdolność do poruszania się niektórych komórek. W skład cytoskieletu wchodzi:

- **mikrofilamenty** – włókienka długości 5–9 nm zbudowane z aktyny, mające zdolność kurczenia się; biorą one udział w ruchach cytoplazmy;

- **filamenty pośrednie** – włókna o długości około 10 nm, wzmacniają komórkę mechanicznie, decydują o rozmieszczeniu organeli i ograniczają ich swobodne ruchy;
- **mikrotubule** – włókna o długości 5–30 nm, zbudowane z tubuliny, stanowią element sztywny cytoszkieletu, uczestniczą m.in. w tworzeniu wrzeciona podziałowego.

W zależności od poziomu uwodnienia cytoplasma może mieć postać **zolu** i w wyniku **koagulacji** przechodzić w stan **żelu**. Jest to proces odwracalny – powrót w stan zolu to **solwatacja**.

W wyniku osmozy cytoplasma może ulegać **plazmolizie** i **deplazmolizie**.

Osmoza to przenikanie wody przez błonę półprzepuszczalną z roztworu o stężeniu niższym do roztworu o stężeniu wyższym.

Plazmoliza jest efektem zmniejszenia objętości cytoplazmy komórki roślinnej zanurzonej w roztworze hipertonicznym. Na zasadzie osmozy woda ucieka z cytoplazmy do roztworu o wyższym ciśnieniu osmotycznym.

Deplazmoliza to proces zachodzący w komórkach roślinnych, polegający na nawodnieniu cytoplazmy. Zachodzi w środowisku hipotonicznym. Stężenie roztworu wewnątrz komórki jest wyższe niż na zewnątrz.

Funkcje cytoplazmy

- umożliwia transport substancji pokarmowych wewnątrz komórki;
- stanowi środowisko dla organeli komórkowych;

Czy wiesz, że...



Zjawiska osmotyczne odgrywają istotną rolę u roślin:

- regulują pobieranie, przekazywanie i rozprowadzanie wody w komórkach roślinnych
- zapewniają roślinie właściwy turgor (istotne znaczenie dla zachowania kształtu i przebiegu procesów fizjologicznych)
- nadają rosnącym tkankom siłę do przebicia się przez glebę, np. wznoszącym korzeniom
- warunkują odporność roślin na suszę i niską temperaturę.

- zapewnia komórkom określoną wytrzymałość mechaniczną, elastyczność, sztywność, kurczliwość;
- umożliwia niektórym komórkom wykonywanie ruchów ameboidalnych;
- jest miejscem przebiegu wielu reakcji metabolicznych np. glikolizy;
- umożliwia ruchy chromosomów podczas mitozy i mejozy.

Wewnątrzkomórkowy system błon plazmatycznych

System błon dzieli wnętrze komórki na wiele przedziałów, co umożliwia zachodzenie często wykluczających się reakcji.

Siateczka śródplazmatyczna (retikulum endoplazmatyczne, ER)

To system kanalików połączony z zewnętrzną błoną otoczki jądrowej, biorący udział w transporcie wewnątrzkomórkowym. Dzieli komórkę na sektory, umożliwiając jednocześnie zachodzenie różnych procesów biochemicznych w komórce.

Siateczka śródplazmatyczna szorstka (ERg, retikulum endoplazmatyczne granulocytarne) zawiera rybosomy, bierze udział w biosyntezie białek.

Siateczka śródplazmatyczna gładka (ERa, retikulum endoplazmatyczne agranulocytarne) nie zawiera rybosomów, jest miejscem metabolizmu tłuszczów (syntezy fosfolipidów i innych lipidów) oraz węglowodanów.

Aparat Golgiego

Składa się z ułożonych jeden na drugim, spłaszczonych pęcherzyków, w których znajdują się różne substancje chemiczne. Jego rolą jest modyfikacja, pakowanie i kierowanie białek do ostatecznych miejsc przeznaczenia. Występuje licznie np. w komórkach trzustki.

Lizosomy

To pojedyncze pęcherzyki powstające z uwypuklenia błony aparatu Golgiego lub ER.

Zawierają enzymy hydrolityczne, dzięki którym rozkładają substancje pokarmowe i niszczą obcą materię wchłoniętą przez komórkę.

Rybosomy

Zbudowane są z białek i rRNA (60%). Składają się z dwóch podjednostek: mniejszej i większej. Występują w cytoplazmie, na siateczce śródplazmatycznej szorstkiej lub zewnętrznej otoczce jądrowej oraz w mitochondriach i chloroplastach. Często połączone są w łańcuszki – **polisomy**. Biorą udział w **biosyntezie białek** (procesie translacji).

Mitochondria

To centrum energetyczne komórki. Jest organelą otoczoną podwójną błoną białkowo-lipidową. Błona zewnętrzna jest gładka, natomiast błona wewnętrzna tworzy uwypuklenia – tzw. grzebienie mitochondrialne. Wnętrze wypełnia koloidalna matrix (macierz) zawierająca liczne enzymy przyspieszające reakcje utleniania substancji organicznych. W mitochondriach w wyniku reakcji utlenienia produktów trawienia uzyskiwana jest energia. Jest ona magazynowana w wysokoenergetycznych wiązaniach ATP. Z tego

PODZIAŁ RYBOSOMÓW ZE WZGLĘDU NA WIELKOŚĆ

rybosomy	podjednostki	skład chemiczny	występowanie
„małe” 70s	30s 50s	50% rRNA 50% białka	organizmy prokariotyczne, mitochondria, chloroplasty
„duże” 80s	40s 60s	65% rRNA 35% białka	komórka eukariotyczna

powodu najwięcej mitochondriów znajduje się w tych narządach, gdzie zapotrzebowanie energetyczne jest największe, np. w mięśniu sercowym.

Czy wiesz, że...



Najwięcej mitochondriów (około 500 tys.) stwierdzono u ameby, najmniej w plemniku (23).

Jądro komórkowe

To tzw. centrum dowodzenia komórki. W komórkach najczęściej występuje jedno jądro (np. włókna mięśniowe gładkie). Komórki posiadające wiele jąder to tzw. **komórczaki** (np. włókna mięśniowe poprzecznie prążkowane szkieletowe). Niektóre komórki w trakcie swojego rozwoju tracą jądro komórkowe, przekształcając się w **komórki bezjądrowe** (np. erytrocyty ssaków).

Budowa jądra komórkowego

W jądrze komórkowym znajdują się następujące struktury:

- otoczka jądrowa zewnętrzna – łączy się z ERg, zawiera rybosomy;
- otoczka jądrowa wewnętrzna;
- pory jądrowe – umożliwiają kontakt między jądrem a cytoplazmą;
- jąderko – zbudowane z RNA i białek, jest miejscem syntezy rRNA i tworzenia się podjednostek rybosomalnych;
- kariolimfa – macierz jądrowa, zawiera enzymy odpowiedzialne za syntezę DNA i RNA;
- chromatyna – DNA nawinięte na histony (białka zasadowe); może występować w postaci luźnej lub zwartej; w czasie podziału, w wyniku jej spiralizacji i kondensacji powstają chromosomy.

Funkcje jądra komórkowego

- nadzoruje metabolizm komórki;
- kieruje podziałami;
- reguluje różnicowanie i dojrzewanie komórek;
- zawiera informację genetyczną;
- odpowiada za syntezę i replikację DNA;
- uczestniczy w transkrypcji;
- odpowiada za syntezę rRNA i podjednostek rybosomów (w jąderku).

Centrosom

Składa się z dwóch centrioli zbudowanych z dziewięciu zespołów mikrotubul. Biorą one udział w podziale jądra, uczestnicząc w powstawaniu wrzeciona kariokinetycznego. Występuje w komórkach eukariotycznych (z wyjątkiem roślin wyższych).

Peroksosomy

To niewielkie pęcherzyki otoczone pojedynczą błoną. Zawierają enzymy – katalazę i oksydazę. U roślin występują w bezpośrednim sąsiedztwie chloroplastów i mitochondriów.

Funkcje peroksysomów

- utlenianie substratów dzięki **oksydazie**;
- rozkład szkodliwego nadtlenu wodoru (H_2O_2), ubocznego produktu utleniania lipidów, przy udziale **katalazy**;
- w komórkach wątroby człowieka uczestniczą w detoksykacji po spożyciu etanolu;
- u roślin wyższych występuje specyficzny rodzaj peroksysomów – **glioksysomy**, które pośredniczą w syntezie cukrów z kwasów tłuszczowych (głównie w nasionach oleistych podczas kiełkowania).

Ściana komórkowa

Ściana komórkowa występuje u bakterii (zbudowana z mureiny), niektórych protistów i roślin (zbudowana z celulozy) i grzybów (z chityny). Wyróżnia się **ścianę pierwotną** (miękką, elastyczną) oraz **ścianę wtórną** (sztywną, grubą, ulega modyfikacjom).

Modyfikacje ściany wtórnej

- **inkrustacja** – odkładanie substancji chemicznych między elementami szkieletu celulozowego, np. **lignina** (powoduje drewnienie – nadaje sztywność ścianom komórkowym, uodparnia na działanie czynników mechanicznych, np. rozerwanie, zgniecenie), CaCO_3 u krasnorostów, SiO_2 u traw, turzyc;
- **adkrustacja** – odkładanie substancji chemicznych na powierzchni ściany pierwotnej, np. **kaloza**, **suberyna** (powoduje skorkowacenie – chroni przed nadmiernym parowaniem i działaniem niskich temperatur);
- **kutynizacja** – pokrycie zewnętrznej powierzchni kutyną, która zabezpiecza przed utratą wody;
- **woskowacenie** – powleczenie wewnętrznej powierzchni woskiem (szarobiały nalot, np. na skórce jabłek, winogron, śliwek),

Czy wiesz, że...



Mitochondria i chloroplasty mają pochodzenie endosymbiotyczne. **Teoria endosymbiozy** zakłada, że komórki eukariotyczne powstały w wyniku symbiozy z komórkami prokariotycznymi. Wolno żyjąca komórka bakteryjna mogła wchłonąć bakterie tlenowe, od których otrzymywała energię. Z biegiem ewolucji przekształciły się one w mitochondria. Natomiast wchłonięte sinice mogły pełnić funkcje chloroplastów. Za teorią przemawia kilka argumentów, m.in.: z pierwotniakiem *Cyanophora paradoxa* żyją w symbiozie sinice, które pełnią funkcje chloroplastów tego pierwotniaka; chloroplasty i mitochondria mają cechy komórek prokariotycznych (rozmiary, własne DNA, „małe” rybosomy, amitotyczny podział).

który wraz z kutyną tworzy warstwę ochronną – **kutykulę**;

- **śluzowacenie** – tworzenie ze śluzu otoczki wokół komórek, np. glonów, bakterii.

Funkcje ściany komórkowej

- ochrona przed urazami zewnętrznymi, drobnoustrojami;
- ochrona przed utratą wody;
- wzmocnienie i usztywnienie komórki oraz nadanie jej kształtu;
- zapewnienie kontaktu między komórkami dzięki obecności jamek, przez które przechodzą **plazmodesmy**.

Plastydy

Odkrył je w XIX wieku A. Meyer. Wyróżniamy następujące formy plastydów:

- **proplastydy** – młodociana forma plastydów;
- **leukoplasty** – bezbarwne organelle komórkowe przechowujące materiały zapasowe:
 - ♦ **lipidoplasty (elajoplasty)**, magazynują tłuszcze;
 - ♦ **amyloplasty** (magazynują ziarna skrobi);
 - ♦ **proteoplasty** (magazynują białka, w postaci ziaren aleuronowych);
- **etioplasty** – bezbarwne plastydy, zawierają protochlorofilid;
- **chloroplasty** – zielone plastydy, zawierają fotoukłady, w skład których wchodzi chlorofil i karotenoidy, biorą udział w procesie fotosyntezy, podczas której energia świetlna zamieniana jest w energię wiązań

chemicznych, nadają zieloną barwę łodygom, liściom;

- **chromoplasty** – nie biorą udziału w fotosyntezie, nadają barwę kwiatom, owocom, korzeniom: **karoten** odpowiada za kolor pomarańczowo-czerwony, **ksantofil** za żółty.

Wakuole

To organelle występujące u protistów (**wodniczki trawiące** i **tętniące** usuwające nadmiar wody z komórki), u grzybów i zwierząt (małe i rozmieszczone w różnych częściach komórki), najbardziej charakterystyczne dla roślin, gdzie najczęściej występuje jedna duża wakuola zajmująca centrum komórki. Wakuola roślinna zbudowana jest z pojedynczej błony wakuolarniej (**tonoplast**). Jej wnętrze wypełnia **sok wakuolarny**, który zawiera m.in.:

- substancje zapasowe;
- jony (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+});
- rozpuszczalne kwasy organiczne (kwas jabłkowy, cytrynowy – nadający kwaśny smak owocom);
- czasami enzymy trawienne;
- wolne aminokwasy;
- białka (ziarna aleuronowe);
- cukry (fruktoza i glukoza w owocach, sacharoza w trzcinie cukrowej i burakach cukrowych, glikogen u grzybów);
- metabolity wtórne:
 - ♦ **glikozydy**, które nadają barwę kwiatom i owocom oraz chronią przed promieniowaniem UV;

- ♦ **antocyjany**, czyli glikozydy czerwone w środowisku kwaśnym, niebieskie w zasadowym (występują w śliwkach, jabłkach, czereśniach, porzeczkach, winogronach, kwiatach fiołka, goryczki, maku, bratka, róży, burakach);
- ♦ **flawony**, czyli glikozydy o żółtym zabarwieniu (występują w kwiatach lwiej paszczy, pierwiosnkach, śliwkach, liściach herbaty);
- ♦ **alkaloidy**, czyli bezbarwne związki, które działają na układ nerwowy

hamująco lub pobudzająco, często trujący (np. nikotyna, kofeina, chinina);

- ♦ **garbniki**, substancje używane do garbowania skóry;
- związki nierozpuszczalne w wodzie, np. kryształy szczawianu wapnia;
- inne wydaliny i wydzieliny.

Funkcje wakuoli

- utrzymywanie odpowiedniego turgoru komórki;
- magazynowanie różnorodnych substancji.

Podziały komórki

Wyróżniamy trzy rodzaje podziału komórki: amitozę, mitozę i mejozę.

Amitoza

To bezpośredni podział komórki, bez wyodrębniania chromosomów. W środkowej części komórki pojawia się przewężenie, które dzieli ją na dwie, mniej więcej równe części. Występuje u bakterii, u człowieka rzadko, np. w komórkach starzejących się.

Mitoza

Ciąg zdarzeń zachodzących w komórce między kolejnymi podziałami mitotycznymi nazywamy **cyklem komórkowym**. Obejmuje on okres życia komórki od jej powstania do końca podziału na komórki potomne (w zdolnych do podziału komórkach eukariotycznych

trwa on 8–20 h, u bakterii 30 min). Składa się na niego **interfaza** i **podział komórki**.

Interfaza

To najdłuższa część cyklu (stanowi 70–90% całego cyklu), w trakcie której komórka rośnie i przygotowuje się do podziału. Dla komórek, które zaprzestały aktywności podziałowej, w tym okresie zachodzi specjalizacja (komórki te pozostaną w fazie G_0 – np. komórki nerwowe, erytrocyty, komórki mięśni szkieletowych). W interfazie rozróżnia się trzy kolejne fazy:

- G_1 – faza wzrostu komórki, podczas której następuje synteza białek budulcowych i enzymów potrzebnych do syntezy DNA oraz zachodzi synteza RNA;
- S – replikacja DNA (podwojenie ilości chromatyny) i synteza białek histonowych;

- G_2 – synteza białek potrzebnych do prawidłowego podziału (głównie **tubuliny**), podwojenie liczby centrioli, podział mitochondriów.

Podział komórki (mitotyczny)

Obejmuje podział jądra komórkowego (**kariokinezę**) oraz cytoplazmy (**cytokinezę**). Przebiega on kilkunastu fazowo:

Profaza

- **wczesna** – w wyniku spiralizacji i kondensacji chromatyny powstają chromosomy zbudowane z chromatyd połączonych centromerem;
- **późna** – zanika błona jądrowa i jąderka, tworzą się włókna wrzeciona kariokinetycznego.

Metafaza

- chromosomy podzielone na chromatydy ustawiają się centromerami w płaszczyźnie równikowej wrzeciona kariokinetycznego;
- włókna wrzeciona jednym końcem skupiają się na biegunie komórki, drugim przyczepiają się do centromerów chromosomów.

Anafaza

- centromery dzielą się;
- włókna (mikrotubule) wrzeciona kariokinetycznego, skracając się, odciągają chromatydy do biegunów komórki;
- zaczyna się formować wrzeciono cytokinetyczne (u roślin fragmoplast);
- rozpoczyna się cytokineza.

Czy wiesz, że...



Czas trwania faz jest stały.

Przykładowo w komórkach zarodka grochu profaza trwa 54 min, metafaza – 14 min, anafaza – 3 min, telofaza – 11 min.

Telofaza

- **wczesna** – chromatydy osiagają bieguny komórki, zanika wrzeciono kariokinetyczne, trwa cytokineza;
- **późna** – odtwarza się błona jądrowa i jąderka, chromosomy potomne ulegają despiralizacji w chromatynę, powstają komórki potomne.

Wynik mitozy

Z jednej diploidalnej ($2n$) komórki macierzystej powstają dwie diploidalne komórki potomne.

Znaczenie mitozy

Dzięki zachodzeniu mitozy w komórkach somatycznych możliwy jest wzrost i regeneracja organizmu przez zwielokrotnienie liczby komórek.

Mejoza

Cykl komórkowy komórek dzielących się mejotycznie także składa się z **interfazy** i **podziału komórkowego (mejotycznego)**. Komórki dzielące się mejotycznie przechodzą dwa cykle podziałowe.

I podział mejotyczny (redukcyjny)

Profaza I obejmuje pięć stadiów:

- **leptoten** – z chromatyny wyodrębniają się chromosomy;
- **zygoten** – chromosomy homologiczne układają się w pary, tworząc **biwalenty**;
- **pachyten** – chromosomy dzielą się na chromatydy, powstają tetrazy (jedna tetra – cztery chromatydy);
- **diploten** – pary chromatyd rozchodzą się, ale zostają połączone w chiasmach, zachodzi *crossing-over*, czyli wymiana odcinków chromatyd chromosomów homologicznych;
- **diakineza** – zanika błona jądrowa i jąderka, tworzą się włókna wrzeciona kariokinetycznego.

Metafaza I:

- tetrazy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej wrzeciona kariokinetycznego, włókna wrzeciona przyczepiają się jednym końcem do biegunów komórki, drugim do centromerów chromosomów.

Anafaza I:

- włókna wrzeciona kariokinetycznego skracają się i odciągają chromosomy do biegunów komórki;
- następuje redukcja liczby chromosomów.

Telofaza I:

- chromosomy osiągają bieguny komórki, powstają dwa jądra potomne.

II podział mejotyczny (mitotyczny)

Profaza II:

- zanika błona jądrowa i jąderko;
- tworzy się wrzeciono kariokinetyczne;
- chromosomy podzielone są na chromatydy, połączone tylko centromerami.

Metafaza II:

- chromosomy ustawiają się w płaszczyźnie równikowej wrzeciona kariokinetycznego.

Anafaza II:

- centromery dzielą się;
- do biegunów komórki rozchodzą się chromatydy;
- powstaje wrzeciono cytokinetyczne (fragmoplast);
- rozpoczyna się cytokineza.

Telofaza II:

- kończy się cytokineza;
- powstają jądra potomne;
- powstaje błona komórkowa (u roślin dodatkowo ściana komórkowa).

Wynik mejozy

Z jednej diploidalnej ($2n$) komórki macierzystej powstają 4 haploidalne ($1n$) komórki potomne.

Znaczenie mejozy

Mejoza zachodzi w komórkach macierzystych gamet i zarodników, w jej wyniku powstają gamety i zarodniki o haploidalnej liczbie chromosomów ($1n$ plemnik + $1n$ komórka jajowa = $2n$ zygota).

Podczas *crossing-over* dochodzi do rekombinacji materiału genetycznego, w wyniku

czego poszczególne osobniki potomne różnią się między sobą (nie istnieją dwa identyczne osobniki tego samego gatunku).

PORÓWNANIE MITOZY I MEJOZY		
cecha	mitoza	mejoza
miejsce przebiegu procesu	komórki somatyczne	komórki macierzyste gamet i zarodników
liczba cykli podziałowych	1	2
liczba komórek potomnych	2	4
liczba chromosomów w komórkach potomnych	taka sama przed podziałem i po nim ($2n$)	przed podziałem $2n$, po podziale $1n$
profaza	krótka, chromosomy dzielą się na dwie chromatydy	profaza I długa, wieloetapowa, następuje koniugacja chromosomów homologicznych
<i>crossing-over</i>	nie zachodzi	zachodzi w profazie I
metafaza i metafaza I	chromosomy układają się w jednej płaszczyźnie	tetrazy (pary chromosomów homologicznych) układają się w jednej płaszczyźnie
anafaza i anafaza I	następuje podział centromerów, włókna wrzeciona podziałowego skracają się i chromatydy siostrzane wędrują do przeciwległych biegunów komórki (jako chromosomy potomne)	następuje skracanie się nici wrzeciona podziałowego, co powoduje rozejście się chromosomów homologicznych do biegunów komórki, centromery nie pękają (rozejście się chromatyd siostrzanych następuje w anafazie II)
telofaza i telofaza I	chromatydy osiągają bieguny komórki, powstają dwa jądra potomne $2n$, zachodzi cytokineza, powstają dwie komórki potomne	chromosomy osiągają bieguny komórki, powstają dwa jądra potomne $1n$, nie zachodzi cytokineza (cytokineza zachodzi w telofazie II)
rola	- służy namnażaniu komórek, co prowadzi do wzrostu organizmu, regeneracji, umożliwia też rozmnażanie wegetatywne organizmów - następstwem jest przekazanie tej samej informacji genetycznej	- redukuje liczbę chromosomów, co prowadzi do powstania haploidalnych gamet i zarodników (zapewnia to stałość liczby chromosomów w kolejnych pokoleniach) - zapewnia rekombinację materiału genetycznego podczas <i>crossing-over</i> - umożliwia niezależną segregację chromosomów matki i ojca w anafazie I – następstwem jest zmienność informacji genetycznej

Sprawdź się!

1. Lizosomy zawierają enzymy hydrolityczne. We wnętrzu tych organelli panuje środowisko kwaśne, w którym enzymy rozkładają różne substancje. W środowisku zasadowym (np. cytoplazmie) działanie tych enzymów jest ograniczone. Na podstawie powyższych informacji sformułuj problem badawczy i hipotezę.

2. Wyjaśnij, dlaczego rodzeństwo różni się od siebie, choć ma takich samych rodziców.

3. Uzupełnij zdania:

..... (1) to proces podziału komórki, który w organizmie człowieka zachodzi w komórkach gonad i umożliwia wytworzenie (2).

W wyniku tego podziału z komórki mającej 46 chromosomów powstaną: (3) komórki zawierające po (4) chromosomy.

3. 1. mejoza, 2. gamet, 3. dwie, 4. 23.

crossing-over.

się gamet, losowe rozchodzenie się chromosomów w trakcie mejozy oraz w wyniku

jednojądrowej) w wyniku zmienności rekombinacyjnej, m.in. przez losowe łączenie

2. Rodzeństwo, choć ma takich samych rodziców, różni się od siebie (pomijając bliźnięta

kwaśnym.

lizosomów zależy od pH środowiska. Enzymy te wykazują optimum działania w środowisku

w lizosomach zależy od pH środowiska? **Hipoteza:** Aktywność enzymów hydrolitycznych

1. **Problem badawczy:** Czy aktywność enzymów hydrolitycznych znajdujących się

Rozdział 4.

HISTOLOGIA – NAUKA O TKANKACH

HISTOLOGIA – NAUKA O TKANKACH

Tkanki zwierzęce 44

Tkanka nabłonkowa	44
Charakterystyka	44
Funkcje	45
Rodzaje wydzielania komórkowego	45
Podział nabłonków ze względu na funkcję	45
Tkanka łączna	48
Charakterystyka	48
Funkcje tkanki łącznej	48
Rodzaje tkanki łącznej	48
Tkanka mięśniowa	54
Charakterystyka	54
Sarkomer	54
Tkanka nerwowa	56
Charakterystyka	56
Budowa neuronu	56
Synapsa	57
Tkanka glejowa	58
Charakterystyka	58
Rodzaje tkanki glejowej	58

Tkanki roślinne 60

Tkanki twórcze (merystematyczne)	60
Cechy	60
Funkcje	60
Tkanki stałe	61
Cechy	61
Tkanka okrywająca	61
Tkanka mięsiszowa	61
Tkanka wzmacniająca	63
Tkanka przewodząca	63
Tkanka wydzielnicza	65

HISTOLOGIA – NAUKA O TKANKACH

Tkanki zwierzęce

Tkanka to zespół komórek o wspólnym pochodzeniu i podobnej budowie, spełniający w komórce specyficzne funkcje.

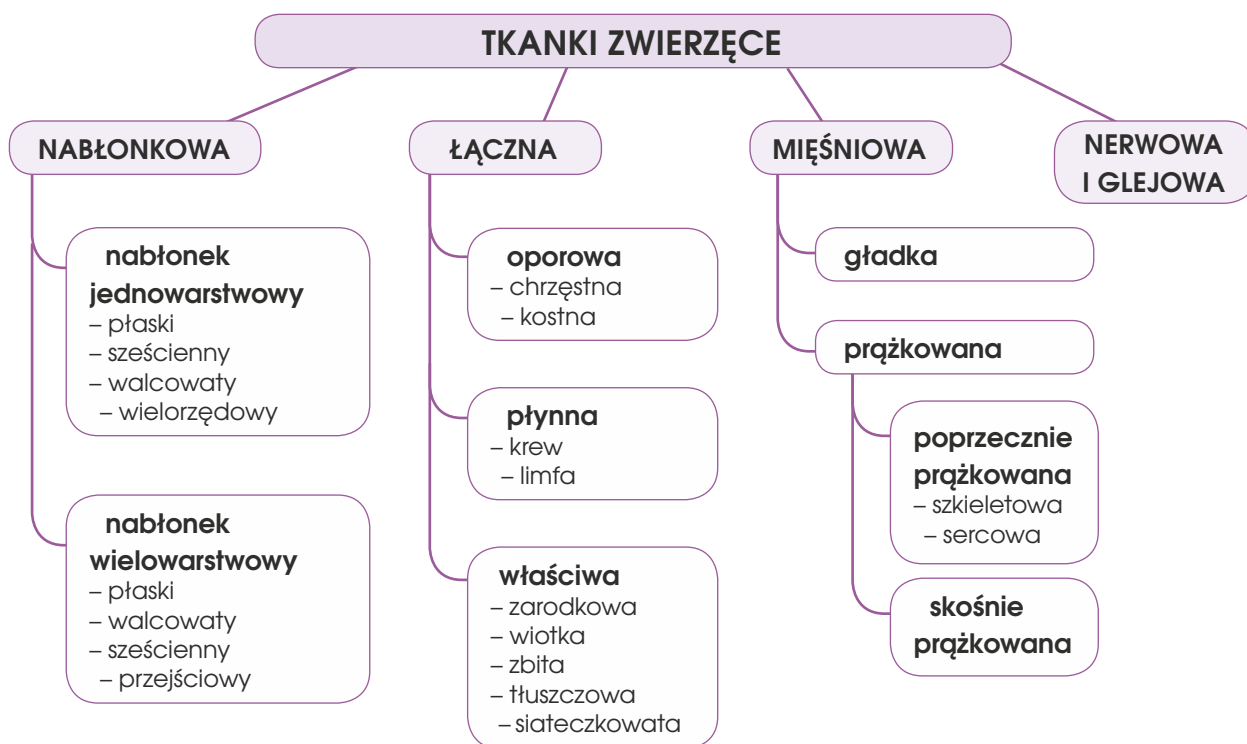
Tkanka nabłonkowa

Charakterystyka

- powstaje jako pierwsza w rozwoju zarodkowym;
- różnicuje się z ekto-, endo- i mezodermy;
- charakteryzuje się zwartym układem komórek, w którym komórki leżą na

błonie podstawnej, przylegającej do tkanki łącznej;

- może wytwarzać rzęski (nabłonek migawkowy);
- nie jest unaczyniona, a substancje odżywcze pobiera z leżącej pod nią tkanki łącznej właściwej;
- jej komórki są zdolne do podziałów;
- ma duże zdolności regeneracyjne;
- między jej komórkami występują różne połączenia międzykomórkowe: desmosomy,



połączenia zwierające, zamykające, komunikacyjne;

- u kręgowców występują nabłonki jedno- i wielowarstwowe, u bezkręgowców jedynie jednowarstwowe;
- u bezkręgowców często pokryta jest oskórką (**kułykulą**), np. u tasiemców (chroni ciało przed działaniem soków trawiennych).

Funkcje

- oddziela organizm od środowiska;
- wyściela narządy i jamy ciała;
- zabezpiecza przed utratą wody;
- umożliwia wymianę gazową;
- ułatwia odbiór bodźców ze środowiska zewnętrznego;
- stanowi część składową gonad, uczestniczy w wytwarzaniu gamet;
- wytwarza i wydziela różne substancje, np. mleko, soki trawienne, pot itp.

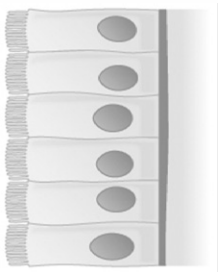
Rodzaje wydzielania komórkowego

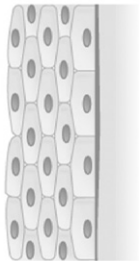
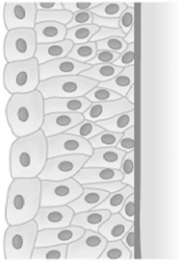
- **merokrynowe (cząsteczkowe)** – wydzielanie substancji ze szczytowej części komórki, która nie zostaje zniszczona; charakterystyczne dla większości gruczołów, np. gruczoł potowy;
- **apokrynowe (szczytowe)** – oderwanie szczytowej części komórki wraz z wydzieliną; uszkodzone komórki regenerują się, np. gruczoł mleczny;
- **holokrynowe (całkowite)** – zniszczenie całej komórki, zmieniającej się w wydzielinę; na miejsce zniszczonej komórki z głębszych

warstw gruczołu powstają nowe komórki, np. gruczoł łojowy.

Podział nabłonków ze względu na funkcję

- **pokrywająco-ochronne** – chronią przed szkodliwymi czynnikami środowiska, urazami mechanicznymi, utratą płynów;
- **lokomotoryczne** – zaopatrzone w rzęski, umożliwiają przemieszczanie się np. komórek jajowych w jajowodach, śluzu, ciał obcych w drogach oddechowych;
- **transportujące** – transportują gazy oddechowe, jony, cukry, aminokwasy;
- **zmysłowe** – odbierają bodźce ze środowiska zewnętrznego i przekazują je elementom nerwowym, np. współtworzą kubki smakowe, błonę węchową, ślimak, siatkówkę oka;
- **wydzielnicze (gruczołowe)** – budują gruczoły wydzielnicze, produkują i wydzielają związki chemiczne (enzymy, hormony, mleko, śluz), współtworzą ślinianki, trzustkę, wątrobę, gruczoły łojowe, potowe;
- **nabłonek wchłaniający** – nabłonek jednowarstwowy walcowaty pokrywający światło jelita cienkiego, uczestniczący we wchłanianiu strawionego pokarmu;
- **nabłonek płciowy (rozdrodczy)** – stanowi część składową gonad, uczestniczy w wytwarzaniu gamet.

PODZIAŁ NABŁONKÓW JEDNOWARSTWOWYCH ZE WZGLĘDU NA BUDOWĘ						
rodzaj nabłonka	schemat	kształt komórek	położenie jąder	dodatkowe elementy	lokalizacja	funkcje
płaski		spłaszczone, wielościenne	w centrum	-	pęcherzyki płucne, naczynia krwionośne, torebki ciał nerkowych, optyczna, otrzewna, osierdzie, owodnia	umożliwia zachodzenie procesów dyfuzji, filtracji, wyścięła i chroni narządy i jamy ciała
sześcienne		równościennie	w centrum	-	kandilki nerkowe, przewody wyprowadzające gruczołów, jajniki	umożliwia zachodzenie procesów wchłaniania i wydzielania
walcowaty		wysokie, walcowate	w spodniej warstwie cytoplazmy	mikrokosmki, rzęski	jelit, jajowód, macica	mikrokosmki w przewodzie pokarmowym zwiększają powierzchnię wchłaniania, rzęski w jajowodach ułatwiają przesuwanie się komórki jajowej, uczestniczy w wydzielaniu (np. śluzu, łez, enzymów trawiennych)
wielo-rzędowy		różnej wysokości, o klinowatym kształcie	na różnej wysokości	rzęski	drogi oddechowe, pęcherz moczowy, moczowody, miedniczka nerkowa	rzęski pomagają usuwać zanieczyszczenia

PODZIAŁ NABŁONKÓW WIELOWARSTWOWYCH ZE WZGLĘDU NA BUDOWĘ						
rodzaj nabłonka	schemat	kształt komórek*	położenie jąder	dotykowe elementy	lokalizacja	funkcje
płaski		spłaszczone; zewnętrzna warstwa często ulega złuszczeniu, odnawiana jest przez komórki warstwy rozrodczej	w centrum	-	nabłonek rogowaciejący – naskórek, przedstoniek nosa, podniebienie twarde; nabłonek nierogowaciejący – jama ustna, część gardła przełyk, odbył pochwa, przedni nabłonek rogowki	chroni, okrywa i wydziela
walcowaty		walcowate	na spodniej stronie cytoplazmy	może posiadać rzęski	przewody wyprowadzające ślinianek, przewody żłowe	chroni, wyściela
sześcienny		równościenne	w centrum	-	przewody wyprowadzające niektórych gruczołów, spojówka	chroni, wyściela
przejściowy		baldaszkowate; nabłonek może zmieniać swój wygląd i liczbę warstw, brak błony podstawnej, spoczywa bezpośrednio na tkance łącznej	zmienne	śluz (głównie u zwierząt roślinożernych, u człowieka w stanach zapalnych) chroni przed szkodliwym działaniem moczu	drogi wyprowadzające mocz (miedniczki nerkowe, moczowody, pęcherz moczowy)	zapobiega przenikaniu wody z tkanek do moczu i ogranicza jego wchłanianie

* W nabłonkach wielowarstwowym kształt komórek dotyczy warstwy powierzchniowej

Tkanka łączna

Charakterystyka

- powstaje z mezodermy;
- charakteryzuje się luźnym układem komórek;
- zawiera istotę międzykomórkową;
- posiada włókna białkowe:
 - ♦ **kolagenowe** – zbudowane z kolagenu, o dużej odporności na zerwanie; występują m.in. w ścięgnach, chrząstkach i kościach;
 - ♦ **sprężyste** – zbudowane z elastyny; występują m.in. w naczyniach krwionośnych, chrząstce sprężystej;
 - ♦ **retikulinowe** – delikatne włókienka tworzące rusztowanie wielu narządów np. zrąb węzłów chłonnych.

Funkcje tkanki łącznej

- łączy części jednego lub różnych narządów (tkanka łączna właściwa wiotka);
- wypełnia wolne przestrzenie wewnątrz ciała (tkanka łączna właściwa wiotka);
- tworzy błony surowicze (tkanka łączna właściwa wiotka);
- tworzy szkielet (tkanka łączna oporowa);
- odżywia (krew);
- transportuje (krew, limfa);

- pełni funkcję obronną (krew, limfa);
- magazynuje (tkanka tłuszczowa).

Rodzaje tkanki łącznej

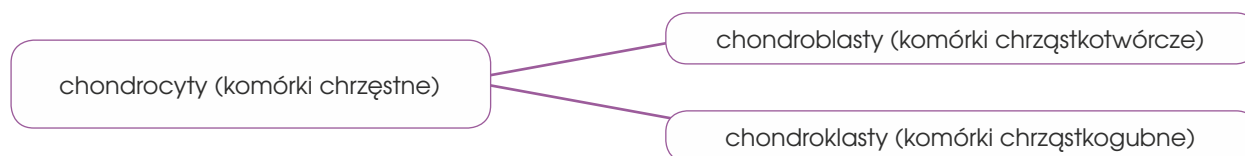
Tkanka łączna oporowa jest charakterystyczna dla kręgowców. Wyróżnia się jej dwa rodzaje – tkankę **chrzęstną** (szklistą, sprężystą, włóknistą) i **kostną** (zbitą i gąbczastą).

Tkanka oporowa magazynuje sole mineralne, stanowi podporę ciała i ochronę mechaniczną, pełni funkcję szkieletotwórczą i krwiotwórczą.

Tkanka chrzęstna

- nie jest unerwiona ani unaczyniona; składa się z istoty międzykomórkowej, w której znajdują się włókna białkowe oraz jamki chrzęstne z komórkami chrzęstnymi (chondrocytami);
- w wyniku uszkodzenia chrząstki, chondrocyty przekształcają się w chondroklasty (komórki chrząstkogubne) rozpuszczające chrząstkę; równocześnie z chondrocytów powstają chondroblasty (komórki chrząstkotwórcze), które intensywnie się dzielą i odbudowują ubytki;
- wyróżniamy trzy rodzaje tkanki chrzęstnej: szklistą, sprężystą i włóknistą.

KOMÓRKI TKANKI CHRZĘSTNEJ



RODZAJE TKANKI CHRZĘSTNEJ

tkanka chrzęstna	rodzaj włókien	charakterystyka	lokalizacja
szklista	kolagenowe	może ulec skostnieniu, jest odporna na ścieranie	szkielet ryb chrzęstnych, szkielet zarodka i płodu, powierzchnie stawowe, przymostkowe części żeber, część chrzęstna nagłośni i oskrzeli, przegroda nosa
sprężysta	sprężyste	nie ulega skostnieniu	małżowina uszna, przewód słuchowy zewnętrzny, trąbka słuchowa, część chrząstek krtani i nagłośni
włóknista	kolagenowe	wytrzymała na zerwanie, zgniatanie	ścięgna, więzadła, współtworzy krążki międzykręgowe w kręgosłupie, spojenie łonowe

RODZAJE TKANKI KOSTNEJ

tkanka kostna	budowa	funkcja
zbita	podstawową jednostką strukturalną jest osteon, tworzą go blaszki kostne, między którymi znajdują się jamki kostne z osteocytami, centralną część zajmuje kanał Haversa, w którym biegną naczynia krwionośne, limfatyczne i nerwy	buduje trzony kości długich i zewnętrzne warstwy kości płaskich
gąbczasta	beleczki kostne (ciasno nawinięte wokół siebie blaszki kostne) tworzą przestrzenną sieć, którą wypełnia szpik kostny	występuje w końcowych częściach kości długich (jej struktura pozwala na amortyzowanie przeciążeń)

Tkanka kostna

- powstaje w wyniku kostnienia tkanki chrzęstnej szklistej lub z przekształcenia tkanki łącznej właściwej (proces kostnienia kończy się około 21. roku życia);
- jest dobrze unaczyniona i unerwiona;
- ma duże zdolności regeneracyjne;
- składa się z istoty międzykomórkowej wysyczonej solami mineralnymi, głównie wapnia, fosforu i magnezu, które nadają jej twardość i wytrzymałość na obciążenia mechaniczne;
- w istocie międzykomórkowej znajdują się włókna kolagenowe (osseinowe) oraz

komórki kostne (osteocyty); w dojrzałych kościach włókna kolagenowe tworzą blaszki kostne;

- u kręgowców tworzy szkielet wewnętrzny, na którym rozpięte są mięśnie;
- wyróżnia się dwa typy tkanki kostnej: zbitą i gąbczastą.

Skład chemiczny kości:

- ♦ 30–40% związki organiczne;
- ♦ 30–45% związki mineralne;
- ♦ 15–45% woda.

Tkanka łączna właściwa

Jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych tkanek zwierzęcych. Charakteryzuje się

brakiem substancji twardych w istocie międzykomórkowej. Ma duże zdolności regeneracji. Wyróżnia się pięć jej odmian: wiotką, zbitą, tłuszczową, siateczkowatą i zarodkową (patrz tabela poniżej).

Tkanka łączna płynna

Składa się z płynnej istoty międzykomórkowej (osocza) i elementów morfotycznych (krwinek). Do tkanki łącznej płynnej należą krew i limfa.

Krew

Krew składa się z bezpostaciowego osocza i elementów morfotycznych (erytrocytów, leukocytów oraz trombocytów). Pełni funkcję transportową, odgrywa istotną rolę w mechanizmach obronnych, zapewnia utrzymanie homeostazy.

Osocze to płynna, jasnożółta substancja międzykomórkowa krążąca w naczyniach krwionośnych. Stanowi 55% objętości krwi.

DEFINICJA SUROWICY KRWI

$$\text{OSOCZE} - \text{FIBRYNOGEN} = \text{SUROWICA KRWI}$$

RODZAJE TKANKI ŁĄCZNEJ WŁAŚCIWEJ			
tkanka łączna właściwa	włókna białkowe	funkcje	lokalizacja
wiotka	kolagenowe, sprężyste, retikuliny	łączy narządy, pośredniczy w wymianie substancji między krwią a tkankami, współtworzy warstwę podskórną	najczęściej występująca tkanka, otacza m.in. naczynia krwionośne, nerwy, mięśnie, z tkanką tłuszczową współtworzy warstwę podskórną, przytwierdzającą skórę do mięśni
zbita	kolagenowe	nadaje wytrzymałość, elastyczność budowanym strukturom	ściągna, torebki stawowe (zbita regularna), skóra właściwa (zbita nieregularna)
tłuszczowa	brak	stanowi termoizolację oraz mechaniczną ochronę dla głębiej położonych tkanek i narządów, magazynuje tłuszcz (tłuszczowa żółta), odpowiada za wytwarzanie ciepła (tłuszczowa brązowa)	tkanka podskórna, torebki tłuszczowe nerek, serca, tkanka brązowa występuje u niemowląt i zwierząt hibernujących
siateczkowata	retikuliny	tworzy zręby narządów limfatycznych	zręb węzłów chłonnych, grasicy, szpiku kostnego, wątroba, błona śluzowa jelit i macicy
zarodkowa	brak	jej gwiaździste komórki są totipotencjalne (mają zdolność tworzenia dowolnego typu tkanki łącznej)	ciało zarodka, zręb pępowiny

Zawiera 90% wody, 9% związków organicznych, głównie białek (takich jak albuminy, globuliny, fibrynogen, protrombina), węglowodanów, tłuszczów i witamin, 1% soli mineralnych (takich jak jony sodu, potasu, magnezu, wapnia, chloru, wodorowęglany).

Rola osocza:

- rozprowadzanie po organizmie substancji odżywczych, witamin, enzymów, hormonów (woda);
- odprowadzanie do nerek zbędnych i szkodliwych produktów metabolizmu (woda);
- udział w reakcjach odpornościowych (γ -globuliny);
- utrzymywanie stałego ciśnienia osmotycznego (albuminy);
- udział w procesie krzepnięcia krwi (fibrynogen, protrombina, Ca_2^+);
- utrzymywanie stałego pH (jony);
- udział w termoregulacji (woda);
- uczestniczenie w transporcie dwutlenku węgla (przez osocze transportowane jest 70% CO_2);
- u bezkręgowców w osoczu znajdują się barwniki oddechowe.

Elementy morfotyczne (komórki krwi) powstają w szpiku kostnym.

Należą do nich **erytrocyty** (krwinki czerwone), **leukocyty** (krwinki białe), **trombocyty** (płytki krwi).

- **Erytrocyty**
 - ♦ stanowią 38–48% całkowitej objętości krwi; powstają w szpiku czerwonym;

- ♦ są niszczone przez komórki żerne śledziony, wątroby, węzłów chłonnych;
- ♦ ich liczba w normie wynosi u mężczyzn 5,5 mln/ mm^3 krwi obwodowej, u kobiet 4,5 mln/ mm^3 ; ich liczba rośnie m.in. w wysokich górach;
- ♦ mają kształt spłaszczonego dwukłęsłego krążka o średnicy 7,5 μm ;
- ♦ u ssaków są bezjądrzaste;
- ♦ żyją 100–120 dni;
- ♦ zawierają hemoglobinę – czerwony barwnik oddechowy zbudowany z białka globiny i grupy hemowej posiadającej żelazo Fe^{2+} , które wiąże się odwracalnie z tlenem; połączenia hemoglobiny: Hb-O_2 oksyhemoglobina, Hb-CO_2 karbaminohemoglobina, Hb-CO karboksyhemoglobina, SulfHb sulfhemoglobina (połączona z siarkowodorem), MetHB methemoglobina (w której żelazo hemu zostało utlenione do Fe^{3+} , niezdolna do wiązania tlenu); Hb ulega **utlenowaniu**, a nie utlenieniu, ponieważ żelazo nie zmienia swej wartościowości i tlen nie wchodzi w trwały związek z Hb ;
- ♦ rola erytrocytów: transportują tlen z narządów oddechowych do wszystkich tkanek; transportują dwutlenek węgla (ok. 10% transportowanego w organizmie CO_2); polisacharydy na błonach erytrocytów są odpowiedzialne za rozróżnianie grup krwi;

biorą udział w utrzymaniu stałego pH krwi.

• Leukocyty

- ♦ u dorosłego człowieka ich liczba wynosi 5–10 tys./mm³, u dzieci ich liczba jest zwiększona;
- ♦ występują we krwi i limfie;
- ♦ mają owalny kształt;
- ♦ zawierają organelle komórkowe (liczne lizosomy);
- ♦ niektóre mają zdolność ruchu pełzającego i mogą opuszczać naczynia krwionośne;
- ♦ powstają w szpiku kostnym i układzie limfatycznym (grasicy, śledzionie, grudkach chłonnych);
- ♦ niszczone są w komórkach układu siateczkowo-śródbłonkowego,
- ♦ żyją do 20 lat;
- ♦ ich liczba rośnie m.in. w chorobach nowotworowych, alergicznych;
- ♦ rola leukocytów: krwinki białe pełnią funkcję obronną, niszczą bakterie i wirusy, usuwają martwe lub uszkodzone tkanki i komórki (fagocytoza, produkcja przeciwciał).

• Trombocyty (płytki krwi)

- ♦ w krwi dorosłego człowieka jest ich 200–400 tys./mm³;
- ♦ mają kształt dysku;
- ♦ powstają w szpiku przez odszczepienie się cytoplazmy megakariocytów;
- ♦ niszczone są w śledzionie;

- ♦ nie posiadają jąder komórkowych;
- ♦ żyją 8–10 dni;
- ♦ rola trombocytów: biorą udział w procesie krzepnięcia krwi i hemostazie.

Limfa (chłonka)

Jest płynem pozakomórkowym spływającym do naczyń chłonnych, które tworzą układ limfatyczny. Krzepnie jak krew, lecz wolniej ze względu na mniejszą zawartość ciał białkowych. W stanach zapalnych jej wytwarzanie wzrasta. W ciągu doby do krwi odpływa 1–2 l chłonki. Limfa zbudowana jest z:

- **osocza**, które zbliżone jest składem do osocza krwi, lecz bogatsze w tłuszcze (mleczne zabarwienie), powstaje jako przesącz z naczyń włosowatych do przestrzeni międzykomórkowych;
- **elementów komórkowych** – głównie limfocytów;
- rola limfy: pośredniczy w dwustronnej wymianie substancji między krwią a innymi tkankami; odgrywa rolę odpornościową.

Czy wiesz, że...



Jedynie organizmy zbudowane z tkanek to rośliny i zwierzęta. Pozostałe organizmy wielokomórkowe nazywamy plechowcami. Gąbki to jedyne zwierzęta beztkankowe.

PODZIAŁ LEUKOCYTÓW

GRANULOCYTY			
cecha	neutrofile (granulocyty obojętnochłonne)	eozynofile (granulocyty kwasochłonne)	bazofile (granulocyty zasadochłonne)
zawartość w ogólnej liczbie leukocytów	60%	3%	0,5%
charakterystyka	kulisty kształt, jądro podzielone na 2–5 segmentów	jądro podzielone na 2 równe segmenty, poruszają się ruchem pęłzakowatym	charakterystyczne ziarnistości w cytoplazmie
funkcja	opuszczają naczynia krwionośne, fagocytują patogeny, ich liczba wzrasta w stanach zapalnych	fagocytują obce białka, sterują reakcjami alergicznymi, ich liczba wzrasta przy zakażeniu pasożytami, podczas chorób zakaźnych bakteryjnych i wirusowych	wydzielają histaminę i heparynę, uczestniczą w reakcjach alergicznych

AGRANULOCYTY			
cecha	limfocyty		monocyty
	T	B	
zawartość w ogólnej liczbie leukocytów	25–35%		4–6%
charakterystyka	dojrzewają w grasicy, są odpowiedzialne za odporność komórkową	dojrzewają w szpiku kostnym i węzłach chłonnych	największe komórki krwi; mają zdolność ruchu, mogą wydostawać się poza naczynia krwionośne (przekształcają się w makrofagi pochłaniające wirusy, bakterie, grzyby i martwe komórki); mają zdolność fagocytozy, wytwarzają czynnik hamujący wzrost komórek nowotworowych; wytwarzają interferon, mający działanie przeciwwirusowe, prezentują limfocytom T obce antygeny; żyją 3–5 dni
rodzaje	limfocyty Th (pomocnicze) pobudzają limfocyty B do produkcji przeciwciał; limfocyty Ts (supresorowe, Treg) hamują odpowiedź immunologiczną; limfocyty Tc (cytotoksyczne) niszczą antygeny na drodze cytotoksyczności komórkowej; limfocyty T pamięci	komórki plazmatyczne produkują przeciwciała w odpowiedzi na pojawienie się antygeny; limfocyty B pamięci	

Tkanka mięśniowa

Charakterystyka

- powstaje z mezodermy (mięśnie gładkie gruczołów potowych i mięsień rzęskowy żrenicy pochodzą z ektodermy);
- najbardziej pierwotną postacią komórek odpowiadających za ruch są komórki nabłonkowo-mięśniowe parzydełkowców;
- u większości bezkręgowców dominują mięśnie gładkie – obsługują one narządy wewnętrzne i pełnią funkcję ruchową (współtworzą m.in. wory powłokowo-mięśniowe);
- u stawonogów wszystkie mięśnie zaliczamy do poprzecznie prążkowanych (w tym np. bardzo wydajne mięśnie skrzydłowe owadów oraz mięśnie narządów wewnętrznych);

- mięśnie poprzecznie prążkowane u innych grup bezkręgowców występują czasem w bardzo ruchliwych narządach, np. gardzieli pierścienic lub sercu mięczaków;
- komórki mają zdolność aktywnego kurczenia się, dzięki obecności w cytoplazmie białek kurczliwych tworzących filamenty cienkie zbudowane z aktyny i grube zbudowane z miozyny;
- włókna mięśniowe są ściśle ułożone;
- nie posiada istoty międzykomórkowej;
- jest bardzo dobrze unerwiona i ukrwiona;
- zawiera dużą liczbę mitochondriów.

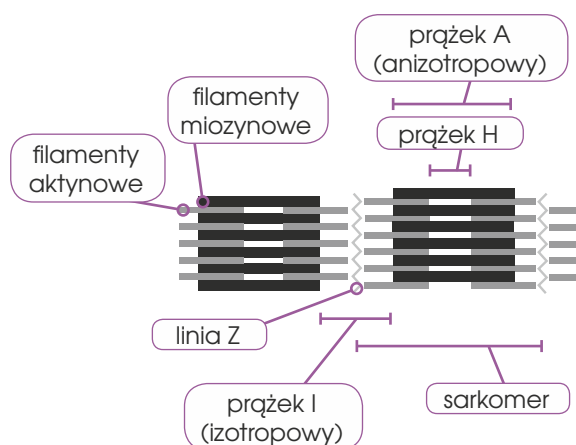
Sarkomer

- podstawowa jednostka strukturalna i funkcjonalna mięśnia poprzecznie prążkowanego;

ORGANIZACJA TKANKI MIĘŚNIOWEJ



SCHEMAT BUDOWY SARKOMERU



- składa się z naprzemiennie ułożonych **miofilamentów cienkich (aktynowych)** i **grubych (miozynowych)**;
- regularne ułożenie miofilamentów jest przyczyną prążkowania mięśni poprzecznie prążkowanych;
- ruch miofilamentów grubych i cienkich względem siebie powoduje **skurcz** lub **rozluźnienie** mięśnia;
- szereg kolejno ułożonych sarkomerów oddzielonych liniami Z tworzy **miofibryle**;
- równolegle ułożone miofibryle są podstawowym składnikiem **włókna mięśniowego**.

RODZAJE TKANKI MIĘŚNIOWEJ

cecha	tkanka gładka	tkanka poprzecznie prążkowana szkieletowa	tkanka poprzecznie prążkowana mięśnia sercowego
jednostka strukturalna	komórka (miocyt)	włókno	komórka
długość komórek (włókien)	ok. 15–200 μm	od kilku mm do ok. 30 cm	ok. 200 μm
kształt komórek (włókien)	wrzecionowate, ułożenie filamentów nieregularne	wydłużone, cylindryczne, ułożone równolegle	wydłużone, cylindryczne, rozgałęzione, komórki połączone wstawkami
liczba jąder	jedno	wiele	jedno lub dwa
położenie jąder	centralne	peryferyjne	centralne
poprzeczne prążkowanie	brak	obecne	obecne
liczba mitochondriów	mała	zróżnicowana	duża
unaczynienie	słabe	silne	silne
szybkość skurczu	mała (są zdolne do pozostawania w długotrwałym skurczu)	bardzo duża	pośrednia
szybkość męczenia się	powoli	szybko	odporna na zmęczenie
unerwienie	autonomiczne (niezależne od woli)	motoryczne (zależne od woli)	autonomiczne (niezależne od woli)
występowanie w organizmie	narządy wewnętrzne (ściany przewodu pokarmowego, naczynia krwionośne, drogi oddechowe poniżej krtani, ściany układu wydalniczego, pęcherzyka żółciowego, narządy płciowe, skóra)	mięśnie szkieletowe, mięśnie mimiczne twarzy, mięsień okrężny ust, mięśnie języka, mięśnie podniebienne gardła i krtani, przepona	mięsień sercowy (ściany przedsionków i komór serca)

Tkanka nerwowa

Charakterystyka

- powstaje z ektodermy;
- jej zadaniem jest odbieranie, przetwarzanie bodźców i przesyłanie ich w postaci impulsów nerwowych do ośrodków nerwowych i efektorów;
- ma bardzo małą zdolność regeneracji;
- podstawową jednostką czynnościową tkanki nerwowej jest **komórka nerwowa (neuron)**.

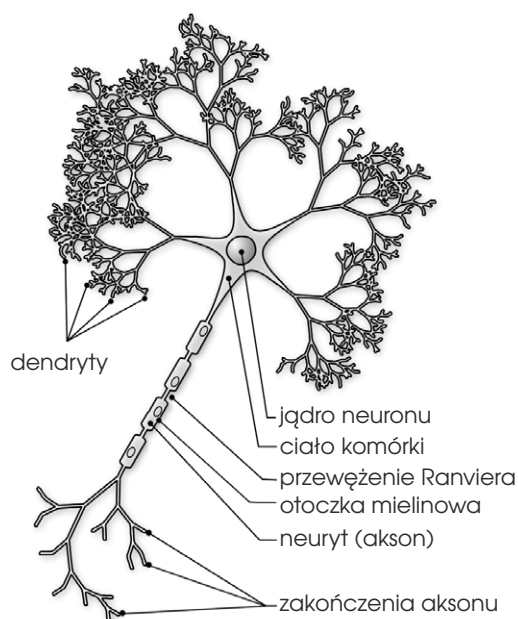
Budowa neuronu

- **ciało komórki nerwowej (perikarion)** – w cytoplazmie zawarte są wszystkie organelle komórkowe (szczególnie silnie rozbudowany jest system siateczki

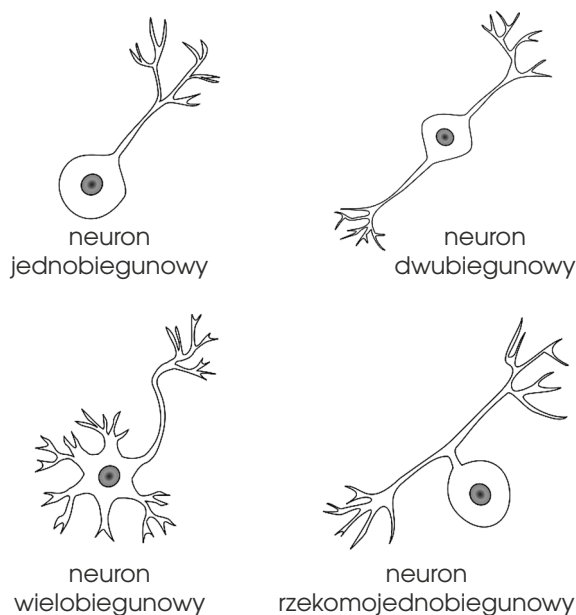
śródpłazmatycznej, aparat Golgiego, liczne mitochondria);

- **tigroid** – ziarnistości zawierające RNA;
- **neuryt (akson)** – długa wypustka przekazująca impulsy nerwowe do innych neuronów lub efektorów, końcowe części aksonu mogą tworzyć rozgałęzienia zakończone kolbką synaptyczną, pęk aksonów tworzy nerw; długość aksonów u człowieka może osiągać metr;
- **dendryty** – krótkie wypustki nerwowe odbierające i przekazujące bodźce do perikarionu;
- **osłonka mielinowa (rdzenna)** – bogata w substancje białkowe i lipidowe, zapewnia izolację elektryczną; im większa

SCHEMAT BUDOWY NEURONU



KLASYFIKACJA NEURONÓW ZE WZGLĘDU NA BUDOWĘ



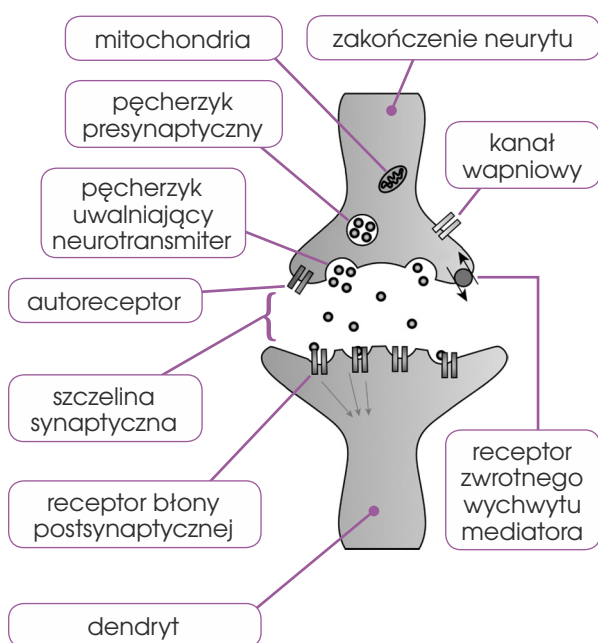
liczba zwojów osłonki mielinowej, tym większa szybkość przewodzenia;

- **osłonka komórkowa** (lemocyty, dawniej komórki Schwanna) – z cytoplazmą i jądrem lemocyty;
- **przewężenia Ranviera** – zwiększają tempo przewodzenia impulsów nerwowych.

Podział neuronów ze względu na budowę

- **neuron jednobiegunowy** – pozbawiony dendrytów (np. w podwzgórzu);
- **neuron rzekomojednobiegunowy** – akson i dendryt odchodzą od neuronu wspólnym pniem (np. w mózgu i rdzeniu kręgowym);
- **neuron dwubiegunowy** – zaopatrzony w jeden akson i jeden dendryt (np. w siatkówce oka);

BUDOWA SYNAPSY CHEMICZNEJ



- **neuron wielobiegunowy** – zaopatrzony w jeden akson i wiele dendrytów (np. w OUN).

Podział neuronów ze względu na przewodzenie impulsów

- **neurony czuciowe (sensoryczne)** – przewodzą impulsy dośrodkowo od receptorów do OUN;
- **neurony pośredniczące (skojarzeniowe)** – występują w OUN, pośredniczą w przekazywaniu impulsów między neuronami czuciowymi i ruchowymi (np. w łukach odruchowych);
- **neurony ruchowe (motoryczne)** – przesyłają impulsy odśrodkowo do efektorów.

Podział neuronów ze względu na liczbę osłonek

- **bezrdzenne**
 - ♦ **bezosłonkowe (nagie)** – pozbawione osłonek (np. neuron węchowy);
 - ♦ **jednoosłonkowe** – pokryte jedną osłonką komórkową (np. włókna pozazwojowe w układzie autonomicznym);
- **rdzenne**
 - ♦ **jednoosłonkowe** – pokryte tylko osłonką mielinową (np. neuron wzrokowy);
 - ♦ **dwuosłonkowe** – pokryte dwiema osłonkami: mielinową i komórkową (np. nerwy mózgowie i rdzeniowe).

Synapsa

Synapsa to złącze, w którym impuls nerwowy przekazywany jest z jednego neuronu

do innego lub do komórki efektorowej. Następuje tu zmiana sposobu przekazywania informacji z elektrycznej na chemiczną. Gdy impuls nerwowy osiąga błonę presynaptyczną, do szczeliny synaptycznej otwierają się pęcherzyki zawierające mediator (np. acetylocholiny, noradrenaliny). Mediator dyfunduje przez szczelinę i pobudza białkowe receptory w błonie postsynaptycznej, wyzwalając w kolejnej komórce impuls nerwowy.

Typy synaps

- **nerwowo-nerwowa** (między zakończeniem aksonu a dendrytem kolejnej komórki nerwowej);
- **nerwowo-mięśniowa** (między zakończeniem aksonu a włóknem mięśniowym);
- **nerwowo-gruczołowa** (między zakończeniem aksonu a gruczołem).

Podział synaps ze względu na rodzaj oddziaływań

- **pobudzające** – wydzielane neuroprzekazniki wywołują w błonie następnej komórki **postsynaptyczne potencjały pobudzające** (EPSP); błona staje się bardziej wrażliwa; właściwości takie wykazuje błona dendrytów i ciała komórki nerwowej; umożliwia to sumowanie pobudzenia; neuroprzekazniki pobudzające to **acetylocholina, adrenalina, noradrenalina, dopamina**;
- **hamujące** – mediatory wywołują w błonie następnej komórki **postsynaptyczne**

potencjały hamujące (IPSP); błona postsynaptyczna pod wpływem neuroprzekaznika ulega hiperpolaryzacji i staje się mniej wrażliwa; powoduje to spadek aktywności hamowanej komórki; mediatory hamujące to **GABA (kwas aminomasłowy), glicyna**.

Tkanka glejowa

Charakterystyka

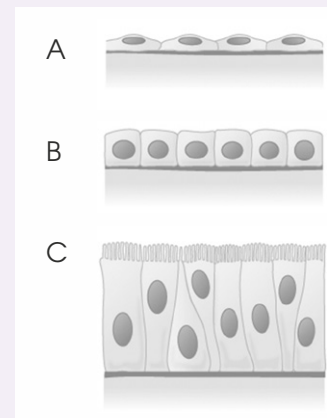
- powstaje z mezodermy;
- jej komórki mają gwiazdzisty kształt;
- nie przewodzi impulsów nerwowych;
- jest odpowiedzialna za odżywianie, regenerację i ochronę neuronów;
- nowotworami tkanki glejowej są glejaki.

Rodzaje tkanki glejowej

- **glej wielokomórkowy** – zbudowany z astrocytów, czyli dużych komórek gwiazdzistych, które pełnią funkcje podporowe i pośredniczą w odżywianiu komórek i włókien nerwowych;
- **glej drobnokomórkowy** – jego komórki mają zdolność poruszania się i fagocytozy, co pozwala na pełnienie funkcji regeneracyjnej;
- **glej skąpokomórkowy** – pełni rolę odżywczą w stosunku do komórek nerwowych, buduje osłonkę mielinową włókien nerwowych;
- **glej nabłonkowy** – zbudowany z komórek wyściełających korę mózgową od wewnątrz.

Sprawdź się!

1. Na rysunkach przedstawiono trzy rodzaje nabłonków jednowarstwowych występujących w różnych narządach organizmu człowieka. Nazwij poszczególne nabłonki i na przykładzie jednego z nich wykaż związek jego budowy z funkcją pełnioną przez niego w organizmie.



2. Określ, z jakiego rodzaju tkanki mięśniowej zbudowane są następujące narządy: macica, mięsień trójgłowy ramienia, pęcherz moczowy, przepona, serce, żołądek.
3. Podaj trzy funkcje tkanki tłuszczowej.

1. A – nabłonek jednowarstwowy płaski – buduje pęcherzyki płucne, torebki ciał nerk, naczyń włosowatych, jest to nabłonek zbudowany z pojedynczych warstw spłaszczonych komórek, dzięki czemu możliwe są procesy dyfuzji, B – nabłonek jednowarstwowy sześcienny, C – nabłonek jednowarstwowy wielorzędowy.

2. Macica – mięsień trójgłowy ramienia – mięsień poprzecznie prążkowany szkieletowy, pęcherz moczowy – mięsień gładki, przepona – mięsień poprzecznie prążkowany szkieletowy, serce – mięsień poprzecznie prążkowany mięśnia sercowego, żołądek – mięsień gładki.

3. Tłuszczowa występuje w warstwie podskórnej, tworząc warstwę termolizacyjną. Chroni narządy wewnętrzne przed urazami mechanicznymi, magazynuje tłuszcz jako rezerwę substratu energetycznego.

Tkanki roślinne

U roślin wyróżniamy **tkanki jednorodne**, których komórki mają wspólne pochodzenie i podobną budowę oraz **tkanki niejednorodne**, czyli zespoły różnych komórek.

Łączność między komórkami roślinnymi odbywa się przez jamki – **plazmodesmy** – przez które przenikają pasma cytoplazmy.

Tkanki twórcze (merystematyczne)

Cechy

- mają charakter embrionalny;
- są żywe;

- ich komórki są zdolne do stałych podziałów mitotycznych lub mejotycznych (tkanki archesporialne);
- są cienkościenne o pierwotnych ścianach komórkowych;
- posiadają duże jądra komórkowe;
- mają gęstą cytoplazmę;
- są słabo zwakuolizowane;
- zawierają proplastydy.

Funkcje

- odpowiadają za wzrost rośliny, który odbywa się w ściśle określonych miejscach zwanych strefami merystematycznymi;
- dają początek tkankom stałym.

PODZIAŁ TKANEK MERYSTEMATYCZNYCH WEDŁUG POCHODZENIA

tkanki pierwotne	tkanki wtórne
powstają bezpośrednio z tkanki zarodkowej, powodują przyrost na długość (wzrost elongacyjny)	tworzą się z żywych komórek stałych o charakterze miękiszowym, które na skutek odróżnicowania wróciły do stanu embrionalnego i uzyskały zdolność do podziałów, powodują przyrost na grubość
• merystem zarodkowy – buduje zarodek • merystem wierzchołkowy (korzenia i pędu) – tworzy stożki wzrostu korzenia (okryty czapeczką) i pędu (okryty liśćmi okrywającymi), powodując ich wydłużanie; jest to wzrost zlokalizowany i nieograniczony; umożliwia także pierwotny przyrost na grubość korzeni i pędów • merystem wstawowy (interkalarny) – umieszczony jest w łodydze u podstawy międzywęźli, powoduje ich wydłużanie; chroniony jest przez pochewki liściowe; występuje np. u skrzypów, traw, turzyc, goździkowych • merystem boczny pierwotny (kambium wiązkowe) – występuje w wiązkach przewodzących roślin dwuliściennych, wraz z kambium międzywiązkowym (wtórnym) odkłada nowe elementy drewna i łyka, powodując przyrost pędu na grubość • merystem archesporialny (niektóre rodzaje)	• kambium międzywiązkowe (merystem boczny wtórny, miazga) – występuje w korzeniu i łodydze roślin posiadających zdolność przyrostu wtórnego na grubość; odkłada się w postaci walca między łykiem i drewnem pierwotnym; w wyniku podziałów komórek miazgi nowe komórki drewna są odkładane do wnętrza, a łyka – na zewnątrz, co powoduje przyrost na grubość • fellogen (miazga korkotwórcza) – powstaje w łodydze z zewnętrznej warstwy kory pierwotnej, w korzeniu z perycyklu; wytwarza na zewnątrz korek, do wnętrza miękisz podkorowy (fellodermę). • kalus (merystem przyranny) – powstaje z odróżnicowanych żywych komórek w miejscu zranienia, powodując stopniowe zarastanie • merystem archesporialny (większość rodzajów) – występuje w zarodniach roślin zarodnikowych i nasiennych (w woreczku pyłkowym i ośrodku zalążka); komórki dzielą się mejotycznie, formując haploidalne zarodniki

Tkanki stałe

Cechy

- niezdolne do podziałów;
- całkowicie zróżnicowane;
- większe od komórek merystematycznych;
- zawierają duże wakuole;
- posiadają dobrze wykształconą ścianę komórkową;
- mają dojrzałe plastydy;
- niekiedy w wyniku wytworzenia silnie zgrubiałych ścian zanika ich żywa zawartość.

Tkanka okrywająca

Tkanka okrywająca chroni roślinę przed niekorzystnym wpływem czynników zewnętrznych oraz nadmiernym parowaniem wody, zapewniając równocześnie roślinie kontakt ze środowiskiem zewnętrznym.

Tkanka okrywająca pierwotna (skórka)

- występuje na młodych organach;

- utworzona jest z jednej warstwy żywych komórek ściśle do siebie przylegających, niezawierających chloroplastów;
- dzieli się na epidermę i ryzodermę.

Tkanka okrywająca wtórna (korek, fellem)

- powstaje na starszych częściach organów roślin w wyniku działalności fellogenu;
- zbudowana jest z wielu warstw martwych komórek, nieprzepuszczających wody, pokrytych suberyną;
- stanowi izolację termiczną przed mrozem i przegrzaniem;
- w niektórych miejscach korka występują przetchlinki umożliwiające wymianę gazową i kontakt ze środowiskiem.

Tkanka mięsiszowa

Tkanka mięsiszowa wypełnia ciało rośliny. Zbudowana jest z żywych, cienkościennej komórek o dużych wakuolach. Między komórkami występują przestwory

PODZIAŁ TKANEK STAŁYCH

tkanki stałe	pierwotne	wtórne
jednorodne		
mięsiszowa	mięksisz asymilacyjny mięksisz zasadniczy mięksisz spichrzowy mięksisz powietrzny	felloderma
okrywająca	epiderma (skórka pędu) ryzoderma (skórka korzenia)	korkowica (peryderma)
wzmacniająca	kolenchyma (zwarzica) sklerenchyma (twardzica) – częściowo	sklerenchyma (twardzica) – częściowo
niejednorodne		
przewodząca	łyko pierwotne (floem pierwotny) drewno pierwotne (ksylem pierwotny)	łyko wtórne (floem wtórny) drewno wtórne (ksylem wtórny)
wydzielnicza	powierzchniowa wewnętrzna	

międzykomórkowe. Dzięki słabemu zróżnicowaniu komórek miękiszu mogą z nich powstawać merystemy wtórne.

Podział tkanek miękiszowych ze względu na strukturę tkanki

- **miękisz asymilacyjny (chlorenchyma)** – zawiera liczne chloroplasty, przeprowadza fotosyntezę;
 - ♦ **palisadowy** – zbudowany jest z cylindrycznych komórek, między którymi istnieją małe przestwory międzykomórkowe, występuje w górnej

części liści roślin dwuliściennych i paprotników;

- ♦ **gąbczasty** – zawiera duże przestwory międzykomórkowe, występuje w liściach roślin okrytonasiennych i paprotników;
- ♦ **wieloramienny** – komórki silnie pofałdowane, występuje w igłach niektórych nagonasiennych;
- **miękisz powietrzny (aerenchyma)** – zawiera bardzo duże przestwory międzykomórkowe, występuje u roślin wodnych

SKŁAD PERYDERMY



TKANKI OKRYWAJĄCE U ROŚLIN		
tkanka	charakterystyka	wytwory
epiderma	• pokrywa nadziemne organy pędu • składa się z komórek o pogrubionej ścianie zewnętrznej zawierającej kutynę, która tworzy warstwę zwaną kutykulą, czasem dodatkowo pokrytą woskiem	• aparaty szparkowe – umożliwiają wymianę gazową i parowanie wody (transpirację), zawierają chloroplasty, zbudowane z komórek szparkowych, które w zależności od turgoru otwierają się bądź zamykają, i komórek przyszparkowych • włoski – jednokomórkowe, wielokomórkowe, żywe lub martwe: czepne (np. u przytuli czepnej i chmielu); wydzielnicze (np. włoski gruczołowe pelargonii, włoski trawienne rosiczki, miodniki w kwiatach); kutnerowe – zmniejszają transpirację i chronią roślinę przed nadmiernym promieniowaniem (np. u dziewczanny); parzące (np. u pokrzywy) • kolce – inaczej ciernie liściowe, pełnią funkcje ochronne, nie mają wiązek przewodzących, dają się łatwo oderwać (np. u róży, jeżyny; ciernie np. u tarniny są pochodzenia pędowego)
ryzoderma	• pokrywa korzenie • zbudowana jest z komórek o cienkich ścianach, przez które roślina łatwo pobiera z gleby wodę wraz z solami mineralnymi	• włośniki – zwiększają powierzchnię chłonięcia wody, są jednokomórkowe, nie występują u roślin wodnych i żyjących w mikoryzie ektotroficznej z grzybami • welamen – martwa warstwa komórek w korzeniach napowietrznych epifitów (np. u niektórych storczyków); służy do pobierania wody z atmosfery i przymocowywania się do nierówności pni

i bagiennych, umożliwiając im sprawną wentylację i wymianę gazową oraz unoszenie się ich organów w wodzie (np. hiacynt wodny, grążel żółty, moczarka kanadyjska, grzybień biały).

Podział tkanek mięsistych

ze względu na pełnione funkcje

- **mięsień zasadniczy** – wypełnia przestrzenie między innymi tkankami, tworząc np. korę pierwotną;
- **mięsień spichrzowy** – jest bezzieleniowy, gromadzi materiały zapasowe (cukry, białka, tłuszcze), niekiedy wodę (tzw. mięsień wodonośny np. u sukulentów); występuje w organach spichrzowych (np. w bulwie ziemniaka, korzeniu marchwi, liściach kapusty itp.), w mięsistych częściach owoców i w nasionach.

Tkanka wzmacniająca

Tkanka wzmacniająca zbudowana jest ze ściśle przylegających komórek o ścianach komórkowych ze zgrubieniami, co zapewnia roślinie wytrzymałość i chroni jej organy przed złamaniem lub zgnieceniem.

Kolenchyma (zwarcica)

- utworzona jest z żywych komórek ściśle przylegających do siebie;
- zawiera chloroplasty;
- występuje w młodych, rosnących organach (młode części łodyg, ogonki liściowe);
- istnieją dwa rodzaje kolenchymy:
 - ♦ **kątowa** – zgrubienia w kątach komórek;

- ♦ **płatowa** – zgrubienia celulozowo-pektynowe występujące wzdłuż ścian komórek.

Sklerenchyma (twardzica)

- zbudowana jest z martwych komórek o bardzo zgrubiałych i zdrewniałych ścianach (inkrustowanych ligniną);
- występuje w starszych łodygach i drewnie wtórnym;
- sklerenchyma może mieć postać: **włókien sklerenchymatycznych** (np. len, konopie); **komórek kamiennych** sklereidów (np. miąższ gruszki, kokosa, pestka śliwki, łupiny orzechów).

Tkanka przewodząca

Tkanka przewodząca umożliwia transport substancji w roślinie. Jest ona tkanką niejednorodną. Komórki przewodzące i elementy dodatkowe tworzą wiązki przewodzące, które są silnie, rurkowato wydłużone w kierunku przewodzenia i zaopatrzone w liczne otwory i jamki, dzięki czemu są połączone w funkcjonalne ciągi.

Woda i sole mineralne przewodzone są od korzenia do liści. Głównym motorem tego transportu jest siła ssąca liści (transport bierny). **Asymilaty** przewodzone są od liści po całą roślinę dzięki aktywnemu transportowi.

Drewno (ksylem)

- transportuje wodę wraz z solami mineralnymi oraz pełni funkcję wzmacniającą i spichrzową;

- jest tkanką martwą;
- wyróżnia się drewno pierwotne i drewno wtórne (u roślin z przyrostem wtórnym).

Elementy przewodzące drewna:

- **cewki (tracheidy):**
 - ♦ silnie wydłużone, martwe komórki o wrzecionowatym kształcie;
 - ♦ ściany zawierają liczne jamki;
 - ♦ nadają sztywność i wytrzymałość mechaniczną;
 - ♦ występują u paprotników, nagonasiennych i częściowo u roślin okrytonasiennych;

- naczynia (tracheje):
 - ♦ długie rury utworzone z martwych komórek, w których zanikł protoplast i ściany poprzeczne;
 - ♦ boczne ściany są silnie zdrewniałe, zawierają różnego kształtu zgrubienia i jamki;
 - ♦ wyróżniamy: naczynia siatkowate, naczynia spiralne, naczynia jamkowate, naczynia obrączkowe.

Elementy wzmacniające i spichrzowe drewna:

- **mięksisz drzewny** – żywe komórki pełniące funkcję spichrzową i zapewniające

PORÓWNANIE TKANEK ROŚLINNYCH				
rodzaj tkanki		żywa	martwa	funkcje
mięksiszowa	zasadnicza	+		funkcja wypełniająca
	asymilacyjna	+		udział w fotosyntezie
	spichrzowa	+		gromadzenie materiałów zapasowych
	powietrzna	+		wentylacja rośliny, zmniejszenie masy właściwej
okrywająca	skórka	+		ochrona mechaniczna, ochrona przed nadmierną transpiracją; udział w wymianie gazowej
	korek		+	
wzmacniająca	kolenchyma	+		ochrona i wzmocnienie rośliny
	sklerenchyma		+	
przewodząca – drewno	naczynia		+	przewodzenie wody
	cewki		+	przewodzenie wody
	włókna drzewne		+	funkcja wzmacniająca
	mięksisz drzewny	+		funkcja spichrzowa
przewodząca – tyko	komórki sitowe	+		transport asymilatów
	rurki sitowe	+		transport asymilatów
	włókna tykowe		+	funkcja wzmacniająca
	mięksisz tykowy	+		funkcja spichrzowa
wydzielnicza		+		wydzielanie określonych substancji

kontakt między naczyniami i innymi tkankami;

- **włókna drzewne** są dodatkowymi elementami wzmacniającymi, stanowią główną masę drewna.

łyko (floem)

- transportuje asymilaty;
- jest tkanką żywą;
- wyróżnia się łyko pierwotne i łyko wtórne;
- zbudowane jest z kilku rodzajów komórek:
 - ♦ **komórki sitowe** zachodzą na siebie klinowato i kontaktują się przez pola sitowe rozrzucone po całej powierzchni; występują u nagonasiennych i paprotników;
 - ♦ **rukki sitowe** zbudowane z żywych komórek o wydłużonym kształcie, ułożonych w pionowe szeregi; pasma cytoplazmy przechodzą z jednej komórki do drugiej przez liczne pory w ich ścianach poprzecznych, tzw. **sita**; nie posiadają jąder komórkowych, mają obniżony metabolizm i wspomagane są przez komórki przyrurkowe; występują u roślin okrytonasiennych;
 - ♦ **mięksisz łykowy** – pełni funkcję spichrzową, współdziała w przewodzeniu asymilatów;
 - ♦ **włókna łykowe** – zbudowane z martwych komórek, stanowią element wzmacniający.

Tkanka wydzielnicza

Tkanke wydzielniczą tworzą pojedyncze komórki lub struktury wielokomórkowe (twory wydzielnicze), które wydzielają specjalne produkty przemiany materii.

Podział tworów wydzielniczych

- **powierzchniowe** – produkują wydzieliny na zewnątrz rośliny:
 - ♦ **włoski gruczołowe** – produkują m.in. olejki eteryczne, substancje parzące, enzymy trawienne;
 - ♦ **miodniki** – wydzielają nektar (kwiaty roślin okrytonasiennych);
 - ♦ **wypotniki (hydatory)** – wydzielają krople wody;
 - ♦ **komórki gruczołowe epidermy** – wydzielają substancje zapachowe (olejki eteryczne);
- **wewnętrzne** – odkładają wyprodukowane substancje wewnątrz rośliny:
 - ♦ **rukki mleczne** wypełnione są sokiem mlecznym, który może zawierać: cukry, białka, garbniki, alkaloidy, kauczuk (np. mak, drzewo kauczukowe);
 - ♦ **kanały żywiczne** zawierają żywicę, chroniącą roślinę przed infekcjami (u drzew iglastych);
 - ♦ **komórki gruczołowe** – wydzielają olejki eteryczne do przestrzeni powstałych po rozpadzie komórek wydzielniczych (np. w liściach i owocach cytrusów);
 - ♦ **idioblasty wydzielnicze** – produkują i gromadzą wydzielinę.

Sprawdź się!

Dopasuj rodzaje tkanek roślinnych do odpowiednich struktur.

- | | |
|--|----------------------|
| 1. skórka okrywająca nadziemne części roślin | A. włosniki |
| 2. skórka okrywająca podziemne części roślin | B. rurki sitowe |
| 3. korek | C. aparaty szparkowe |
| 4. sklerenchyma | D. przetchlinki |
| 5. floem | E. komórki kamienne |

1C, 2A, 3D, 4E, 5B

NOTATKI:

Rozdział 5.

METABOLIZM

METABOLIZM

Enzymy 68

Specyficzność substratowa 68

Kinetyka pracy enzymów 69

Czynniki wpływające na pracę
enzymów 70

Podstawy metabolizmu 71

Akumulatory i przenośniki energii
w komórce 71

Główne szlaki i cykle metaboliczne 73

Fotosynteza 73

Etapy fotosyntezy 73

Barwniki biorące udział w fotosyntezie 75

Czynniki wpływające na proces
fotosyntezy 76

Znaczenie fotosyntezy 76

Oddychanie wewnątrzkomórkowe 76

Oddychanie beztlenowe 77

Oddychanie tlenowe 77

Etapy oddychania komórkowego 77

Utlenianie kwasów tłuszczowych
(β -oksydacja) 78

METABOLIZM

Enzymy

Enzymy zbudowane są z:

- części białkowej (**apoenzymu**);
- części niebiałkowej (**kofaktora**):
 - ♦ trwale związanej z częścią białkową (**grupa prostetyczna**);
 - ♦ nietrwale związanej z częścią białkową (**koenzym**), np. witaminy.

Na powierzchni enzymu znajduje się **centrum aktywne**, które odpowiedzialne jest za rozpoznanie, wpasowanie i przemiany konkretnego substratu.

Enzymy allosteryczne posiadają centrum aktywne i **centrum allosteryczne** (miejsce wiązania aktywatora bądź inhibitora).

Większość enzymów to **białka**, niektóre to cząsteczki RNA (**rybozomy**). Enzymy to **biokatalizatory** zwiększające szybkość reakcji chemicznych przez **obniżenie energii aktywacji** (energii potrzebnej do zapoczątkowania

reakcji chemicznej). Nie przesuwają stanu równowagi katalizowanej reakcji, a jedynie skracają czas potrzebny na jego osiągnięcie. Enzymy nie zużywają się w reakcjach, które przeprowadzają.

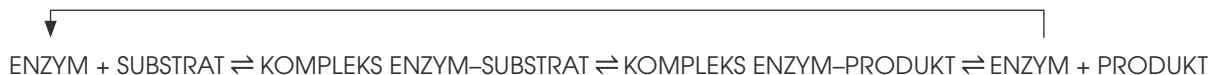
Specyficzność substratowa

Enzymy są specyficzne względem substratów. Oznacza to, że jeden rodzaj enzymu katalizuje zazwyczaj tylko jeden rodzaj reakcji. Centrum aktywne umożliwia nawet rozpoznanie stereoizomerów (formy D i L).

Istnieją dwa typy mechanizmów łączenia się enzymu z substratem:

- **model klucza i zamka** – konformacje przestrzenne substratu i centrum aktywnego są podobne, substrat pasuje do centrum aktywnego jak klucz do zamka;
- **model indukcyjnego dopasowania** – konformacje przestrzenne substratu i centrum

KATALIZA ENZYMATYCZNA



DEFINICJA HOLOENZYMU

APOENZYM

+

KOENZYM

=

HOLOENZYM

aktywnego nie są identyczne, podczas powstawania kompleksu enzym–substrat następuje naprężenie wiązań w obu składnikach i dopasowanie substratu do centrum aktywnego; substrat pasuje do centrum aktywnego jak ręka do rękawiczki.

Kineetyka pracy enzymów

Równanie Michaelisa–Menten:

$$v = v_{\max} \frac{[s]}{[s] + K_M}$$

v – prędkość katalizowanej reakcji;

$v_{\max}$ – teoretyczna prędkość zachodzenia reakcji w warunkach optymalnych;

$[s]$ – stężenie substratu;

K_M – stała Michaelisa, jest równa takiej wartości stężenia substratu, przy której prędkość reakcji jest połową prędkości maksymalnej.

Kiedy $[s]$ jest bardzo duże, można pominąć K_M , wówczas $v = v_{\max}$.

Czy wiesz, że...



Enzymy przyspieszają reakcje biochemiczne co najmniej milionkrotnie.

Kiedy $[s]$ ma wartość K_M , wtedy $v = \frac{1}{2} v_{\max}$ (połowa enzymów występuje w postaci kompleksu aktywnego enzym–substrat E–S).

Im mniejsza wartość K_M , tym enzym ma większe powinowactwo do substratu.

Dla małych wartości $[s]$ szybkość reakcji jest wprost proporcjonalna do stężenia substratu.

Mechanizm sprzężeń zwrotnych ujemnych – produkt końcowy szlaku jest inhibitorem enzymu katalizującego pierwszą reakcję.

KLASYFIKACJA ENZYMÓW

klasy enzymów	przykłady
oksydoreduktazy (pierwsza klasa enzymów) katalizują reakcje typu redoks	dehydrogenaza mleczanowa (występuje w komórkach wątroby, bierze udział w utlenianiu szkodliwego nadmiaru kwasu mlekowego)
transferazy (druga klasa enzymów) katalizują przeniesienie grupy funkcyjnej z jednego substratu na drugi	transaminaza glutaminianowa (przenosi grupę aminową na ketoglutaran, w wyniku czego powstaje kwas glutaminowy)
hydrolazy (trzecia klasa enzymów) katalizują reakcje rozpadu z udziałem wody	enzymy trawienne, np. amylaza ślinowa , pepsyna , lipaza trzustkowa
liazy (czwarta klasa enzymów) katalizują reakcje rozpadu bez udziału wody	dekarboksylazy aminokwasów albo ketokwasów np. dekarboksylaza pirogronianowa
izomerazy (piąta klasa enzymów) katalizują reakcje przegrupowania wewnątrzcząsteczkowego	izomeraza fosfofruktozy (przekształca fosfofruktozę w fosfoglukozę – jest to jedna z reakcji fotosyntezy)
ligazy (szósta klasa enzymów) katalizują reakcje syntezy wiązań wymagających energii pochodzącej najczęściej z rozpadu wysokoenergetycznych wiązań ATP	polimeraza DNA (włącza kolejne nukleotydy podczas replikacji)

W taki sposób komórka broni się przed nadprodukcją produktu końcowego (on sam hamuje swoją syntezę).

Czynniki wpływające na pracę enzymów

Przebieg reakcji enzymatycznych zależy od **temperatury**. Każdy enzym ma swoją optymalną temperaturę, przy której reakcja enzymatyczna przebiega najszybciej, ale równocześnie nie obserwuje się denaturacji białka enzymu. Wraz ze wzrostem temperatury rośnie szybkość reakcji enzymatycznych. Po przekroczeniu pewnej wartości szybkość ta nagle spada, co jest wynikiem cieplnej denaturacji enzymu.

Czynnikiem istotnym dla szybkości przebiegu reakcji enzymatycznej jest **stężenie jonów wodorowych (pH)** w mieszaninie. Każdy enzym najlepiej działa w optymalnym dla siebie pH, w którym szybkość katalizowanej reakcji jest maksymalna (np. amylaza ślinowa działa w środowisku obojętnym, pepsyna w kwaśnym, a tripsyna w zasadowym).

Enzymy do uzyskania pełnej aktywności wymagają różnych czynników chemicznych przyspieszających ich działanie, czyli **aktywatorów**. Biorą one udział w ustaleniu odpowiedniej konformacji centrum aktywnego umożliwiającej utworzenie kompleksu enzym–substrat. Ich rolę pełnią jony metali lub koenzymy.

Szybkość reakcji enzymatycznych zależy od **stężenia soli** – różne optimum dla różnych enzymów.

Do czynników wpływających na szybkość reakcji enzymatycznych należą **inhibitory**, które hamują działanie enzymów; zjawisko hamowania aktywności z udziałem inhibitorów nazywamy **inhibicją**.

Typy inhibicji

- **inhibicja kompetycyjna** – inhibitor ma strukturę podobną do substratu i zajmuje jego miejsce w centrum aktywnym enzymu, co może doprowadzić do zablokowania reakcji; hamowanie kompetycyjne można znieść przez zwiększenie stężenia substratu (np. u osób zatrutych metanolem w charakterze inhibitora kompetycyjnego podaje się etanol);
- **inhibicja niekompetycyjna** – inhibitor ma inną strukturę niż substrat i częściowo blokuje centrum aktywne (np. jony metali ciężkich: miedzi, rtęci);
- **inhibicja allosteryczna** – inhibitor oddziałuje odwracalnie na aktywność enzymu w centrum allosterycznym, a nie centrum aktywnym.

Regulacja aktywności enzymatycznej odbywa się przez **zmianę struktury enzymu**. Istnieją odwracalne modyfikacje kowalencyjne (fosforylacja, defosforylacja) oraz nieodwracalne przekształcenie enzymu nieaktywnego w aktywny:

- **fosforylacja** to dołączenie reszty fosforanowej do białkowej części enzymu, katalizowane przez **kinazę białkową**; dołączona reszta fosforanowa zwiększa lub zmniejsza

aktywność enzymu w zależności od miejsca fosforylacji i typu białka;

- **defosforylacja** to usunięcie reszty fosforanowej z białkowej części enzymu, katalizowane przez **fosfatazę białkową**; przez zmiany aktywności kinazy i fosfatazy możliwa jest szybka regulacja enzymów;
- **aktywacja proenzymów** polega na aktywowaniu enzymów produkowanych w postaci nieaktywnej (proenzym); aktywacja

następuje w wyniku wycięcia fragmentu łańcucha białkowego blokującego centrum aktywne wskutek oddziaływania różnych czynników; mogą nimi być działania innych enzymów (np. trypsynogen przekształcany jest w trypsynę pod wpływem enterokinazy), jonów H^+ (np. pepsynogen przechodzi w pepsynę); w przypadku enzymów trawiennych mechanizm ten zabezpiecza tkanki przed samostrawieniem.

Podstawy metabolizmu

Metabolizm to całokształt przemian biochemicznych zachodzących w organizmie.

Anabolizm to endoergiczne reakcje syntezy związków złożonych z prostszych, wymagające dostarczenia energii. W ich wyniku powstają produkty o poziomie energetycznym wyższym niż substraty. Przykłady procesów anabolicznych: fotosynteza, synteza białka, wiązanie azotu przez niektóre bakterie.

Katabolizm to reakcje rozkładu związków złożonych na prostsze. Są to przemiany egzoergiczne, uwalniające energię, mogą więc zachodzić samorzutnie. W ich wyniku powstają produkty o poziomie energetycznym niższym niż substraty. Przykłady procesów katabolicznych: oddychanie, trawienie.

Szlaki metaboliczne to ciąg zachodzących kolejno po sobie reakcji prowadzących do powstania konkretnych produktów. Produkt jednej reakcji jest substratem następnej,

zwykle katalizowanej przez inny enzym. Przykładem szlaku metabolicznego jest glikoliza.

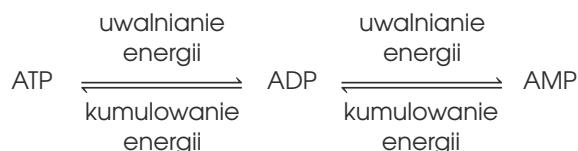
Cykle biochemiczne tworzą zamknięte pętle, w których część produktów jest jednocześnie substratami dla pierwszej reakcji, np. cykl Krebsa.

Akumulatory i przenośniki energii w komórce

Akumulatory i przenośniki energii w komórce to związki organiczne zawierające wiązania wysokoenergetyczne (dużą ilość tzw. energii swobodnej). Najważniejszym komórkowym magazynem energii chemicznej jest **ATP**. Związek ten jest zbudowany z adeniny, rybozy i trzech reszt fosforanowych. Energia cząsteczki ATP jest zmagazynowana w dwóch wiązaniach wysokoenergetycznych. Rozerwanie jednego wiązania powoduje rozpad cząsteczki ATP do ADP i P_i (fosforanu

nieorganicznego) oraz uwolnienie **30,5 kJ energii**, która może być wykorzystana w procesach metabolicznych komórki (m.in. w procesach anabolicznych, np. biosyntezie białek, transporcie aktywnym, skurczach mięśni, przewodzeniu impulsów nerwowych).

Cząsteczki ATP są też dawcami grup fosforanowych w procesach fosforylacji innych cząsteczek, co często zmienia ich aktywność. Fosforylacja białek jest mechanizmem wykorzystywanym przez komórkę do regulacji ich działania (np. przyłączenie grupy fosforanowej do enzymu może zwiększać bądź zmniejszać jego aktywność). Przykładowo od fosforylacji glukozy rozpoczyna się glikoliza.



AMP – adenozynomonofosforan,

ADP – adenozynodwufosforan,

ATP – adenozynotrójfosforan.

ATP powstaje w procesie **fosforylacji** z ADP i Pi, głównie w trakcie oddychania wewnątrzkomórkowego w mitochondriach.

Fosforylacja – kowalencyjne przyłączenie reszty fosforanowej:

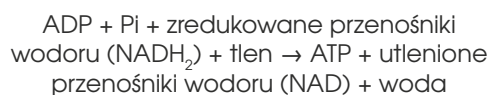


- **fosforylacja substratowa** – synteza ATP z ADP i Pi na skutek bezpośredniego utleniania substratu;

- **fosforylacja fotosyntetyczna** – synteza ATP kosztem energii świetlnej; zachodzi tylko u fotoautotrofów:



- **fosforylacja oksydacyjna** – do syntezy ATP wykorzystywana jest energia elektronów przekazywanych z wodoru na atomy tlenu (w łańcuchu oddechowym):



Główne szlaki i cykle metaboliczne

Fotosynteza

Fotosynteza to proces syntezy związków organicznych z prostych związków nieorganicznych (CO_2 , H_2O) przy wykorzystaniu energii świetlnej oraz udziale barwników asymilacyjnych i enzymów. **Organizmy przeprowadzające fotosyntezę:** bakterie zielone i purpurowe, sinice, protisty samożywne, rośliny.

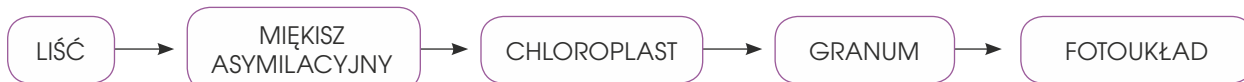
Etapy fotosyntezy

Faza jasna (fotochemiczna)

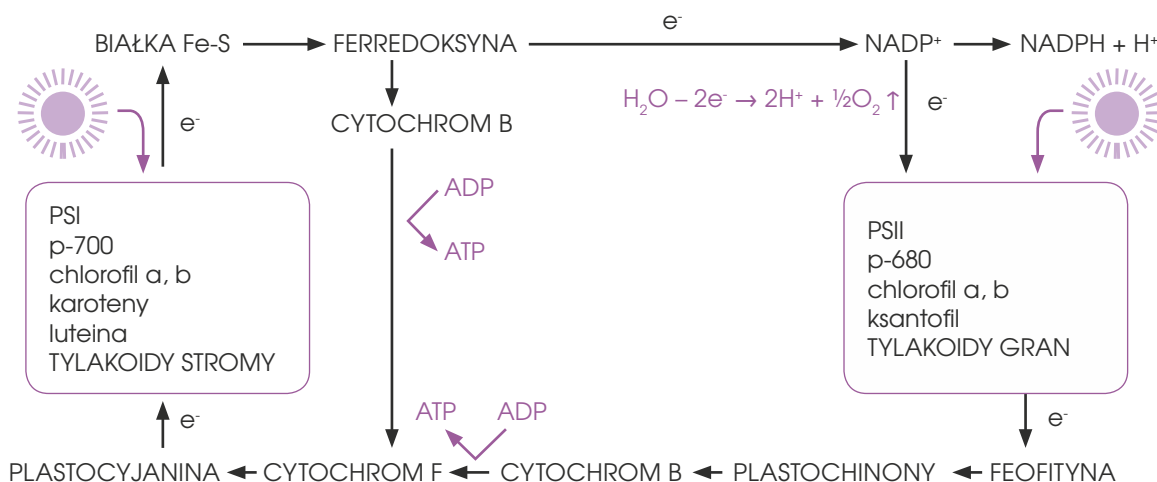
- zależy od światła;
- zachodzi w błonach tylakoidów gran plastydów;

- w czasie jej trwania powstaje siła asymilacyjna: ATP, NADPH;
- jej istotą jest przekształcenie energii świetlnej w energię wiązań chemicznych zawartych w ATP;
- biorą w niej udział dwa fotosystemy (PSI, PSII) różniące się właściwościami chlorofilu i karotenoidów;
- pochłaniane przez chlorofil fotony powodują wybicie elektronów z cząsteczki chlorofilu; są one wychwytywane przez przenośniki elektronów (np. ferredoksynę, NADP, cytochromy);

LOKALIZACJA PROCESU FOTOSYNTETY U ROŚLIN

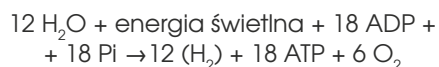


SCHEMAT FAZY JASNEJ



- wyróżniamy fosforylację fotosyntetyczną:
 - cykliczną** – elektrony wybite z PSI po przejściu przez szereg przenośników wracają do PSI;
 - niecykliczną** – elektrony wybite z PSI transportowane są na przenośniki wodoru NADP, a ich niedobór w PSI uzupełniają elektrony wybite z PSII; z fosforylacją niecykliczną związana jest fotoliza wody – rozpad cząsteczki wody pod wpływem światła na H^+ (tworząc $NADPH_2$) i OH^- (uwalnia się tlen, będący końcowym produktem fotosyntezy); woda, która ulega fotolizie jest dawcą elektronów przekazywanych wzbudzonemu chlorofilowi;
- produkty fazy jasnej: ATP, NADPH, O_2 ;

- równanie fazy jasnej:



(H_2) – zgromadzenie potencjału redukcyjnego w postaci NADPH (zredukowany fosforan dinukleotydu nikotynamidoadeninowego, potencjał redukcyjny niezbędny do syntezy cukrów).

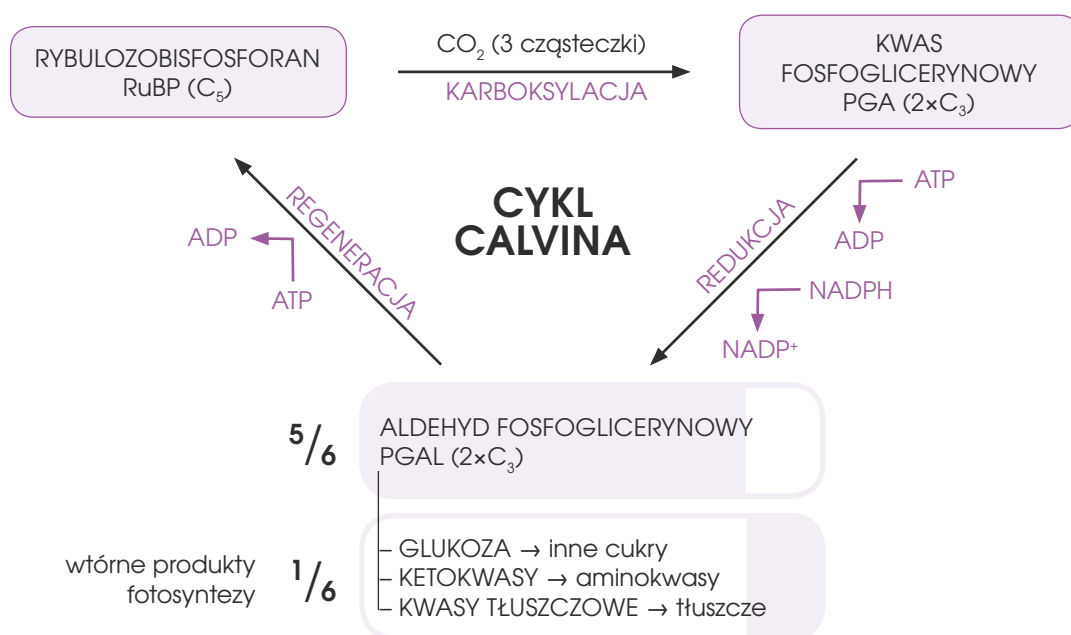
Faza ciemna (cykl Calvina)

- nie wymaga dostępu światła;
- zachodzi w stromie chloroplastów;
- polega na redukcji dwutlenku węgla przy udziale siły asymilacyjnej.

Etapy cyklu Calvina

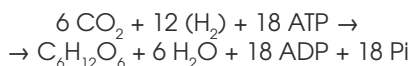
- karboksylacja** – polega na przyłączeniu CO_2 do RuBP (rybulozo-1,5-bisfosforanu, C_5); powstaje cząsteczka sześciowęglowa,

SCHEMAT CYKLU CALVINA



która rozpada się na dwie cząsteczki PGA (kwasu 3-fosfoglicerynowego, C3);

- **redukcja** – PGA ulega redukcji do PGAL (aldehyd 3-fosfoglicerynowy), źródłem wodoru jest NADPH;
- **regeneracja** – 5 z 6 cząsteczek PGAL zużytych jest do odtworzenia RuBP; z 1 cząsteczki PGAL syntetyzowane są związki organiczne;
- równanie fazy ciemnej:



Barwniki biorące udział w fotosyntezie

Chlorofil to zielony barwnik składający się z kompleksu jonu magnezowego i pochodnej porfiryny z przyłączonym długim „ogonem” fitolu (estru kwasu tłuszczowego). W chloroplastach wchodzi w skład fotosystemów (kompleksów barwnikowo-białkowych). Cząsteczka chlorofilu ulega wzbudzeniu pod wpływem światła. Z chlorofilu wybijany jest elektron, który dostaje się na kolejne przekaźniki. W wyniku tego transportu elektronów powstaje siła asymilacyjna (ATP, NADPH). Istnieje wiele odmian chlorofilu, które występują u różnych organizmów:

- **chlorofil a** – rośliny, sinice;
- **chlorofil b** – rośliny, zielenice, eugleny;
- **chlorofil c** – okrzemki, brunatnice;
- **chlorofil d** – krasnorosty.

Karotenoidy to żółte, czerwone i pomarańczowe barwniki występujące w chloroplastach

i chromoforach. Absorbują pewne zakresy promieniowania świetlnego (niebieski, fioletowy), a następnie przekazują energię stanu wzbudzonego na cząsteczkę chlorofilu. Chronią także chlorofil przed fotooksydacją (są przeciwutleniaczami). Przykłady karotenoidów:

- karoten $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$ – czerwonopomarańczowy barwnik, występuje u roślin;
- ksantofile $\text{C}_{40}\text{H}_{56}\text{O}_2$ – żółte i brunatne barwniki, np. luteina (żółtko jaj), zeaksantyna (kukurydza), wiolaksantyna (fiołki), fukoksantyna (występuje u brunatnic i okrzemek).

Fikobiliny to barwniki fotosyntetyczne pochłaniające głównie światło czerwone, pomarańczowe, żółte, zielone, występujące u sinic (bakterie), glaukocystofitów i krasnorostów (protisty). Zalicza się do nich fikocyjaninę (barwnik niebieski) i fikoerytrobilinę (barwnik czerwony).

Antocyjany (glikozydy) to rozpuszczalne w wodzie barwniki występujące przede wszystkim w kwiatach. W zależności od pH soku komórkowego i obecności jonów nieorganicznych w komórce mogą przyjmować barwę od czerwonej po fioletową. Cyjanidyna nadaje róży barwę czerwoną, chabrowi niebieską, a w połączeniu z cukrami występuje również w owocach: truskawkach, jeżynach, wiśniach, malinach. W przypadku, gdy gleba wykazuje niedostatek azotu oraz fosforu, poziom antocyjanu w roślinie gwałtownie

wzrasta, a łodygi i liście zabarwiają się na kolor czerwono fioletowy.

Czynniki wpływające na proces fotosyntezy

Czynniki endogenne

- liczba i rozmieszczenie aparatów szparkowych;
- powierzchnia liścia;
- grubość kutyki;
- wielkość przestworów międzykomórkowych;
- rozmieszczenie chloroplastów i zawartość chlorofilu w komórkach miękiszu asymilacyjnego;
- obecność barwników asymilacyjnych: chlorofile (np. a, b), karotenoidy (ksantofil, karoten), fikobiliny (fikocyjanina, fikoerytryna).

Czynniki egzogenne

- **światło** – wpływa głównie na fazę jasną; chlorofile wykazują dwa maksima absorpcji: przy długości fali ok. 480 nm (niebieski zakres widma) oraz przy 680 nm (czerwony zakres widma); do pewnego momentu wzrost natężenia światła zwiększa tempo fotosyntezy; jednak nadmierne oświetlenie hamuje ten proces, głównie przez utlenianie chlorofilu w fotosystemach; przy słabym oświetleniu chloroplasty ustawiają się prostopadle do kierunku padania światła, przy silnym oświetleniu ustawiają się równolegle; w świetle rozproszonym lub w ciemności chloroplasty rozmieszczają się równomiernie;

- **temperatura** – wpływa głównie na fazę ciemną, optymalna temperatura to ok. 20–35°C;
- **stężenie CO₂** – w atmosferze jest niskie i wynosi 0,03%; jest to wartość poniżej optymalnej;
- **woda** – jest substratem fotosyntezy, uwadnia m.in. protoplasty komórek miękiszu asymilacyjnego, aparaty szparkowe;
- **sole mineralne** – niedobór **Fe, Mg, N** hamuje syntezę chlorofilu, cytochromów, nukleotydów; niedobór **K, Mn, Cl** ogranicza aktywność enzymów ważnych dla tego procesu.

Znaczenie fotosyntezy

Fotosynteza warunkuje życie na Ziemi, dzięki niej możliwa jest przemiana materii nieorganicznej w organiczną. Związki organiczne, które zostają wytworzone w trakcie tego procesu, są czynnikiem budującym oraz pokarmowym. Przez proces wiązania dwutlenku węgla i uwalniania tlenu możliwe jest zachowanie stabilnej sytuacji gazowej.

Oddychanie wewnątrzkomórkowe

Oddychanie wewnątrzkomórkowe to procesy zachodzące w komórce, służące wyzwoleniu ze związków organicznych użytecznej biologicznie energii gromadzonej w wysokoenergetycznych wiązaniach ATP.

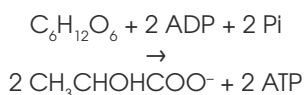
Podstawowym substratem energetycznym dla komórki jest glukoza. W przypadku

jej niedoboru wykorzystywane są tłuszcze, a w skrajnych przypadkach białka.

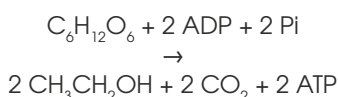
Utlenianie glukozy następuje etapowo, by energia uwalniała się stopniowo, co zapewnia wydajność i bezpieczeństwo.

Oddychanie beztlenowe

- zachodzi w cytoplazmie;
- fermentacja mleczanowa (np. mięśnie, bakterie):

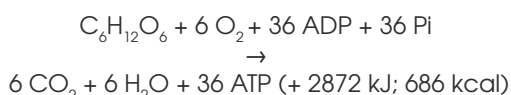


- fermentacja alkoholowa (drożdże):



Oddychanie tlenowe

- reakcje zachodzą w cytoplazmie i mitochondrium:

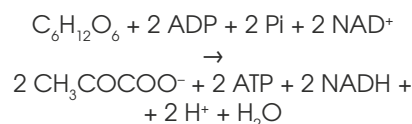


Etapy oddychania komórkowego

Glikoliza

- zachodzi w cytoplazmie;
- polega na stopniowym rozkładzie glukozy do kwasu pirogronowego;
- na aktywację glukozy zużywane są dwie cząsteczki ATP;
- prowadzi do wytworzenia czterech cząsteczek ATP (fosforylacja substratowa);
- podczas tego procesu zachodzi także przeniesienie dwóch atomów wodoru na przenośniki wodoru (NAD^+);

- produkty glikolizy: z jednego mola glukozy powstają dwa mole wiązań ATP, dwie cząsteczki pirogronianu, dwie cząsteczki NADH ;
- spalanie 1 mola glukozy powoduje wydzielanie 2868 kJ ciepła;
- równanie reakcji glikolizy:

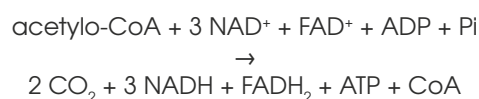


Reakcja pomostowa

- zachodzi w macierzy mitochondrialnej;
- polega na oksydacyjnej dekarboksylacji pirogronianu;
- podczas tego etapu powstaje związek dwuwęglowy: acetylo-CoA.

Cykl Krebса (cykl kwasu cytrynowego)

- zachodzi w macierzy mitochondrialnej;
- podczas tego etapu grupa acetylowa przyłączana jest z acetylo-CoA do szczawiooctanu;
- w przebiegu tych reakcji atomy wodoru przenoszone są na przenośniki wodoru NAD^+ i FAD^+ (dinukleotyd flawinoadeninowy);
- podczas tego etapu następuje uwalnianie CO_2 ;
- zachodzi synteza ATP (fosforylacja substratowa);
- reakcja cyklu Krebса dla jednej reszty acetylowej:



Utlenianie końcowe na łańcuchu

oddechowym

- przebiega w błonach grzebieni mitochondrialnych;
- polega na przenoszeniu elektronów (z NADH i FADH_2) przez szereg przenośników;
- podczas tego etapu elektrony trafiają ostatecznie na tlen, co prowadzi do dołączenia jonów H^+ (ze środowiska) i powstania H_2O ;
- następuje **fosforylacja oksydacyjna** – energii do syntezy ATP dostarczają elektrony redukujące tlen (podczas tego etapu powstaje najwięcej cząsteczek ATP).

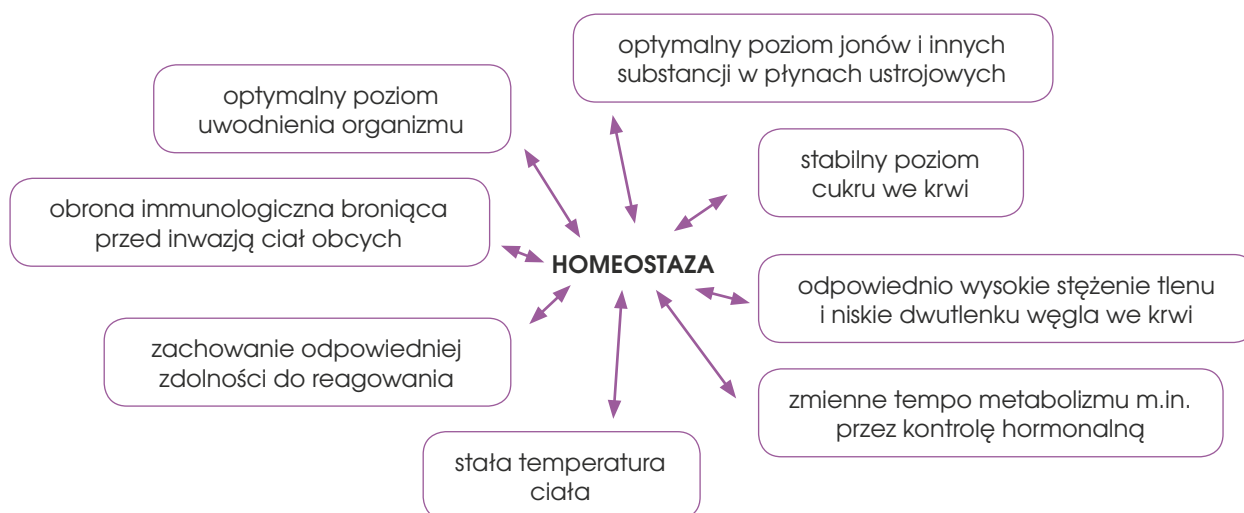
Utlenianie kwasów tłuszczowych

(β -oksydacja)

Zachodzi w macierzy mitochondrialnej. Kwasy tłuszczowe są enzymatycznie rozkładane na związki dwuwęgłowe – reszty octanowe, które łączą się z CoA (koenzymem A) w acetylo-CoA. Cząsteczki acetylo-CoA włączane są w cykl Krebsa, następnie zachodzi utlenianie końcowe w łańcuchu oddechowym. Inny produkt hydrolizy tłuszczów – glicerol – jest zużywany w glikolizie po przekształceniu w fosfodihydroksyaceton. Z 1 g tłuszczu uzyskuje się dwa razy więcej energii niż z 1 g cukrów.

Celem wszystkich procesów metabolicznych zachodzących w organizmie jest utrzymanie **homeostazy**, czyli względnie stałego środowiska wewnętrznego organizmu.

MECHANIZMY HOMEOSTATYCZNE



PORÓWNANIE SUBSTRATÓW I PRODUKTÓW GŁÓWNYCH PRZEMIAN METABOLICZNYCH

przemiana metaboliczna		substraty	produkty
fotosynteza		CO_2 , H_2O	glukoza, O_2
glikoliza		glukoza, NAD^+ , ADP	pirogrońian i H^+ , NADH , ATP
oddychanie beztlenowe (fermentacja)		glukoza, ADP	mleczan i H^+ lub alkohol etylowy i CO_2 , ATP
oddychanie tlenowe	reakcja pomostowa	pirogrońian, NAD^+	acetylo-CoA
	cykl Krebsa	acetylo-CoA, NAD^+ , FAD , ADP	CO_2 , NADH , FADH_2 , ATP
	łańcuch oddechowy	NADH , FADH_2 , ADP , O_2	NAD^+ , FAD^+ , ATP , H_2O
	ogólnie	glukoza, O_2 , ADP	CO_2 , H_2O , ATP
glukoneogeneza – otrzymywanie glukozy z innych związków, ma miejsce w wątrobie		pirogrońian, H^+ , NADH , ATP , GTP	glukoza, NAD^+ , ADP , GDP
rozkład kwasów tłuszczowych		kwasy tłuszczowe, NAD^+ , FAD	acetylo-CoA, NADH , FADH_2
synteza kwasów tłuszczowych		acetylo-CoA, NADPH , ATP	kwasy tłuszczowe, NADP^+ , ADP
cykl mocznikowy – zachodzi w wątrobie (rozkład jonów amonowych do mocznika)		NH_4^+ , CO_2 , asparaginian, H_2O , ATP	mocznik, fumaran, ADP , AMP

PORÓWNANIE ODDYCHANIA TLENOWEGO I BEZTLENOWEGO

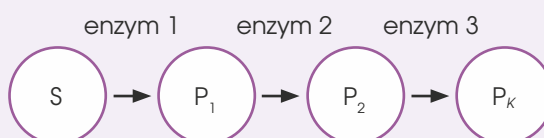
cecha	oddychanie beztlenowe	oddychanie tlenowe
substrat oddechowy	glukoza	glukoza i tlen
produkt końcowy	kwasy (np. mlekowy), alkohole (np. etylowy)	CO_2 i H_2O
miejsce przebiegu procesu	cytoplazma	cytoplazma, mitochondria
etapy procesu	glikoliza, odzyskanie NAD	glikoliza, reakcja pomostowa, cykl Krebsa, utlenianie końcowe
typ fosforylacji	substratowa	substratowa i oksydacyjna
liczba moli ATP z 1 mola glukozy brutto/netto	4/2	40/36 (lub mniej)

Sprawdź się!

1. Mechanizm sprzężeń zwrotnych ujemnych to częsty sposób regulacji reakcji enzymatycznych. Każdy etap ciągu reakcji enzymatycznych przedstawionego na schemacie jest katalizowany przez inny enzym. Oceń skutek:

A. wzrastającego stężenia produktu końcowego (P_K);

B. odprowadzania produktu końcowego (P_K).



2. Uzupełnij tabelę.

cechy	związek A	związek B
nazwa związku		
liczba reszt kwasu fosforowego		
liczba wiązań wysokoenergetycznych		
rola w komórce	jest podstawowym nośnikiem energii w komórce/ umożliwia uwalnianie energii	umożliwia kumulowanie energii uwalnianej w reakcjach egzoergicznych

3. Uzupełnij tabelę.

cecha	anabolizm	katabolizm
poziom energetyczny substratów		
poziom energetyczny produktów		
uwalnianie/kumulowanie energii		
przykłady		

1. A. Wzrastające stężenie produktu końcowego (P_K) będzie coraz silniej hamować aktywność enzymu 1, aż w końcu zahamuje przebieg reakcji (P_K jest inhibitorem allosterycznym enzymu). B. Stałe odprowadzanie produktu końcowego (P_K) z miejsca reakcji będzie umożliwiało dalszy przebieg ciągu reakcji (do wyczerpania się substratu S).
 2. Związek A (kolejno od góry): ATP – adenozynotryfoforan; 3; 2.
 Związek B (uzupełnienia kolejno od góry): ADP – adenozynodwufosforan; 2; 1.
 3. Anabolizm (kolejno od góry): niski; wysoki; kumulowanie; fotosynteza, synteza białek, katabolizm (kolejno od góry): wysoki; niski; uwalnianie; oddychanie, trawienie.

Rozdział 6.

RÓŻNORODNOŚĆ ORGANIZMÓW ŻYWYCH

RÓŻNORODNOŚĆ ORGANIZMÓW ŻYWYCH

Zasady klasyfikacji i sposoby identyfikacji organizmów 82

Wirusy 83

Retrowirusy 85

Choroby wirusowe 86

Bakterie 88

Protisty 94

Rośliny (*Plantae*) 101

WSPÓŁCZEŚNIE ŻYJĄCE ROŚLINY 101

Mszaki 101

Paprotniki 104

Rośliny nagonasienne 108

Rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe) 109

ORGANY ROŚLINNE 114

Korzeń 114

Łodyga 116

Liść 118

Organy generatywne 119

Transport substancji w roślinie 124

Transport asymilatów w roślinie 126

Rozmnażanie roślin 126

Ruchy roślin 128

Hormony roślinne (fitohormony) 131

Grzyby (*Fungi*) 133

Zwierzęta (*Animalia*) 138

ZWIERZĘTA BEZKRĘGOWE 138

Gąbki (*Porifera*) 138

Parzydełkowce (*Cnidaria*) 139

Płazińce (*Platyhelminthes*) 140

Nicieńce (*Nematoda*) 143

Pierścienice (*Annelida*) 145

Stawonogi (*Arthropoda*) 146

Mięczaki (*Mollusca*) 149

Szkarłupnie (*Echinodermata*) 151

Strunowce (*Chordata*) 152

ZWIERZĘTA KRĘGOWE (*Vertebrata*) 153

Ryby (*Pisces*) 153

Płazy (*Amphibia*) 156

Gady (*Reptilia*) 158

Ptaki (*Aves*) 160

Ssaki (*Mammalia*) 161

RÓŻNORODNOŚĆ ORGANIZMÓW ŻYWYCH

Zasady klasyfikacji i sposoby identyfikacji organizmów

Systematyka zajmuje się klasyfikacją organizmów żywych na jednostki (taksony) na podstawie pokrewieństwa. Twórcą nowożytnej systematyki był Linneusz (XVII w.), który wprowadził tzw. nomenklaturę binominalną. Zgodnie z nią pierwszy człon jest nazwą rodzajową, drugi gatunkową.

Taksony stosowane we współczesnych systemach klasyfikacji

system botaniczny	system zoologiczny
gromada (typ)	typ
klasa	gromada
rzęd	rzęd
rodzina	rodzina
rodzaj	rodzaj
gatunek	gatunek

Wyróżniamy **5 królestw** organizmów żywych:

- prokarioty (organizmy bezjądrowe):
 1. bakterie (*Bacteria*);
 2. protisty (*Protista*);
- eukarioty (organizmy jądrowe):
 3. rośliny (*Plantae*);
 4. grzyby (*Fungi*);
 5. zwierzęta (*Animalia*).

Systemy klasyfikacji

Sztuczne (np. Linneusza) oparte są na określonych kryteriach morfologicznych i anatomicznych (np. kolor kwiatów, liczba pręcików).

Naturalne (filogenetyczne) oparte są na pokrewieństwie między organizmami:

- **kladystyka** – tworzenie drzew (kladogramów) na podstawie cech wspólnych między organizmami; poszukuje się cech, które pojawiają się w ewolucji po raz pierwszy, a organizmy, które taką cechę (tzw. cechę pochodną) posiadają, łączy się w grupy (klady); za spokrewnione uważa się organizmy, które posiadają cechy wspólne tylko dla tych dwóch taksonów;
- **systematyka molekularna** – opiera się na badaniu mutacji w DNA i RNA oraz zmian w białkach (np. cytochromach); w wyniku badań prowadzonych na tRNA przez Carla Woese podzielono organizmy żywe na domeny: archeony (*Archea*), bakterie (*Bacteria*), jądrowce (*Eucarya*).

Oznaczanie organizmów

Do oznaczania organizmów służą **atlasy** lub **klucze** umożliwiające rozpoznawanie organizmów na podstawie wyraźnie wyróżniających je cech zewnętrznych – np. koloru kwiatów czy kształtu liści. W kluczach znajdują się opisy cech organizmów ułożone w przeciwstawne (wykluczające się) pary. Obok każdego opisu znajduje się cyfra odsyłająca do dalszych poszukiwań.

Wirusy

Dualistyczna natura wirusów

Cechy wirusów świadczące o przynależności do materii nieożywionej

- nie posiadają budowy komórkowej;
- nie przeprowadzają procesów metabolicznych;
- poza komórkami nie przejawiają żadnych funkcji życiowych.

Cechy wirusów świadczące o przynależności do materii ożywionej

- zbudowane są ze związków organicznych występujących w organizmach żywych: białek, kwasów nukleinowych;
- istnieje możliwość namnażania ich informacji genetycznej;
- posiadają materiał genetyczny zdolny do mutacji;
- ich strategię działania można nazwać pasożytnictwem.

Podstawowa, kompletna jednostka wirusa to **wirion**. Jego budowa jest ściśle związana z przystosowaniem do skrajnego pasożytnictwa. Wielkość wirusów waha się od kilkadziesiątu do kilkuset nanometrów. We wnętrzu wirionu znajduje się **materiał genetyczny** (jedno- lub dwuniciowy, o budowie kolistej lub liniowej, koduje białka kapsydu i enzymy konieczne do ekspresji genów wirusa oraz replikacji jego genomu).

Podział wirusów i ich materiał genetyczny

- bakteriofagi – DNA lub RNA;

- wirusy roślinne – RNA;
- wirusy zwierzęce – DNA lub RNA.

Budowa wirionu

Zewnętrzną część wirionu stanowi **otoczka białkowa – kapsyd**, zbudowany z kapsomerów. Kapsyd niektórych wirusów, na przykład grypy lub HIV, okryty jest dodatkowo **białkowo-lipidową osłonką**. Osłonkę tworzą elementy błony komórkowej gospodarza z dodatkiem glikoprotein wirusa.

Kształty wirionów

- **bryłowy** – np. wirus polio;
- **bryłowy z otoczką lipidową** – np. HIV;
- **pałeczkowaty (spiralny)** – np. wirus mozaiki tytoniowej (TMV);
- **pałeczkowaty (spiralny) z otoczką lipidową** – np. wirus wścieklizny;
- **bryłowo-spiralny (złożony)** – np. bakteriofag.

Etapy infekcji wirusowej

Etap adsorpcji

- rozpoznanie receptorów komórkowych przez glikoproteiny osłonki białkowo-lipidowej wirusa;
- rozpoznanie rodzaju (gatunku, szczepu) komórki bakteryjnej przez włókna ogonka bakteriofaga.

Etap wnikania (penetracji)

- przenikanie całego wirusa do wnętrza komórki; rozkład kapsydu przez enzymy komórkowe;

- przebicie ściany i błony komórkowej przez specjalne białko kurcziwe nasady ogonka (bakteriofagi wprowadzają do komórki tylko kwas nukleinowy zawarty w wirionie).

Etap eklipsy

- faza utajonego występowania w zakażonej komórce.

Etap replikacji

- powielanie materiału genetycznego (replikacja) wirusa, synteza składników kapsydu z wykorzystaniem enzymów, energii, rybosomów komórki gospodarza;
- synteza glikoprotein wirusa oraz ich transport.

Etap składania (dojrzewania)

- formowanie nowych wirionów, połączenie kwasu nukleinowego wirusa z białkowymi kapsydami (przypadkowo może zostać zapakowany fragment materiału genetycznego gospodarza).

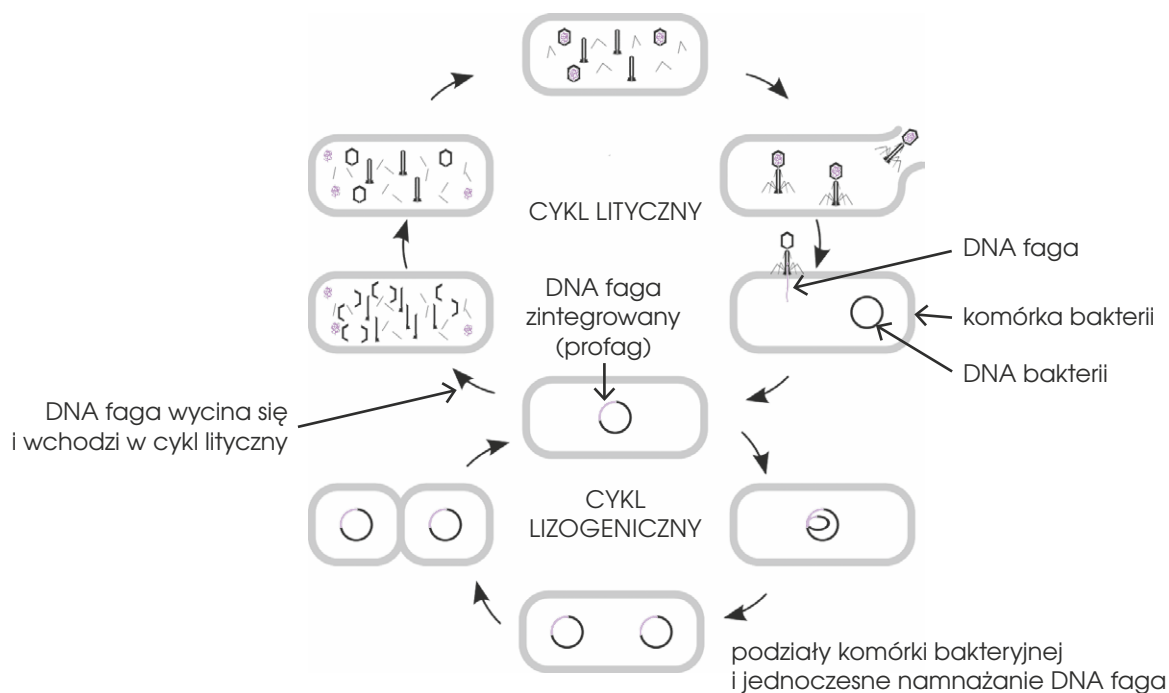
Etap uwolnienia (elucji) – uwalnianie

wirionów może się odbywać na dwa sposoby:

- wirusy zwierzęce z osłonką pączkują z powierzchni komórki (osłonka lipidowa wirusa to zwykle pozyskany fragment błony komórkowej gospodarza);
- wirusy bez osłonki zwykle wydostają się na zewnątrz po lizie (rozpadzie) komórki, zakażając następne komórki.

CYKL LIZOGENICZNY

wirusy łagodne – na przykładzie faga λ (lambda) atakującego *Escherichia coli*:



Cykl lityczny jest charakterystyczny dla wirusów zjadliwych. Występuje u bakteriofaga T4. Prowadzi do rozpadu (lizy) atakowanej komórki. Wirus wnika do komórki, zmusza ją do powielenia wirusowego kwasu nukleinowego i do syntezy wirusowych białek. Powstają potomne cząsteczki wirusa, które opuszczają komórkę, niszcząc ją.

Wirus nie powoduje śmierci komórki, lecz ulega włączeniu w obręb komórkowego DNA. Nie ulega ekspresji – unieczynnia się w postaci nazywanej **profagiem** (prowirusem). DNA wirusa jest przekazywany komórkom potomnym w procesach podziałów komórkowych. Prowirus „uśpiony” w komórce może ją w pewnych warunkach zaatakować, np. pod wpływem promieniowania ultrafioletowego, wysokiej temperatury, osłabienia komórki gospodarza. DNA wirusowy zostaje wtedy wycięty z genomu gospodarza i wchodzi w cykl lityczny zakończony rozpadem komórki.

Zjawisko to uznaje się za przyczynę niektórych zmian nowotworowych, a wirusy je wywołujące nazywa się wirusami onkogennymi. Taki cykl jest charakterystyczny dla bakteriofagów, których genom zawiera DNA. Do DNA komórki gospodarza mogą włączać się również retrowirusy.

Retrowirusy

Grupa wirusów RNA atakujących wyłącznie komórki eukariotyczne. Ich genom jest zbudowany z dwóch identycznych kopii jednonicowego RNA, ale po wnikięciu do komórki ulega przepisaniu na dwuniciowy DNA przez enzym – odwrotną transkryptazę – w procesie odwrotnej transkrypcji. DNA wirusowy zostaje następnie włączony w obręb DNA gospodarza i może zacząć się intensywnie namnażać lub przejść w postać nieczynnego prowirusa.

Przykłady retrowirusów

- **wirus HIV** – wirus nabytego niedoboru odporności człowieka;
- **wirus BIV** – wirus niedoboru odporności bydła;
- **wirus HTLV** – wirus białaczki ludzkiej komórek T.

Cykl życiowy retrowirusa (na przykładzie wirusa HIV)

HIV to wirus niedoboru immunologicznego atakujący układ immunologiczny. Zdolność organizmu do zwalczania chorób słabnie w miarę ubywania limfocytów T. Kiedy liczba tych komórek osiąga punkt krytyczny, lekarze stwierdzają u pacjenta AIDS – zespół nabytego upośledzenia odporności.

Kolejne etapy cyklu wirusa HIV

- wirus HIV, dzięki glikoproteinom wiążącym się z receptorami komórki, wnika do limfocyta T i uwalnia materiał genetyczny;

- enzym odwrotna transkryptaza przepisuje RNA wirusa na DNA;
- DNA wirusowy włącza się do DNA komórki gospodarza;
- prowirus może przybrać postać nieczynną (utajoną, która może trwać do kilkunastu lat) lub czynną – kieruje wtedy produkcją kopii RNA i białek potrzebnych do budowy nowych wirionów;
- nowo uformowane wiriony wypączkowują, zabierając fragment błony komórkowej gospodarza.

Obrona organizmów przed wirusami

- obecność w komórkach bakteryjnych enzymów restrykcyjnych (restryktaz), które tną DNA bakteriofaga;
- uwalnianie z atakowanych komórek interferonu – białka, które uniemożliwia namnażanie się wirusów w komórkach;
- zdolność do wytwarzania przeciwciał, które niszczą wirusy.

Choroby wirusowe

Profilaktyka chorób wirusowych

- izolowanie osobników chorych;
- likwidowanie nosicieli (np. owadów przenoszących wirusy chorobotwórcze roślin);
- stosowanie szczepionek;
- przestrzeganie zasad higieny i przepisów BHP;
- mycie owoców i warzyw;
- posiadanie stałego partnera lub stałej partnerki, stosowanie prezerwatyw;
- szkolenia na temat sposobów zakażenia.

Sprawdź się!

Dlaczego trudno jest walczyć z chorobami wirusowymi? Uzasadnij odpowiedź.

W czasie namnażania wirusów dochodzi do drobnych zmian (mutacji), co skutkuje dużą zmiennością wirusów – głównie zawierających RNA. Niektóre wirusy otoczone są osłonką białkowo-lipidową, którą tworzy błona komórki gospodarza i glikoproteiny wirusa, co utrudnia wykrycie i zwalczanie wirusa przez układ immunologiczny.

NAJWAŻNIEJSZE CHOROBY WYWOŁYWANE PRZEZ WIRUSY		
choroba	objawy	sposób zakażenia
AIDS (wirus HIV)	dysfunkcja układu odpornościowego, obecność we krwi przeciwciał p/HIV, powiększenie węzłów chłonnych, spadek masy ciała, gorączka, grzybice jamy ustnej; ostatni etap zakażenia (AIDS): zapalenie płuc, gruźlica, opryszczka, grzybice, nowotwory (mięsak Kaposiego), śmierć	przez łożysko, z mlekiem matki, przez zakażoną krew (transfuzje, narkomania), droga płciowa (sperma, wydzielina z pochwy), transplantacje
grypa (3 typy wirusów: A, B, C)	dreszcze, bóle stawowo-mięśniowe, bóle głowy, gorączka, suchy kaszel	droga kropelkowa
odra	złe samopoczucie, wysoka gorączka, ostry ból gardła, nieżyt nosa i spojówek, suchy kaszel, białawe plamki z czerwoną obwódką w jamie ustnej, różowa wysypka	droga kropelkowa
świnka (nagminne zapalenie przyusznic)	gorączka, bóle głowy, bolesne obrzmienie ślinianek głównie przyusznych (powikłaniem u dzieci może być zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, u dorosłych zapalenie jąder i trzustki)	droga kropelkowa, kontakt bezpośredni, pośrednio przez zakażone przedmioty
różyczka	powiększenie węzłów chłonnych, bladoróżowa, czasem swędząca wysypka, powoduje trwałą odporność, niebezpieczna dla płodu (głuchota, ślepota)	droga kropelkowa
ospa wietrzna	pęcherzykowate, swędzące plamki z czerwoną obwódką wypełnione surowiczym płynem, złe samopoczucie, bóle mięśni i głowy, gorączka	droga kropelkowa, bezpośredni kontakt z wykwitami skórnymi chorego
choroba Heinego-Medina (porażenie dziecięce – wirus polio)	wywoływana jest przez wirusy atakujące neurony ruchowe rdzenia, a także pnia mózgu, co powoduje porażenie mięśni klatki piersiowej – następuje niewydolność oddechowa, uszkodzenie układu nerwowego, zanik neuronów ruchowych, które przestają przewodzić impulsy do mięśni, bóle mięśni, szczególnie karku (chory może odczuć jego sztywność), uczucie zdrętwienia kończyn z równoczesnym ich osłabieniem, które stopniowo postępuje, prowadząc do całkowitego porażenia	droga fekalno-oralna
katar (nieżyt nosa)	kichanie, drapanie w nosie i gardle, wyciek płynnej wydzieliny z nosa, ogólne osłabienie, stan podgorączkowy	droga kropelkowa
WZW (wirusowe zapalenie wątroby) typu A (pokarmowe) – wirus HAV	osłabienie, senność, bóle głowy, brak apetytu, wstręt do potraw tłustych, czasami gorączka, pod koniec pobolewanie wątroby, żółtąka, czasem żółtaczką (zażółcenie skóry, błon śluzowych i białkówki oczu)	droga fekalno-oralna (choroba brudnych rąk)
WZW typu B (żółtaczką wszczepienna)	objawy podobne jak w WZW A, stan przewlekły może doprowadzić do żółtaczki, marskości wątroby, a nawet śmierci	bezpośredni kontakt z chorym, transfuzja zakażonej krwi, zakażenie płodu przez matkę

NAJWAŻNIEJSZE CHOROBY WYWOŁYWANE PRZEZ WIRUSY		
choroba	objawy	sposób zakażenia
WZW typu C – wirus HCV	zapalenie i uszkodzenie wątroby, jest przyczyną marskości i raka wątroby, zażółcenie powłok skórnych, złe samopoczucie	zakażają osoby chore i nosiciele, zakażona krew (pobieranie, transfuzja, operacja, tatuaż, manicure, pedicure, stosunek seksualny)
SARS (zespół ostrej ciężkiej niewydolności oddechowej) – wirus SARS	choroba pojawiła się w 2002 r. w Chinach, gorączka, bóle mięśniowe, osłabienie, zaburzenia żołądkowo-jelitowe, kaszel, ból gardła, temperatura powyżej 38°C, duszność, konieczność podłączenia do respiratora	droga kropelkowa
gorączka krwotoczna – wirus Ebola (RNA-wirus)	gorączka, bóle mięśni, biegunka, wymioty, bóle brzucha, klatki piersiowej, wysypka, krwotoki wewnętrzne, śmierć z wykrwawienia	bezpośredni kontakt z chorym
żółta febra	od łagodnych objawów do ciężkiej choroby kończącej się śmiercią	przenoszony przez komary (Afryka, Ameryka Południowa)
opryszczka	opryszczka wargowa: zapalne pęcherzyki na wargach; opryszczka narządów płciowych: pęcherzyki na narządach rozrodczych	droga kropelkowa, bezpośredni kontakt z osobą zakażoną
wścieklizna	zmęczenie, gorączka, ból potylicy, halucynacje, torsje, po kilku dniach nadmierne pobudzenie lub porażenie, konwulsje, ślinotok i wodowstręt; śmierć następuje po tygodniu od wystąpienia objawów	bezpośredni kontakt ze śliną zakażonego zwierzęcia
HPV (wirus brodawczaka ludzkiego)	zmiany rozrostowe na skórze i błonach śluzowych, brodawki, kurzajki, rak szyjki macicy	kontakt z zarażonym naskórkiem lub droga płciowa

Bakterie

Bakterie (*Bacteria*) to jednokomórkowe, prokariotyczne organizmy o olbrzymiej różnorodności form i czynności życiowych. Ich wielkość szacuje się w granicach od 0,2 do kilkudziesięciu mikrometrów. Żyją pojedynczo lub w koloniach.

Podział morfologiczny bakterii

Bakterie kuliste

- **ziarenkowce, ziarniaki (*Coccus*)** – komórka bakteryjna ma kształt kulisty;

- **dwoinki (*Diplococcus*)** – występują parami;
- **czworaczki, tetrady** – występują czwórkami;
- **pakietowce (*Sarcina*)** – regularne prostopadłościanny;
- **paciorkowce (*Streptococcus*)** – stanowiące łańcuch komórek i powstające na skutek podziałów kolejnych komórek w tej samej płaszczyźnie;

- **gronkowce (*Staphylococcus*)** – będące, jak sama nazwa wskazuje, zgrupowaniami komórek o kształcie grona, powstają na skutek podziałów komórek w wielu różnych płaszczyznach.

Bakterie wydłużone (pałeczkowate)

- **pałeczki (*Bacterium*)** – wydłużone;
- **laseczki (*Bacillus*)** – pałeczki z przetrwalnikami;
- **maczugowce (*Corynebacterium*)** – przypominające maczugi;
- **wrzecionowce (*Fusobacterium*)** – o kształcie wrzeciona;
- **nici lub nitkowce** – bardzo silnie wydłużone komórki;
- **prątki (*Mycobacterium*)**.

Bakterie skręcone i spiralne

- **przecinkowce (*Vibrio*)** – przypominające przecinki;
- **śrubowce (*Spirillum*)** – mają kształt falisty i są podobne do węży;
- **krętaki (*Spirochaetes*)** – mają komórkę skręconą o niespotykanej wśród innych bakterii budowie.

Bakterie rozgałęzione

- **promieniowce (*Actinomycetales*)** – nitkowato rozgałęzione.

Bakterie opanowały wszystkie siedliska, nawet te ekstremalne, nieprzyjazne dla innych organizmów, np. solanki, gorące i kwaśne źródła.

Na ich sukces ekologiczny złożyło się kilka czynników:

- odporność na niekorzystne czynniki środowiska (niektóre bakterie posiadają ochronne otoczki śluzowe, tworzą formy przetrwalnikowe);
- szybkie zwiększanie liczebności dzięki częstym podziałom komórek;
- przekazywanie informacji genetycznej w procesie koniugacji;
- zdolność do poruszania się (dzięki rzęskom lub wydłużonej, giętkiej komórce);
- mikroskopowa wielkość umożliwiająca przenoszenie na znaczne odległości;
- różnorodność sposobów odżywiania (fototrofizm, chemotrofizm, heterotrofizm).

Podział ze względu na sposób odżywiania

Bakterie cudzożywne (heterotrofy)

- saprofity;
- pasożyty.

Bakterie samożywne (autotrofy)

- **fotosyntetyzujące** – wykorzystują energię świetlną do syntezy związków organicznych:
 - ♦ bakterie purpurowe – zawierają bakteriochlorofil;
 - ♦ sinice – posiadają tylakoidy, w których znajdują się chlorofil a i barwniki pomocnicze: fikoerytryna (czerwona) i fikocyjanina (niebieska);
- **chemosyntetyzujące** – energię do syntezy związków organicznych uzyskują z utleniania prostych związków nieorganicznych lub organicznych (np. bakterie metanowe).

Podział ze względu na wykorzystywane źródło energii

- **bakterie siarkowe** uzyskują energię potrzebną do asymilacji dwutlenku węgla w wyniku utleniania siarki i jej związków;
- **bakterie metanowe** rozkładają związki organiczne z wytworzeniem metanu;
- **bakterie wodorowe** utleniają wodór cząsteczkowy;
- **bakterie żelazowe** utleniają związki żelazowe do żelazowych;
- **bakterie purpurowe siarkowe** są samożywne, zawierają bakteriochlorofil, w czasie fotosyntezy redukują dwutlenek węgla, utleniając siarkowodor;
- **bakterie purpurowe bezsiarkowe** są samożywne, w czasie fotosyntezy redukują dwutlenek węgla przez utlenianie

znajdujących się w środowisku alkoholi lub wodoru.

Podział ze względu na sposób oddychania

- **tlenowce (aeroby)** rosną tylko w obecności tlenu atmosferycznego i czerpią energię z oddychania tlenowego;
- **beztlenowce (anaeroby)**
 - ♦ bezwzględne beztlenowce (obligatoryjne) – rosną tylko w nieobecności tlenu (tlen jest dla nich zabójczy), czerpią energię drogą beztlenową;
 - ♦ względne beztlenowce (fakultatywne) – rosną w niskich stężeniach tlenu atmosferycznego, czerpią energię także drogą oddychania beztlenowego, w tej grupie jest najwięcej bakterii chorobotwórczych.

PODZIAŁ MORFOLOGICZNY BAKTERII

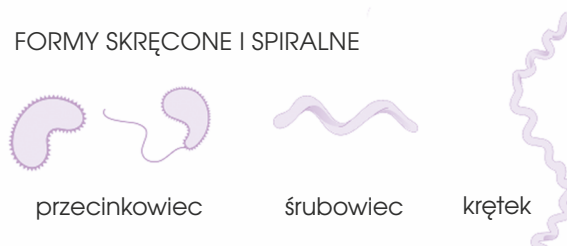
FORMY KULISTE



FORMY WYDŁUŻONE



FORMY SKRĘCONE I SPIRALNE



Rozmnażanie bakterii

Rozmnażanie bezpłciowe

- **podział** – poprzedzony replikacją genomu;
- **pączkowanie** – nowa komórka powstaje przez uwypuklenie macierzystej ściany komórkowej;
- **fragmentacja kolonii** – promieniowce, niektóre sinice.

Proces płciowy

Nie zwiększa liczby komórek, powoduje wymieszanie materiału genetycznego między komórkami bakterii, co prowadzi do lepszego przystosowania się do warunków środowiska:

- **transformacja** – bakteria pobiera DNA z otaczającego roztworu; taki proces zachodzi niekiedy w naturze, lecz częściej jest pobudzany w warunkach laboratoryjnych w celu nakłonienia bakterii do pobrania obcego DNA w doświadczeniach genetycznych;
- **koniugacja** – fragmenty DNA przekazywane są biorcy przez mostek cytoplazmatyczny; fimbrie ułatwiają przyczepienie do innych komórek; zdolność do koniugacji nadają bakteriom geny znajdujące się w plazmidach F; koniugacja może zachodzić tylko między komórką zawierającą plazmid F (komórka donorowa) a taką, która go nie posiada (komórka akceptorowa); powoduje to zwiększenie różnorodności genetycznej bakterii, a także powstawanie szczepów opornych na antybiotyki;

Czy wiesz, że...



A. Leeuwenhoek (1632–1723) po raz pierwszy dostrzegł bakterie w skonstruowanym przez siebie mikroskopie oraz je opisał. Największym znanym obecnie gatunkiem bakterii jest *Thiomargarita namibiensis* (siarkowa perła Namibii), której komórka może mieć długość nawet 2 mm.

- **transdukcja** – bakteriofagi wynoszą fragmenty materiału genetycznego gospodarza wraz ze swoim DNA.

Przyswajanie azotu cząsteczkowego

Sinice mają specjalne komórki: **heterocysty** (zawierające **nitrogenazę** – enzym przeprowadzający wiązanie wolnego azotu w warunkach beztlenowych), mają grube ściany komórkowe chroniące przed wnikaniem tlenu, uwstecz-niony aparat fotosyntetyczny (nie produkują tlenu), łączą się plazmodesmami z pozostałymi komórkami kolonii (transport przyswojonego azotu).

Bakterie glebowe (*Rhizobium* – symbiont roślin motylkowych, *Azotobacter* – wolno żyjąca bakteria glebowa).

Znaczenie bakterii

Pozytywna rola bakterii

- są destrucentami (reducentami) – rozkładają martwą materię organiczną;

- biorą udział w obiegu pierwiastków w przyrodzie, m.in. azotu i węgla;
- bakterie glebowe (wytwarzają m.in. próchnicę glebową) i bakterie korzeniowe (*Rhizobium*) mają zdolność wiązania wolnego azotu znajdującego się w atmosferze i zamiany go w związki azotowe dostępne dla roślin; obumarcie roślin bogatych w związki azotowe powoduje wzbogacenie w nie gleby (staje się ona bardziej żyzna); stosowanie roślin motylkowych jako zielonego nawozu pozwala na ograniczenie stosowania nawozów sztucznych, dzięki czemu poprawia się jakość gleby i możliwy jest proces jej rekultywacji;
- są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania przewodów pokarmowych zwierząt – u przeżuwaczy występuje specyficzna flora bakteryjna trawiąca celulozę, u człowieka bakterie syntetyzują witaminę K i witaminy z grupy B;
- wykorzystuje się je w przemyśle farmaceutycznym do produkcji leków np. insuliny, witamin, antybiotyków;
- stosowane są w przemyśle spożywczym do produkcji alkoholu, kwasów organicznych, jogurtów, do otrzymywania kiszonek;
- wykorzystywane są w biooczyszczalniach ścieków;
- sinice służą jako nawóz naturalny bogaty w azot;
- wykorzystywane są w biologicznym zwalczaniu szkodników upraw, np. gąsienic.

Negatywna rola bakterii

- wywołują choroby (wnikają przez skórę, układ pokarmowy, oddechowy, płciowy, krwionośny);
- powodują zakwity wód (sinice);
- bakterie denitryfikacyjne uwalniają azot w postaci cząsteczkowej do atmosfery.

Sprawdź się!

Biorąc pod uwagę sposób pozyskiwania energii, bakterie dzielimy na:

A. saprobionty i pasożyty,

B. symbionty i autotrofy,

C. tlenowe i beztlenowe,

D. spiralne i kuliste.

Wskaż prawidłową odpowiedź.



CHOROBY BAKTERYJNE			
choroba	bakteria wywołująca	objawy	profilaktyka
błonica gardła (dyfteryt)	maczugowiec błonicy (<i>Corynebacterium diphtheriae</i>) Gram+, produkuje jad – toksynę błoniczą, przenosi się drogą kropelkową	gorączka, bladość twarzy, ból gardła, utrudnione połykanie, nalot w gardle, powiększenie węzłów chłonnych, zatrucie organizmu (intoksykacja), szybkie tętno, zaburzenia pracy serca, porażenie mięśni	szczepionka DPT, izolacja chorych
kiła (syfilis)	krętek błądy (<i>Treponema pallidum</i>), Gram–, choroba weneryczna (przenoszona drogą płciową), przechodzi przez łożysko, występuje tylko u ludzi	kiła I-rzędowa (3 tygodnie od zakażenia): grudka występująca na narządach płciowych, która przekształca się w syczące owrzodzenie (tzw. objaw pierwotny); kiła II-rzędowa (po kilkunastu tygodniach): czerwone wykwity na skórze, powiększenie węzłów chłonnych, łysienie oraz plamiste odbarwienia skóry; kiła III-rzędowa: zmiany w wielu narządach, m.in. tętniak aorty, uszkodzenie zastawek serca, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych, guzy (kilaki)	higiena osobista, unikanie przypadkowych kontaktów płciowych, badania kobiet w ciąży, prezerwatywy
gruźlica	prątek gruźlicy (Kocha) (<i>Mycobacterium tuberculosis</i>), Gram+, zakażenie przez układ oddechowy, źródłem zakażenia jest prątkujący chory na płucną postać gruźlicy, do zakażenia dochodzi najczęściej w źle wentylowanych budynkach	chudnięcie, gorączka, długotrwały kaszel, krwiotłucie	zdjęcia RTG klatki piersiowej, prawidłowa dieta, higiena osobista i pomieszczeń, izolacja chorych
tężec (ciężka choroba przyranna)	laseczka tężca (<i>Clostridium tetani</i>), Gram–, jest bezwzględnym beztlenowcem, nie jest chorobą zaraźliwą, bakteria wytwarza neurotoksyny, do zakażenia dochodzi najczęściej przy zabrudzeniu rany skażoną glebą	w miejscu zranienia ból i skurcz mięśni, sztywność, skurcz mięśni mimicznych twarzy wywołujący charakterystyczny grymas, tzw. uśmiech sardoniczny, napięcie mięśni karku i tułowia powodujące łukowate wyprężenie ciała	szczepienia, dezynfekcja ran
borelioza	krętek boreliozy (m.in. <i>Borrelia burgdorferi</i>) przenoszony przez kleszcze	rumień wędrujący (w kształcie centralnie jaśniejszej obrączki), objawy grypopodobne	stosowanie odzieży ochronnej i preparatów odstraszających kleszcze
cholera	przecinkowiec cholery (<i>Vibrio cholerae</i>), picie skażonej wody lub przyjmowanie skażonych pokarmów, kontakt z nosicielem lub chorym	biegunka, wymioty, zmarszczenie skóry, zmiana głosu, zapadnięcie oczu, wyostrenie rysów twarzy, w skrajnych przypadkach śpiączka	szczepienia, higiena osobista i ogólna, ochrona ujęć wody, izolacja chorych

CHOROBY BAKTERYJNE			
choroba	bakteria wywołująca	objawy	profilaktyka
czerwonka bakteryjna (dysenteria)	patyczka <i>Shigella dysenteriae</i> pasożytująca wyłącznie w organizmie człowieka (w jelicie), zakażenie drogą pokarmową; bakterie przenoszone są z wydaliny chorego za pośrednictwem wody, pożywienia i much	uporczywe, krwawo-śluzowe biegunki, obecność krwi w stolcu, gorączka	szczepienia ochronne, higiena osobista i ogólna, ochrona ujęć wody, izolacja chorych
dur brzuszny (tyfus brzuszny)	przyjmowanie żywności (lub wody) zakażonej patyczkami duru brzusznego, kontakt z materiałami zakażonymi, czasami bakterie przenoszone są przez muchy	gorączka, ból brzucha, wysypka na skórze brzucha i klatki piersiowej, powiększenie węzłów i śledziony	szczepienia ochronne, higiena osobista i ogólna, ochrona ujęć wody, izolacja chorych
wąglik	choroba odzwierzęca, kontakt ze zwierzętami zakażonymi laseczką wąglika (<i>Bacillus anthracis</i>), spożywanie zakażonej żywności	postać skórna (tzw. czarna krostka), jelitowa (ból brzucha, gorączka, wymioty, biegunka), płucna (ciężkie zapalenie płuc)	szczepienia osób narażonych, m.in. weterynarzy, rzeźników, usuwanie zakażeń u zwierząt, odkażanie produktów pochodzenia zwierzęcego

Protisty

Protisty (*Protista*) to proste organizmy eukariotyczne. Zwyczajowo dzieli się je na protisty zwierzęcopodobne (pierwotniaki), roślinopodobne (glony) i grzybopodobne.

Jest to takson stworzony sztucznie, dlatego w jego obrębie występuje wiele form (jednokomórkowe, kolonijne, wielokomórkowe), sposobów odżywiania, poruszania, rozmnażania, występowania itp.

Ruch protistów

- **formy nieruchliwe (kokalne)** – zwykle z pancerzykiem lub ścianą komórkową, np. *Chlorella*;

- **ruch pseudopodialny (ameboidalny)** – cienka błona i ograniczony cytoszkielet pozwalają na tworzenie wypustek, czyli nibynózek, do których przelewa się cytoplasma, co pozwala na przemieszczanie się ruchem ameboidalnym oraz „oblewanie” ciała potencjalnej ofiary, np. ameba;
- **ruch undulipodialny** – przemieszczanie się za pomocą wici (np. *Euglena*) lub rzęsek (np. orzęski); rzęski są połączone włóknkami pod błoną komórkową, co pozwala na skoordynowanie ich ruchów;
- **ruchy błonki falującej** charakterystyczne dla świdrowców.

Odżywianie się protistów

Samożywne (autotrofy)

- przeprowadzają fotosyntezę w chloroplastach zawierających barwniki fotosyntetyczne: chlorofil a, b, c, d, fikobiliny (niebieski), karoteniny [karoten (pomarańczowy), likopen (czerwony)], ksantofile [żółte, brunatne (fukoksantyna, luteina, flawoksantyna)].

Cudzożytne (heterotrofy)

- **wchłanianie** – pobieranie pokarmu przez błonę komórkową na zasadzie dyfuzji prostej, wspomaganej lub transportu aktywnego;
- **endocytoza** – sposób przedostawania się do wnętrza komórki większych drobin i całych organizmów:
 - ♦ **pinocytoza** – pobieranie wielkocząsteczkowych substancji rozpuszczalnych w wodzie;
 - ♦ **fagocytoza** – pobieranie całych mikroorganizmów za pomocą łączących się wypustek plazmatycznych („oblanie” cząstek pokarmowych cytoplazmą); gdy organizm otoczony jest pellikulą

lub pancerzykiem, endocytoza zachodzi w **cytostomach**.

Miksotrofy – odżywiają się na różne sposoby: autotroficznie lub heterotroficznie, zależnie od panujących warunków środowiska.

Materiałami zapasowymi protistów mogą być: skrobia, paramylon, chryzolaminaryna, glikogen, mannitol, tłuszcze.

Rozmnażanie się protistów

Rozmnażanie bezpłciowe

- podział komórki (mitoza);
- zarodniki (spory): zoospory – poruszające się za pomocą wici; aplanospory – nieruchliwe, forma przetrwalnikowa;
- pączkowanie;
- fragmentacja.

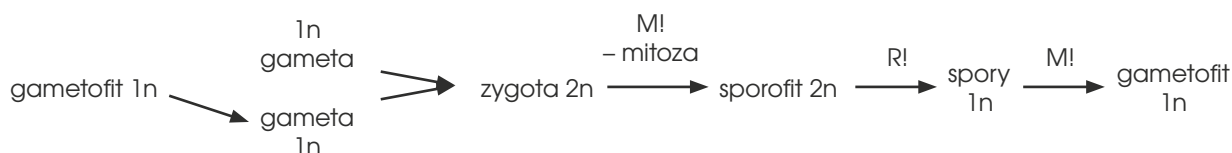
Rozmnażanie płciowe

Rozmnażanie płciowe zachodzi z wytworzeniem gamet.

Sposoby zapłodnienia (gamii):

- **izogamia** – łączące się dwie gamety są identyczne pod względem wielkości i ruchliwości;
- **anizogamia** – komórka męska jest mniejsza, ruchliwa; żeńska większa, ruchliwa;

CYKL ŻYCIOWY PROTISTÓW WIELOKOMÓRKOWYCH



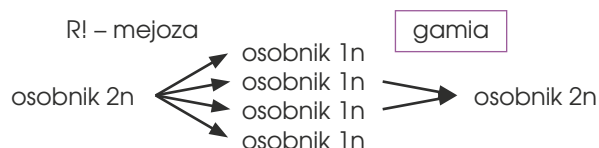
- oogamia – plemnik mały, ruchliwy; komórka jajowa duża, nieruchliwa.

Przemiana pokoleń – następowanie po sobie organizmów rozmnażających się płciowo i bezpłciowo:

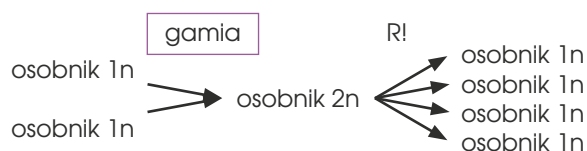
- przemiana izomorficzna** – gametofit i sporofit mają podobną budowę;
- przemiana heteromorficzna** dominuje gametofit lub sporofit.

Przemiana faz jądrowych – następowanie po sobie organizmów $1n$ i $2n$. U protistów występują dwa typy mejozy:

- mejoza pregamiczna** – zachodzi przed procesem zapłodnienia:



- mejoza postgamiczna** – polega na gamii organizmów haploidalnych, po której następuje zwykła mejoza:



Cykl życiowy protistów wielokomórkowych

- gamety powstają w gametangiach żeńskich (lęgniach); męskich (plemniach);
- spory (zarodniki) powstają w sporangiach (zarodniach).

Proces płciowy (koniugacja) – nie jest rozmnażaniem, a wymianą genów między

dwoma osobnikami. Zachodzi u orzęsków (patrz schemat na następnej stronie).

Oddychanie

- najczęściej zachodzi oddychanie tlenowe (całą powierzchnią ciała);
- formy pasożytnicze oddychają beztlenowo.

Reakcje na bodźce

- zmiana polaryzacji błony komórkowej – depolaryzacja przy zetknięciu z innym obiektem wywołuje reakcję organizmu;
- u niektórych wiciowców do percepcji wrażeń świetlnych służy leżący u podstawy wici fotoreceptor oraz plamka oczna (stigma) zawierająca barwnik.

Osmoregulacja i wydalanie protistów

- organizmy izotoniczne (morskie, pasożyty): stężenie soku komórkowego jest równe stężeniu otaczającej wody;
- organizmy hipertoniczne (słodkowodne): stężenie soku komórkowego jest wyższe niż stężenie otaczającej wody, nadmiar wody jest usuwany przez wodniczki tętniące.

Znaczenie protistów

Pozytywna rola protistów

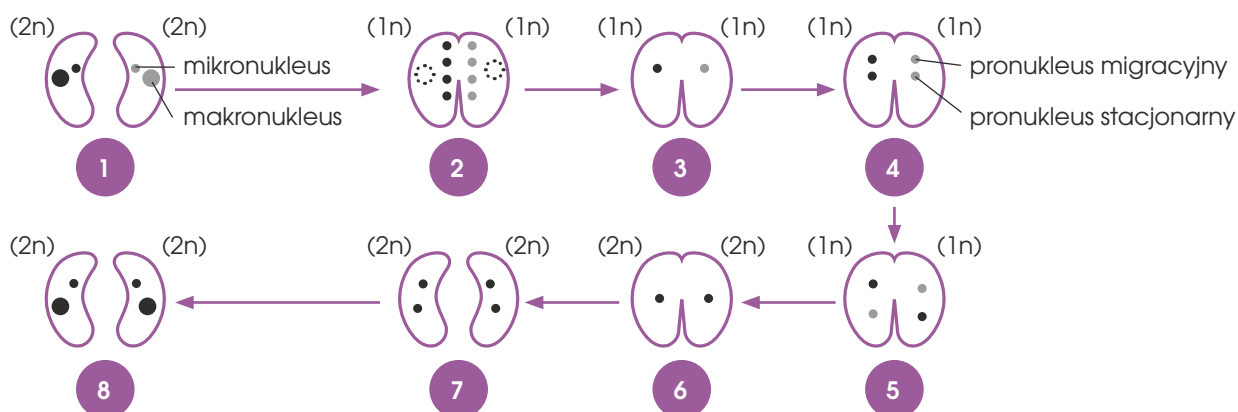
- biorą udział w biologicznym oczyszczaniu wód;
- wykorzystywane są jako pasza dla zwierząt;
- stosowane są jako nawóz;
- wykorzystywane są do produkcji papieru i kartonu;
- stosowane do galaretek, lodów, majonezu;

- stosowane w medycynie, farmaceutyce, kosmetologii;
- wykorzystywane do produkcji witaminy B;
- biorą udział w krążeniu pierwiastków w przyrodzie;
- są pokarmem dla innych organizmów;
- skorupki obumarłych otwornic i szkielety promienionózek brały udział w tworzeniu skał osadowych;
- służą do produkcji agaru, stosowanego jako pożywki dla hodowli bakteryjnych.

Negatywna rola protistów

- powodują zakwity wód;
- odpowiadają za niedrożność filtrów;
- tworzą osady np. na ścianach akwariów;
- obrastają statki, co powoduje nadmierne ich obciążenie;
- wywołują choroby.

KONIUGACJA U ORZĘSKÓW



1. dwa osobniki przed koniugacją;
2. połączenie dwóch orzęsków, stopniowy zanik makronukleusa, mejoza mikronukleusa;
3. zanik trzech z czterech jąder haploidalnych w każdym z koniugantów;
4. mitozą jądra haploidalnego i powstanie pronukleusów;
5. wymiana jąder migracyjnych;
6. połączenie się pronukleusów i powstanie dwóch jąder diploidalnych o wymieszanym materiale genetycznym;
7. rozdzielenie się pierwotniaków i podział mitotyczny jądra;
8. odtworzenie makronukleusa i mikronukleusa w obu orzęskach.

PRZEGLĄD NAJWAŻNIEJSZYCH GRUP GLONÓW					
charakterystyka	krasnorosty*	zelenice	okrzemki	brunatnice	bruzdnice (tobolki)
cechy	• morskie, osiadłe • skomplikowana przemiana pokoleń z dwiema postaciami sporofitu • kolor brunatnoczerwony • wytwarza się z nich agar • np. widlak, rurecznica	• należące do nich ramienie są grupą wyjściową dla roślin • morskie, słodkowodne, czasem lądowe • różnicowane typy przemiany pokoleń i typy gamii • zielona barwa • powodują powstawanie zakwitów wód • np. pierwotek, toczek, pełzalka, ulwa, taśma, zawłótnia, parasolik, walcia	• morskie, słodkowodne, żyją także w śniegu • osiadłe, pełzające po podłożu lub unoszące się w toni wodnej • są wodnymi producentami, wytwarzają nawet 25% tlenu na ziemi • np. Novicula, Coscinodiscus	• największe, samożywne profity; morskie • różnicowana plecha (część korzeniokształtna, łodygokształtna, liściokształtna) • barwa brunatna • główni producenci ekosystemów przybrzeżnych stref umiarkowanych • algi wykorzystywane w przemyśle kosmetycznym • np. morszczyzn, listownica, gronost, wielkomorszcz, kalteria	• morskie • wewnętrzne dwuleci tworzą się celulozowe płytki, przybierające postać pancerza; występują w nim dwie bruzdy, w których znajdują się dwie wici służące do poruszania • produkcja endosymbionty m.in. koralowców, czasem powodują zakwity • np. Peridinium, Ceratium
organizacja	jedno- lub wielokomórkowe	jednokomórkowe, kolonijne, komórczaki, wielokomórkowe	jednokomórkowe, czasem kolonijne	wielokomórkowe	jednokomórkowe, czasem kolonijne
barwniki fotosyntetyczne	chlorofile a, d; fikocytryna, fikocyjanina	chlorofile a i b, niewiele karotenoidów	chlorofile a i c, dużo karotenoidów	chlorofile a i c, dużo karotenoidów	chlorofile a i c, dużo karotenoidów
pokrycie komórki	celulozowa ściana komórkowa (często wysycona węglanem wapnia – udział w tworzeniu raf koralowych)	ściana komórkowa zbudowana z celulozy i pektyn	krzemionkowy pancerzyk (złożony z wieczka i denka)	celulozowa ściana komórkowa	celulozowe płytki
materiał zapasowy	skrobia krasnorostowa	głównie skrobia	chryzolaminaryna, tłuszcze	chryzolaminaryna, tłuszcze	tłuszcze, polisacharydy
wici	brak	obecne lub brak	brak	tylko u gamet, dwie, nierówne, dłuższa ze specjalnym wyrostkami ułatwiającymi pływanie (mastigonemy)	dwie

* Krasnorosty i zelenice zaliczane są obecnie do roślin pierwotnie wodnych.

Sprawdź się!

1. Określ, jakie struktury występujące u protistów służą do pełnienia następujących funkcji:

A. osmoregulacja (usuwanie nadmiaru wody z komórki)

—

B. trawienie pokarmu –

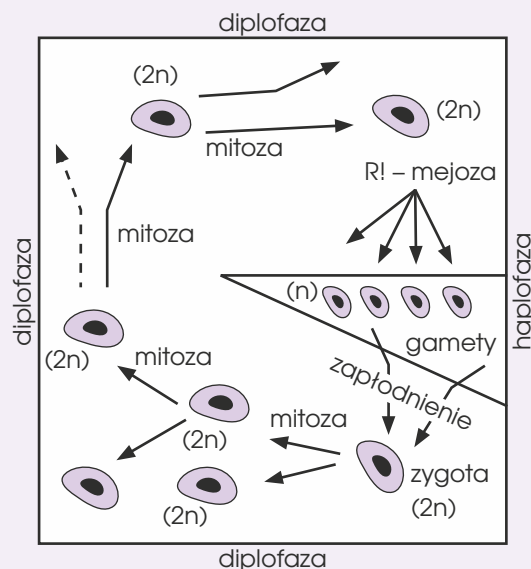
C. przechowywanie informacji genetycznej, kontrolowanie metabolizmu komórki

—

D. przeprowadzanie fotosyntezy

—

2. Schemat przedstawia cykl rozwojowy protistów jednokomórkowych diplodalnych. Określ rolę mejozy w cyklu życiowym tych pierwotniaków oraz uzasadnij, że proces ten może zwiększyć szanse przeżycia organizmów potomnych.



3. Określ rodzaj gamii występujący u protista, którego cykl rozwojowy przedstawiono w uproszczony sposób na powyższym schemacie. Uzasadnij swoją odpowiedź.

1. A. wodniczka tętniąca, B. wodniczka pokarmowa, C. jędrko komórkowe, D. chloroplast
2. W wyniku mejozy wytwarzane są haploidalne gamety. Mejoza umożliwiała rekombinację materiału genetycznego, co może prowadzić do powstawania korzystnych kombinacji genów i pozwala protistom uzyskiwać nowe cechy ułatwiające im przeżycie.
3. Izogamia – gamety identyczne pod względem wielkości i ruchliwości.

PROTISTY CHOROBTWÓRCZE			
choroba	charakterystyka	objawy	profilaktyka
malaria – wywoływana przez kilka gatunków zarodźców (<i>Plasmodium</i>) z grupy sporowców	• żywicielem ostatecznym jest komar – w jego przewodzie pokarmowym gametocyty przekształcają się w mikro- i makrogamety; z ich połączenia powstaje ruchliwa zygota (ookinete), która po mejozie i dalszych podziałach przekształca się w sporozoity przedostające się do ślinianek komara • do zakażenia człowieka dochodzi na skutek ukłucia przez komara: • zawarte w jego ślinie sporozoity atakują komórki wątroby i rozmnażają się schizogonicznie (najpierw podział jądra komórkowego na wiele jąder, a następnie podział cytoplazmy) • w wyniku podziału powstają merozoity atakujące komórki wątroby i erytrocyty, gdzie znów dochodzi do schizogoni • po kilku cyklach część merozoitów tworzy gametocyty, które wraz z wessaną krwią dostają się do organizmu komara	objawy (gorączka, dreszcze, wymioty) występują w momencie uwalniania się merozoitów z komórek – atak następuje w zależności od gatunku pasożyta co 24, 48 lub 72 godziny, objawem towarzyszącym jest anemia	stosowanie moskitier i środków odstraszających komary, unikanie podróży do krajów, w których występuje ryzyko zakażenia malarią, przyjmowanie preparatów antymalarycznych
toksoplazmoza – wywoływana przez <i>Toxoplasma gondii</i> z grupy sporowców	• żywicielem ostatecznym są kotowate (w ich przewodzie pokarmowym pasożyt rozmnaża się płciowo, a na zewnątrz wydostają się oocysty odporne na działanie warunków środowiska) • do zakażenia dochodzi na skutek spożywania pokarmów zanieczyszczonych oocystami z odchodów, u ludzi najczęstszym źródłem zakażenia jest spożywanie niedogotowanego mięsa zawierającego cysty pasożyta	objawy grypopodobne, możliwe jest zarażenie płodu przez łożysko – bardzo groźne zwłaszcza dla rozwoju układu nerwowego	obróbka termiczna mięsa, higiena w kontaktach z kotami
czerwonka pełzakowa – wywoływana przez pełzaka czerwoni (<i>Entamoeba histolytica</i>) należącego do ameb	zakażenie następuje drogą pokarmową, np. przez wypicie wody zanieczyszczonej fekaliami i zawierającej cysty pasożyta	silne biegunki, czasem prowadzące do śmierci	zachowanie higieny, dokładne mycie owoców i warzyw, ochrona żywności i wody przed zanieczyszczeniem fekaliami
lamblioza – wywoływana przez ogoniastka jelitowego (<i>Lamblija intestinalis</i>)	• zakażenie następuje na skutek połknięcia cyst, np. z wodą zanieczyszczoną fekaliami • pasożytuje w jelicie cienkim, na zewnątrz wydostaje się wraz z kałem w postaci cyst odpornych na warunki środowiska	silne biegunki i wymioty	zachowanie higieny, dokładne mycie owoców i warzyw, ochrona żywności i wody przed zanieczyszczeniem fekaliami

PROTISTY CHOROBOTWÓRCZE

choroba	charakterystyka	objawy	profilaktyka
śpiączka afrykańska – wywołuje ją pasożyt świdrowiec gambijski <i>(Trypanosoma gambiense)</i> oraz świdrowiec rodezyjski <i>(Trypanosoma rhodesiense)</i> ; występuje w Afryce	• świdrowiec przenoszony jest z chorego człowieka, chorych antylop lub innych ssaków przez muchę tse-tse • wprowadzany jest do układu krwionośnego, gdzie się rozmnaża • następnie przedostaje się do naczyń i węzłów chłonnych • po upływie 2–3 miesięcy trafia do płynu rdzeniowo-mózgowego	gorączka, powiększenie węzłów chłonnych, zapalenie opon mózgowo-rdzeniowych i rdzenia kręgowego, śpiączka, a nawet śmierć	odpowiednia odzież, moskitiery, izolacja chorych

Rośliny (*Plantae*)

Rośliny wywodzą się z przodków współczesnych ramienic należących do **zielenic**. Pierwsze rośliny lądowe pojawiły się w połowie syluru (około 420 mln lat temu). Wcześniej życie koncentrowało się w głębinach lub na powierzchni praoceanów. Na lądzie było wiele wolnych nisz ekologicznych, większa dostępność światła, ale także wiele niedogodności, którym rośliny musiały sprostać.

Cechy charakterystyczne roślin lądowych

- barwniki: chlorofil a i b, β -karoten, luteina;
- w chloroplastach, które otacza podwójna błona, zachodzi fotosynteza;
- występuje celulozowa ściana komórkowa;
- materiałem zapasowym jest skrobia;
- w czasie cytokinezy tworzy się fragmoplast.

Pierwsze rośliny zielone

- rynniofity (np. kuksonia);
- zosterofilofity (np. *Zosterophyllum*);
- trymerofity (np. *Pertica*).

WSPÓŁCZEŚNIE ŻYJĄCE ROŚLINY

Mszaki

Gametofit

Mszaki to jedyne rośliny, u których dominuje gametofit (większy od sporofitu, samożywny, wieloletni). Gametofit może być:

- **jednopienny** – gametangia męskie i żeńskie występują na tym samym osobniku;
- **dwupienny** – na danym osobniku występują wyłącznie gametangia męskie albo żeńskie.

Gametofit rozmnaża się płciowo. Wytwarza **gametangia**:

- **rodnie** – wielokomórkowe, zawierające nieruchliwą komórkę jajową;
- **plemnie** – wielokomórkowe, zawierające ruchliwe plemniki, które uwalniane są po pęknięciu ścianki plemni.

Sporofit

- rozwija się z zygoty;
- jest niesamodzielny;
- wrasta w gametofit stopą, przez którą pobiera wodę i związki organiczne;
- po wytworzeniu zarodników zamiera i odpada;
- na szczycie sety umieszczona jest zarodnia zaopatrzona w wieczko umożliwiające wysyp dojrzałych zarodników;
- z zarodników w wyniku podziałów mitotycznych powstaje **splątek** (młodociana postać gametofitu), z którego wyrasta ulistniona łodyżka.

Cykl rozwojowy mszaków

- zapłodnienie (**oogamia**) – wymagana jest obecność wody;
- heteromorficzna przemiana pokoleń.

Rozmnażanie wegetatywne

- odtworzenie całej rośliny z małego fragmentu (mszaki cechują się dużą zdolnością regeneracji);
- rozmnożki – organy wegetatywne powstające w różnych miejscach rośliny.

Rośliny zaliczane do mszaków

Wątrobowce

- **porostnicowe**, np. porostnica wielokształtna;
- **jungermaniowe**, np. usznica spłaszczona, przyziemka.

Mchy

- dobrze wykształcony splątek; łodyżka pokryta listkami (wielowarstwowymi,

z blaszkami pełniącymi funkcje asymilacyjne i zatrzymującymi wilgoć);

- w łodyżce wyróżnia się: skórkę, korę pierwotną, prymitywną wiązkę przewodzącą (zbudowaną z martwych komórek, czyli **hydroidów** przewodzących wodę, otoczonych komórkami żywymi, czyli **leptoidami** przewodzącymi substancje organiczne);
- do podłoża przytwierdzone są za pomocą wielokomórkowych chwytników; zarodnia otwierana jest wieczkiem.

Do mchów należą:

- **torfowce:**
 - ♦ część szczytowa jest żywa i zdolna do fotosyntezy, dolna część zamiera i ulega mineralizacji;
 - ♦ listki zbudowane są z leżących na przemian dwóch rodzajów komórek – żywych (zdolnych do fotosyntezy) i martwych (magazynujących wodę);
 - ♦ gametofit charakteryzuje się nieograniczonym wzrostem;
 - ♦ zarodnia nie jest chroniona czepkiem;
 - ♦ potrafią chłonać i magazynować wodę;
 - ♦ tworzą torfowiska;
 - ♦ rosną w rozległych skupiskach zwanych **mszarami**;
 - ♦ tylko jeden rodzaj: torfowiec (ok. 200 gatunków);
 - ♦ przedstawiciele: mech torfowiec;
- **prątniki:**
 - ♦ najliczniejsza grupa mchów (9 tys. gatunków);

PRZYSTOSOWANIE ROŚLIN DO ŻYCIA NA LĄDZIE

czynnik	przystosowanie w budowie		konsekwencje
	morfologicznej	anatomicznej	
niedobór wody i szybkie jej parowanie	wykształcenie chwytników lub korzeni	wykształcenie tkanki przewodzącej (drewna)	sprawne pobieranie i przewodzenie wody
	epiderma okryta kutykulą	wykształcenie wtórnej tkanki okrywającej (korka)	ograniczenie transpiracji
	powstanie aparatów szparkowych	przetchniki w korku, obecność przestworów międzykomórkowych	umożliwiają transpirację i wymianę gazową
		wykształcenie łagiewki pytkowej (nasienne)	uniezależnienie rozmnażania płciowego od obecności wody
mniej zawartość CO ₂ w powietrzu (ok. 0,03%)	wykształcenie znacznych powierzchni asymilacyjnych (liści)		zwiększenie intensywności fotosyntezy
większy dostęp do światła	powstanie dużych powierzchni asymilacyjnych (liści), wykształcenie todygi utrzymującej pionowo część naziemną i wynoszącej liście ku górze	wytworzenie miękiszu asymilacyjnego o zwiększonej zawartości chloroplastów, wykształcenie systemu przewodzącego produkty asymilacji (łyka)	zwiększenie intensywności fotosyntezy, większy przyrost biomasy roślin
duża zmienność warunków środowiska	wytworzenie organów przetrwalnikowych w postaci nasion, kłączy, cebul, bulw, modyfikacje todyg i liści	wykształcenie miękiszu spichrzowego, gromadzącego materiały zapasowe	umożliwia przetrwanie niekorzystnych warunków środowiska
		wykształcenie wtórnej tkanki okrywającej (korka)	chroni roślinę przed przegrzaniem i zamarznięciem
silne działanie czynników mechanicznych	wykształcenie chwytników – korzeni utrzymujących roślinę w glebie	wykształcenie tkanki wzmacniającej (kolenchymy, sklerenchymy), wykształcenie wtórnej tkanki okrywającej (korka)	zwiększenie wytrzymałości roślin

PORÓWNANIE ŚRODOWISKA WODNEGO I LĄDOWEGO

porównywana cecha	środowisko	
	wodne	lądowe
gęstość	duża	mała
zawartość tlenu	3,5%	21%
zawartość dwutlenku węgla	1,7%	0,03%
wahania temperatury	niewielkie	duże
światło	rozproszone	pełne
działanie czynników mechanicznych	słabsze	silniejsze

- ♦ mają spletek nitkowaty, zarodnię chronioną czepkiem;
- ♦ przedstawiciele: widłoząb, gajnik, skrzętek wilgociomierz;
- **płonniki:**
 - ♦ ok. 400 gatunków;
 - ♦ największe mchy (największy płonnik *Dawsonia superba* żyje w lasach Nowej Zelandii, gametofit osiąga długość ok. 50 cm, każda łodyżka rośnie oddzielnie, nie w kępach);
 - ♦ listki są wielowarstwowe z żeberkiem, na górnej powierzchni mają blaszkowate asymilatory;
 - ♦ mają zarodnie z czepkiem;
 - ♦ przedstawiciele: mech płonnik.

Znaczenie mszaków

- dzięki zdolności zatrzymywania wody regulują bilans wodny zbiorowisk roślinnych;
- są przyczyną zabagnień;

- chronią glebę przed wysychaniem i erozją;
- zasiedlają nieużytki;
- są organizmami pionierskimi – zmieniając podłoże, pozwalają zasiedlać się innym organizmom;
- biorą udział w procesie glebotwórczym;
- wykorzystywane są w lecznictwie, np. nieodwodniony torf (tzw. borowina) stosowany jest do kąpieli leczniczych i okładów.

Paprotniki

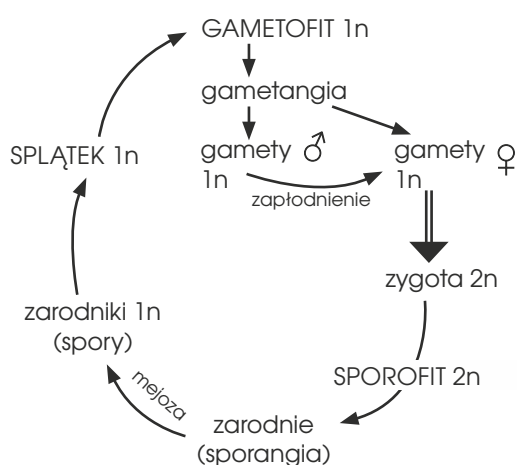
Paprotniki to rośliny cieniolubne i wilgociolubne, niektóre wtórnie przystosowane do środowiska wodnego (np. salwinia pływająca).

Przystosowanie paprotników do życia na lądzie

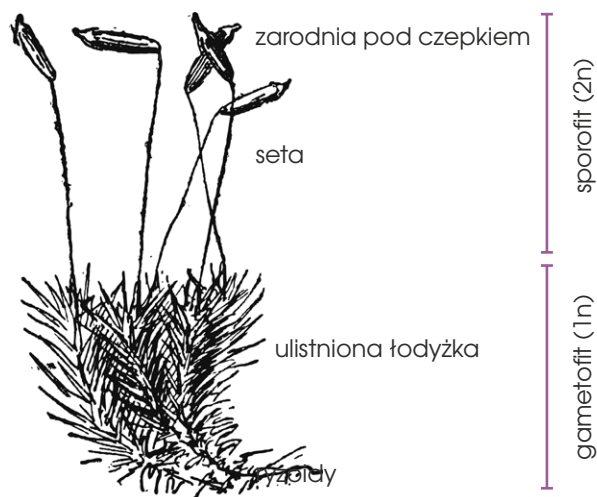
Przystosowanie do niedoboru wody

- **korzenie przybyszowe** – utrzymują roślinę w podłożu i pobierają wodę;

CYKL ROZWOJOWY MCHU JEDNOPIENNEGO



BUDOWA MCHU PŁONNIKA



- tkankami przewodzącymi są: drewno zbudowane z cewek (przewodzi wodę i sole mineralne) oraz łyko zbudowane z **komórek siłowych**; wiązka ma budowę hadrocentryczną – centralnie zlokalizowane drewno otoczone warstwą łyka;
- wytworzenie **zarodników**;
- **zarodnie** paproci zlokalizowane są na liściach zarodnionośnych i zaopatrzone w specjalny pierścień ułatwiający rozsiewanie;
- pokoleniem dominującym jest **sporofit**;
- łodygę pokrywa epiderma z **aparatami szparkowymi** (wymiana gazowa).

Przystosowanie do małego

stężenia CO₂

- wytworzenie dużych powierzchni asymilacyjnych – liści.

Przystosowanie do zróżnicowanego dostępu do składników odżywczych oraz soli mineralnych

- wytworzenie organu przetrwalnego – kłącza.

Przystosowanie do silnego działania czynników mechanicznych

- korzenie przytwierdzające do podłoża;
- tkanka wzmacniająca.

Przystosowanie związane z większym dostępem do światła

- wytworzenie dużych powierzchni asymilacyjnych – liści;
- przewodzenie asymilatów przez łyko;
- miękisz asymilacyjny.

Rośliny zaliczane do paprotników

- **gromada psyłotowe**
- **gromada widłakowe**
 - ♦ klasa **widłaki jednakozarodnikowe**, np. widłak jałowcowaty, widłak goździsty, widłak wroniec;
 - ♦ klasa **widłaki różnazarodnikowe**, np. poryblin jeziorny, poryblin kolczasty;
 - ♦ klasa **widliczki**, np. widliczka ostrozębna, widliczka szwajcarska;
- **gromada skrzypowe**
 - ♦ klasa **skrzypy**, np. skrzyp polny, skrzyp zimowy, skrzyp leśny, skrzyp olbrzymi;
- **gromada paprociowe**
 - ♦ klasa **paprocie: nasięźrzałowe**, np. nasięźrzał pospolity, podejźrzon księżycowy; **cienkozarodniowe**, np. pióropusznik strusi, podrzeń żebrowiec, jęczmnik zwyczajny; **długoszowe**, np. długosz królewski; **salwiniowe**, np. salwinia pływająca; **marsyliowe**, np. marsylia czterolistna, galuszka zwyczajna.

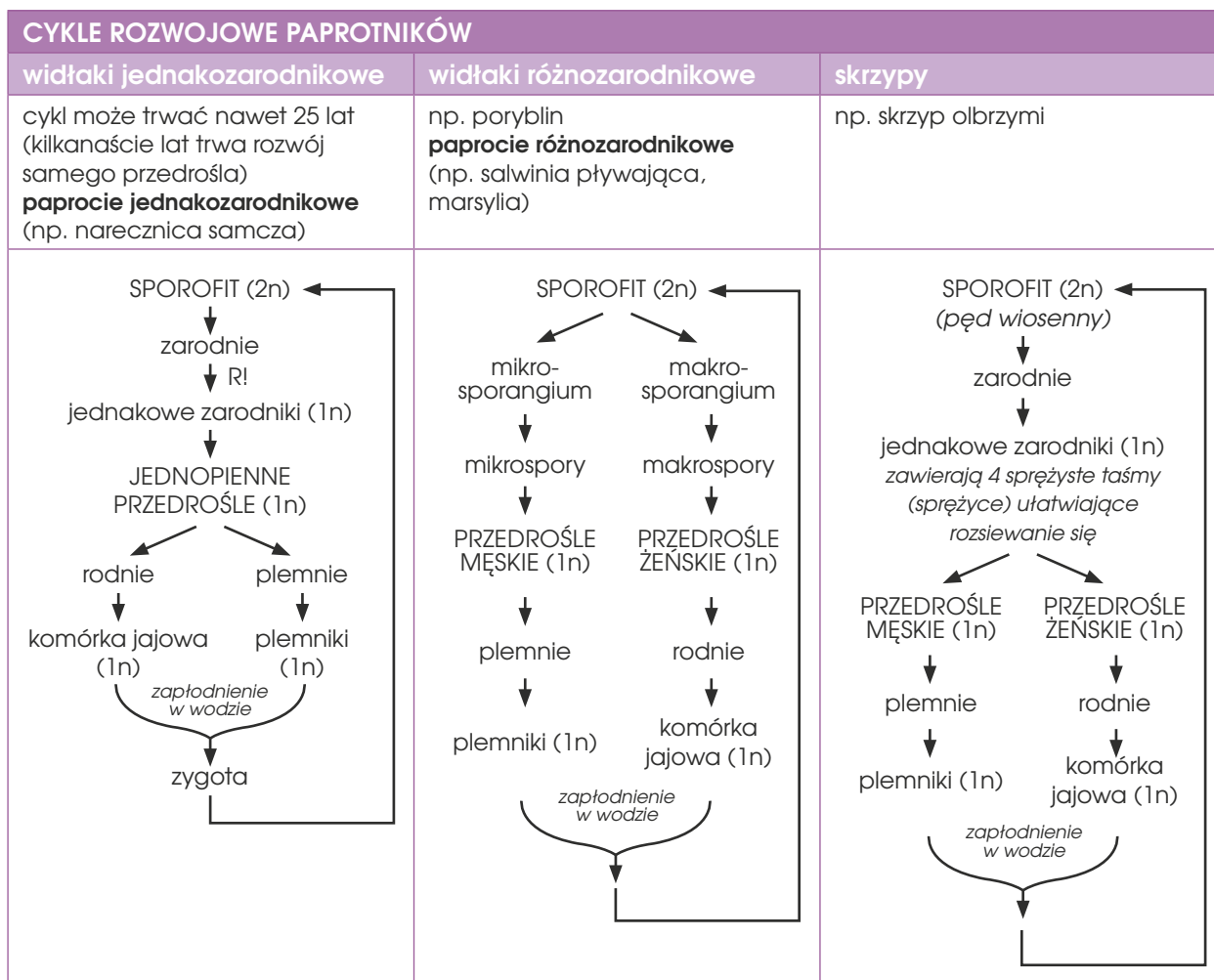
Gametofit paproci

- zielony;
- jednopienny;
- kształt sercowaty;
- przytwierdza się do podłoża za pomocą chwytników;
- zamiera po wytworzeniu sporofitu.

Sporofit paproci

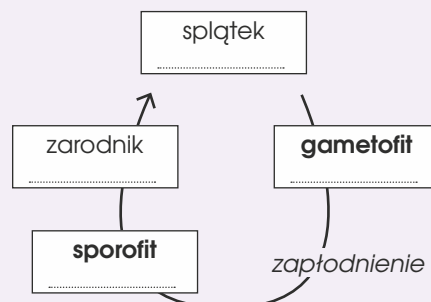
- korzenie przybyszowe;
- łodyga niezdolna do przyrastania na grubość, jest podziemnym **kłęczem**;

- liście makrofile (zawierają wiązkę przewodzącą), z blaszką podzieloną pierzasto; liście mogą być zróżnicowane na **sporo-file** (zarodnionośne) i **trofofile** (odżywcze), blaszka liściowa może być też podzielona na część asymilacyjną i zarodnionośną (np. u długosza królewskiego), młode liście zwinięte pastorałowato;
- zarodnie** skupione są na spodniej stronie liścia w tzw. kupki, czasami chronione zawijką; ścianki zarodni często posiadają specjalny podłużny pierścień komórek o pogrubionych wewnętrznych ścianach, tworzący mechanizm otwierający; w zarodni zachodzi mejoza, w wyniku której z $2n$ tkanki archesporialnej powstają $1n$ zarodniki.



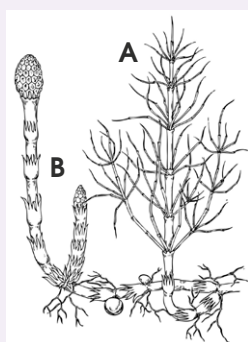
Sprawdź się!

1. Schemat przedstawia cykl życiowy mszaka. Ustal, które z podanych elementów są haploidalne ($1n$), a które diploidalne ($2n$).



2. Podaj nazwę grupy roślin, do której należy przedstawiona na ilustracji roślina, a następnie wymień te jej części, które należą do pokolenia:

A. sporofitu, B. gametofitu.



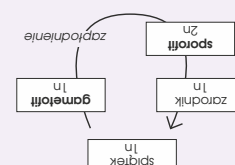
3. Na rysunku przedstawiono dwa rodzaje pędów nadziemnych skrzypu polnego:

A. pęd letni (zielony),

B. pęd wiosenny (bezzieleniowy).

Podaj funkcję tych pędów.

2. mszaki, A. zarodnia, B. ulistniona łodyżka, chwytaki.
3. A – pęd odżywczy, przeprowadza fotosyntezę, B – pęd wytwarzający zarodnie z zarodnikami, umożliwia rozmnażanie bezpłciowe.



Rośliny nagonasienne

Charakterystyka roślin nagonasiennych

- pojawiły się w dewonie z trymerofitów;
- dominowały w erze mezozoicznej, potem zostały wyparte przez okrytonasienne;
- wyróżnia się obecnie około 800 gatunków;
- występują formy jedno- lub dwupienne;
- są wiatropylne;
- mają kwiaty rozdzielнопłciowe bez okwiatu oraz zalążek otoczony pojedynczym integumentem (osłonką);
- do zapłodnienia nie potrzebują wody dzięki łagiewce pyłkowej;
- mają łodygi zdrewniałe o dużym przyroście wtórnym;
- w drewnie występują cewki.

Podział roślin nagonasiennych

Rośliny nagonasienne drobnioliste mają liście pojedyncze w postaci igieł, zdolne do przetrwania kilku okresów wegetacyjnych:

- gromada **miłorzębowe** – miłorząb dwukłapowy (występuje tylko w Chinach);
- gromada **kordaitowe** †;
- gromada **szpilkowe**: araukariowate; podokarpowate; cisowate; sosnowate (świerki, sosny, jodły, modrzewie, limby, kosodrzewina); cyprysnikowate; cyprysowate.

Rośliny nagozalążkowe wielkoliste mają duże, pierzasto podzielone liście:

- gromada **paprocie nasienne** †;
- gromada **benetyty** †;
- gromada **sagowce**;
- gromada **gniotowe**: welwiczja przedziwna.

Cykl rozwojowy sosny

- sosna jest rośliną jednopienną;
- kwiaty są rozdzielнопłciowe, bez okwiatu, tworzą charakterystyczne szyszki: żeńskie są małe, zielono-czerwone, występują na szczycie tegorocznych długopędów, męskie są większe, żółte, pyłace, tworzą szyszkostany.

Szyszka żeńska

Na łusce nasiennej znajdują się dwa nieosłonięte zalążki. **Zalążek** zbudowany jest z pojedynczej osłonki (**integument**) i **ośrodk**a zalążka. Na jednym biegunie zalążka w osłonce znajduje się otwór – okienko, mikropyle.

Ośrodek zalążka zawiera wiele diploidalnych komórek, ale tylko jedna z nich, tzw. macierzysta komórka makrospor, dzieli się mejotycznie, tworząc cztery haploidalne makrospory. Spośród nich trzy degenerują, jedna zaś rozwija się dalej w haploidalne wielokomórkowe pokolenie – gametofit żeński, zwany też **bielmem pierwotnym** lub **przedroślem żeńskim**.

W każdym bielmie pierwotnym znajdują się **dwie rodnie**, a w nich po jednej **komórce jajowej**.

Szyszka męska

Kwiatostan męski zbudowany jest z łuskowatych pręcików osadzonych spiralnie na wspólnej osi – **pręcik** zawiera dwa woreczki pyłkowe.

Woreczki pyłkowe wypełnione są licznymi macierzystymi komórkami mikrospor,

które dzielą się mejotycznie, tworząc liczne haploidalne czterokomórkowe ziarna pyłku, czyli mikrospory.

Pojedyncze **ziarno pyłku** jest właściwym, bardzo zredukowanym **gametofitem męskim** (przedrośle męskie). Dwie spośród czterech komórek ziaren pyłku, tzw. **komórki przedroślowe**, zamierają, pozostałe dwie to **komórka generatywna** i **komórka wegetatywna**. Ziarno pyłku zaopatrzone jest w dwa pęcherze powietrzne.

Po zapyleniu kwiatów żeńskich przez ziarno pyłku komórka wegetatywna wyrasta w **łagiewkę pyłkową** – wąski wyrostek łączący okienko zalążka z wnętrzem rodni, natomiast komórka generatywna, dzieląc się mitotycznie, tworzy dwie gamety męskie – **plemniki**. Jedna komórka plemnikowa łączy się z komórką jajową. Powstaje zygota, z której

rozwinie się zarodek (zbudowany z zawiązka korzeniowego, pączka wierzchołkowego i 5–8 liścieni). Zarodek zostaje otoczony bielmem pierwotnym ($1n$), które powstało z przekształconego gametofitu. Osłonka zalążka przekształca się w **łupinę nasienną** i **skrzydełko**.

Rośliny okrytonasienne (okrytozalążkowe)

Do roślin okrytozalążkowych zaliczamy dwie gromady: jednoliścienne i dwuliścienne. Rośliny te dominują obecnie na Ziemi. Wytwarzają owoce, które stanowią ochronę dla nasion i uczestniczą w ich rozprzestrzenianiu.

Cykl rozwojowy

- sporofit jest zieloną, długotrwałą, dominującą rośliną, doskonale przystosowaną do warunków życia;
- wytwarzanie mikrospor i makrospor następuje w obrębie ośrodka zalążka i woreczka pyłkowego (homologi makro- i mikrosporangium paprotników) ukrytych w elementach generatywnych kwiatu;
- gametofit u okrytozalążkowych jest zredukowany: żeński do siedmiokomórkowego woreczka zalążkowego (u nagozalążkowych wielokomórkowe bielmo pierwotne), męski do dwukomórkowego ziarna pyłku (u nagozalążkowych czterokomórkowe).

Rozwój mikrosporangium i gametofitu męskiego (ziarno pyłku)

- w woreczku pyłkowym (mikrosporangium) z tkanki archesporialnej po podziale

Czy wiesz, że...



Welwiczja przedziwna ma wiele cech roślin okrytonasiennych. Jest endemitem pustyni Namib, ma pień o średnicy 1,2 m, z czego tylko 50 cm znajduje się nad powierzchnią – reszta ukryta jest w głębi ziemi. Posiada dwa taśmowate liście rosnące przez całe życie (100 lat), dochodzące do 3 m długości. Kwiaty są zapylane przez owady.

redukcyjnym powstają jednokomórkowe mikrospory;

- rozwój gametofitu męskiego zachodzi wewnątrz ścian mikrospory;
- protoplast mikrospory dzieli się na dwie komórki pozbawione własnych ścian: większą vegetatywną (łagiewkową) i mniejszą generatywną (plemnikotwórczą); to dwukomórkowe ziarno pyłku jest zredukowanym przedroślem męskim, którego dalszy rozwój przebiega na znamieniu słupka;
- komórka vegetatywna kiełkuje w łagiewkę pyłkową doprowadzającą wytworzone przez komórkę generatywną komórki plemnikowe do zalążka.

Rozwój makrospory i gametofitu żeńskiego (woreczka zalążkowego)

- w ośrodku zalążka (**makrosporangium**) z komórki archesporialnej (po podziale redukcyjnym) powstają cztery makrospory;
- trzy z nich zanikają, jedna rozwija się w woreczek zalążkowy (zredukowany gametofit żeński);

- w wyniku trzech podziałów mitotycznych jądra makrospory powstaje osiem jąder;
- trzy z nich utworzą aparat jajowy (synergidy i komórka jajowa), kolejne trzy – komórki zwane antypodami, dwa pozostałe jądra pozostaną w komórce centralnej jako jądra biegunowe (czasem zlewają się, tworząc diploidalne wtórne jądro woreczka zalążkowego).

Podwójne zapłodnienie

- wrastająca do woreczka zalążkowego łagiewka pyłkowa uwalnia w nim dwie komórki plemnikowe;
- jedna z nich zapładnia komórkę jajową (powstaje zygota, a z niej zarodek);
- druga łączy się z dwoma jądrami biegunowymi lub diploidalnym wtórnym jądrem woreczka zalążkowego (powstaje triploidalna komórka, z której rozwija się triploidalne bielmo wtórne).

POWSTAWANIE WORECZKA ZALĄŻKOWEGO

obupłciowe kwiaty

→ pręciki → ziarna pyłku (mikrospora)

→ słupki → zalążnia → zalążki z dwoma osłonkami

→ w ośrodku powstają 4 makrospory
3 z nich zamierają, a czwarta rozwija się w gametofit żeński:
woreczek zalążkowy



PORÓWNANIE ROŚLIN NAGONASIENNYCH I OKRYTONASIENNYCH		
cecha	nagonasienne	okrytonasienne
formy życiowe	drzewa, krzewy	rośliny zielne, krzewinki, krzewy, drzewa
łodygi	zdrewniałe	zdrewniałe i zielone
liście	igły: wąskie, mała powierzchnia asymilacyjna zimotrwałe, wieloletnie (wyjątek modrzew – traci igły na zimę) unerwienie słabo widoczne obecne przewody żywiczne w mezofilu mięksisz asymilacyjny nieodróżniony	liście: równowąskie (jednoliścienne) lub szerokie, różnokształtne (dwuliścienne) – duża powierzchnia asymilacyjna opadają na zimę, dobrze widoczne unerwienie, brak przewodów żywicznych, mięksisz asymilacyjny najczęściej odróżniony na palisadowy i gąbczasty
kwiaty	jednopłciowe i pozbawione okwiatu (wyjątek benetyty i gniotowce)	przeważnie obupłciowe, okwiat odróżniony na kielich i koronę (dwuliścienne)
kwiaty żeńskie	owocolistki	słupki
kwiaty męskie	szyszka (wiele pręcików osadzonych na wspólnej osi)	pręciki
ziarno pyłku	z pęcherzami powietrznymi	bez pęcherzy powietrznych
zalążek	jedna osłonka, niczym nie okryty, wolno leżący na owocolistku	dwie osłonki, ukryty w zalążni słupka
zapylenie	wiatropylność (wyjątek gniotowce – owadopylność)	zwierzęcopylność, wiatropylność, wodopylność, samopylność
gametofit żeński	wielokomórkowe bielmo pierwotne (1n) zawierające dwie rodnie z komórką jajową	siedmiokomórkowy woreczek zalążkowy
gametofit męski	ziarno pyłku: komórki przedroślowe, komórka wegetatywna, komórka generatywna, pęcherze powietrzne	ziarno pyłku: komórka wegetatywna, komórka generatywna
zapłodnienie	pojedyncze: komórka plemnikowa (1n) + komórka jajowa (1n) → zygota (2n) druga komórka plemnikowa zanika	Podwójne: komórka plemnikowa (1n) + komórka jajowa (1n) → zygota (2n) druga komórka plemnikowa (1n) + wtórne jądro woreczka zalążkowego (2n) → bielmo (3n)
nasiona	organ przetrwalny, nieosłonięty, ma kilka liścieni, np. 5, 8, bielmo pierwotne (1n)	organ przetrwalny, osłonięty owocnią, ma jeden lub dwa liścienie, bielmo wtórne (3n)
owoce	nie występują	występują
pochodzenie ewolucyjne	od paprotników różnozarodnikowych	od wczesnych form nagonasiennych
drewno	zbudowane głównie z cewek, mniej zróżnicowane	zbudowane głównie z naczyń, bardziej zróżnicowane
łyko	zbudowane z komórek sitowych	zbudowane z rurek sitowych

PORÓWNANIE ROŚLIN JEDNOLIŚCIENNYCH I DWULIŚCIENNYCH		
cecha	jednoliścienne	dwuliścienne
liczba liści w zarodku	1	2
nasiona	najczęściej bielmowe	często bezbielmowe
system korzeniowy	wiązkowy	palowy
ułożenie wiązek przewodzących w łodydze	nieregularne, rozproszone	regularne, w postaci pierścienia
charakter wiązek	wiązki zamknięte (brak kambium)	wiązki otwarte (kambium obecne między drewnem a tykiem)
budowa liści	pojedyncze siedzące (brak ogonka liściowego) unerwienie równoległe blaszka całobrzega miękisz niezróżnicowany, zwarty	pojedyncze i złożone obecny ogonek liściowy unerwienie dłoniaste lub pierzaste blaszka całobrzega lub powycinana miękisz zróżnicowany na palisadowy i gąbczasty
	aparaty szparkowe mniej liczne i większych rozmiarów	aparaty szparkowe liczne i mniejszych rozmiarów
kwiaty	rozdzielnopłciowe, trzykrotne	obupłciowe, czterokrotne lub pięciokrotne
okwiat	niezróżnicowany lub brak	zróżnicowany na działki kielicha i płatków korony
formy roślinne	• dominują rośliny zielne: • jednoroczne, np. zboża • wieloletnie (byliny), np. konwalia, trawy • wyjątkowo formy drzewiaste, np. palmy	• rośliny zielne: • jednoroczne, np. słonecznik, • dwuletnie, np. marchew, • wieloletnie np. poziomka • krzewinki, np. wrzós • krzewy, np. róża, bez • drzewa, np. wierzba
liczba rodzin	67	264
okres powstania	kreda	kreda
ewolucyjni przodkowie	pierwotne dwuliścienne	benetyty
najważniejsze rodziny	• liliowate, np. konwalia, tulipan, por, czosnek • trawy, np. ryż, kukurydza, owies, bambus • storczykowate, np. wanilia, obuwik • turzycowate, np. turzyca, wełnianka • palmy, np. kokosowa, daktylowa	• jaskrowate, np. zawilec • różowate, np. truskawka, głóg • motylkowate, np. koniczyna • krzyżowe, np. kalafior, kapusta • złożone, np. słonecznik, sałata • psiankowate, np. ziemniak • kaktusowate, np. opuncja • baldaszkowate, np. marchew • skalnicowate, np. porzeczka • gruboszowate, np. rozchodnik • komosowate, np. szpinak
przyrost korzenia na grubość	nie występuje u większości gatunków	występuje, zwłaszcza u form drzewiastych
przyrost łodygi na grubość	nie występuje, z wyjątkiem niektórych gatunków, np. palma, dracena, aloes (przyrost nietypowy)	występuje

Sprawdź się!

1. Uzupełnij tabelę, wpisując X w odpowiednich miejscach.

cecha	mszaki	paprotniki	nagonasienne	okrytonasienne
uzależnienie rozmnażania od obecności wody				
wytwarzanie kwiatów				
wytwarzanie owoców				
wytwarzanie zarodników				
wytwarzanie nasion				
dominacja gametofitu				

2. Ustal przynależność wymienionych gatunków roślin do grup systematycznych, wpisując ich nazwy do tabeli.

sosna zwyczajna, miłorząb dwuklapowy, mniszek lekarski, dąb szypułkowy, strzałka wodna, grzybień biały, cis pospolity, modrzew polski, kosodrzewina, limba, nerecznica samcza, porostnica wielokształtna

mszaki	paprotniki	nagonasienne	okrytonasienne

3. Wskaż dwa zdania **błędne** i uzasadnij wybór każdego z nich.

- A. Powstanie nasion u iglastych poprzedza proces podwójnego zapłodnienia.
- B. Kanały żywiczne u roślin iglastych wypełnia substancja zabezpieczająca roślinę przed infekcjami.
- C. Podstawowym elementem ksylemu iglastych są naczynia, floemu zaś – rurki sitowe.
- D. U mszaków pokoleniem dominującym jest gametofit, a sporofit dominuje u paprotników i nasiennych.
- E. Występujący w igłach miękisz asymilacyjny wieloramienny charakteryzuje się silnie pofałdowaną powierzchnią.

Odpowiedzi na następnej stronie

Odpowiedzi do zadań z poprzedniej strony

1.

cecha	mszaki	paprotniki	nagonasienne	okrytonasienne
uzależnienie rozmnażania od obecności wody	x	x		
wytwarzanie kwiatów			x	x
wytwarzanie owoców				x
wytwarzanie zarodników	x	x		
wytwarzanie nasion			x	x
dominacja gametofitu	x			

2.

mszaki	paprotniki	nagonasienne	okrytonasienne
porostnica wielokształtna	narecznica samcza	sosna zwyczajna, miłorząb dwukłapowy, cis pospolity, modrzew polski, kosodrzewina, limba	mniszek lekarski, dąb szypułkowy, strzałka wodna, grzybień biały

3. A. Podwójne zapłodnienie występuje u roślin okrytonasiennych.

C. Ksylem zbudowany jest z cewek, floem – z komórek sitowych.

ORGANY ROŚLINNE

Korzeń

Systemy korzeniowe

- **palowy** (fasola, mniszek) – zbudowany z korzenia głównego i korzeni bocznych;
- **wiązkowy** (zboża, trawy) – zbudowany z licznych korzeni wyrastających z części nasadowej wcześniej obumierającego korzenia zarodkowego lub podstawy pędu.

Rodzaje korzeni

- **pierwotne**;
- **przybyszowe** – wyrastają z łodygi, liści lub innych części roślin – np. powietrzne epifitów, czepne pnączy, podporowe kukurydzy, oddechowe niektórych roślin bagiennych.

Strefy korzeniowe

- **stożek wzrostu** (osłonięty czapeczką);
- **strefa wydłużania**;
- **strefa włósnikowa**;
- **strefa korzeni bocznych**.

Budowa pierwotna korzenia – charakterystyczny układ tkanek stałych, powstający w wyniku działalności merystemu wierzchołkowego.

Budowa wtórna korzenia – układ tkanek stałych powstający w wyniku działalności merystemów wtórnych (kambium i fellogenu):

- **kambium** – produkuje komórki drewna wtórnego do wnętrza walca, komórki łyka wtórnego – na zewnątrz;

- **fellogen** – produkuje komórki miękiszu fellodermy do wnętrza, komórki korka na zewnątrz.

Funkcje korzeni

- umocowują roślinę w podłożu;
- pobierają wodę z solami mineralnymi z gleby;
- ochraniają glebę przed erozją wodną lub wietrzną; powodują rozkruszanie skał, przyczyniając się do powstawania gleby;
- korzenie roślin motylkowych wchodzi w symbiozę z bakteriami brodawkowymi asymilującymi azot atmosferyczny (brodawki korzeniowe);

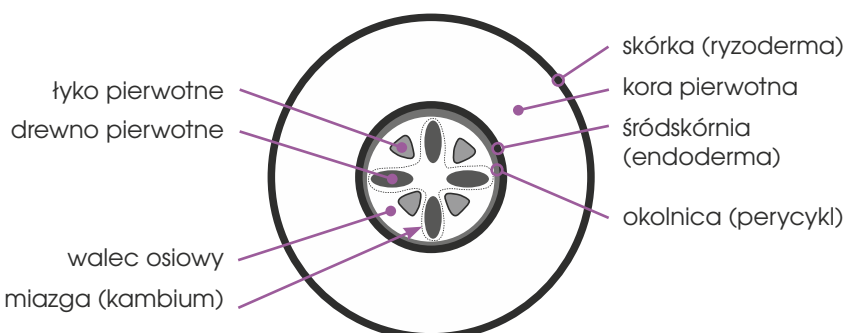
- wchodzi w symbiozę z grzybami: mikoryza ektotroficzna (np. dąb, brzoza, śliwa, jabłoń), mikoryza endotroficzna (np. rośliny zbożowe).

Modyfikacje korzeni

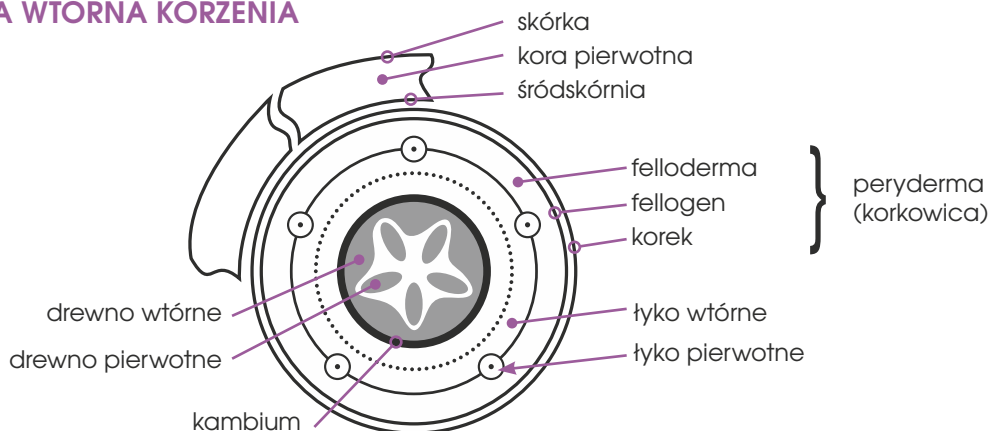
(dodatkowe funkcje)

- korzenie spichrzowe, np. pietruszka, marchewka, burak;
- korzenie kurczliwe, np. lilia, krokus – mają zdolność kurczenia się i wciągania fragmentów roślin (np. cebulek) pod powierzchnię ziemi, co chroni je przed niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi;
- bulwy korzeniowe, np. dalia;

BUDOWA PIERWOTNA KORZENIA



BUDOWA WTÓRNA KORZENIA



- korzenie podporowe, np. kukurydza, figowce, monstera, pandan;
- korzenie czepne, np. pnącza, epifity;
- korzenie powietrzne – pokryte wielowarstwową skórką (welamenem) mającą zdolność wchłaniania wody z powietrza; niektóre epifity;
- korzenie oddechowe (**pneumatofory**), np. namorzyny;
- korzenie asymilacyjne, np. niektóre storczyki;
- korzenie pasożytów (**haustoria** – ssawki), jemiola, kaniańka.

Łodyga

PĘD = ŁODYGA + LIŚCIE

Rodzaje łodyg

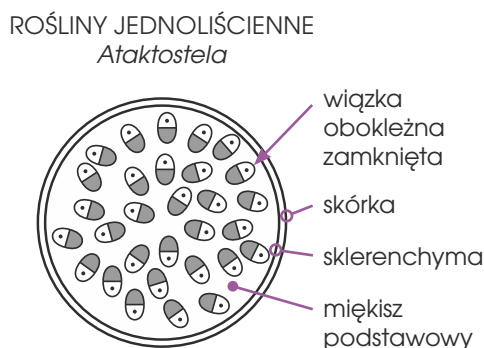
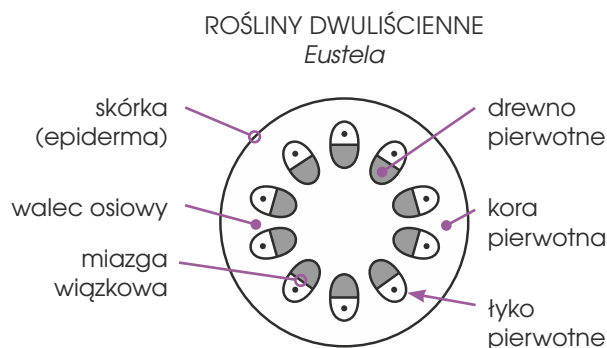
Podział ze względu na budowę:

- **zdrewniałe** – u drzew, krzewów, krzewinek;
- **zielne** – u roślin jednorocznych, np. groch, dwuletnich, np. marchew; roślin wieloletnich, np. tulipan;

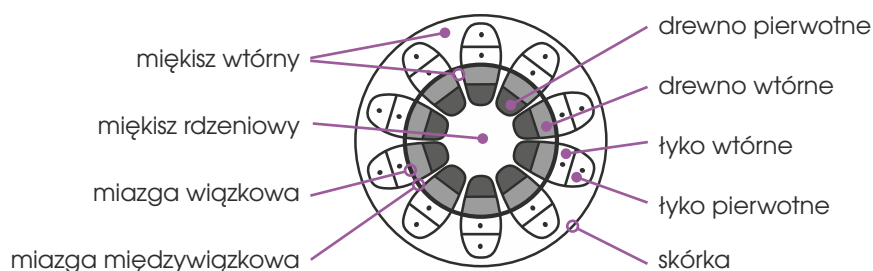
Podział ze względu na typ środowiska, w którym wyrastają

- podziemne:
 - ♦ kłącza (np. kosaciec);
 - ♦ bulwy (np. ziemniak);

BUDOWA PIERWOTNA ŁODYGI



BUDOWA WTÓRNA ŁODYGI



- ♦ rozłogi (np. perz);
- ♦ cebula (np. tulipan);
- nadziemne:
 - ♦ wzniesione: wijące się (powój); pnącza; czepne (winorośl); źdźbła (trawy); zdrewniałe; zielne;
 - ♦ płózące: rozłogi (truskawka).

Podział ze względu na zawartość

chloroplastów

- zieleniowe;
- bezzieleniowe (pasożyty np. kianiaka).

Podział ze względu na długość międzywęźli

- długopędy;
- krótkopędy.

Funkcje łodygi

- jest rusztowaniem dla liści;
- utrzymuje kwiaty i owoce;
- transportuje wodę i substancje odżywcze.

Modyfikacje łodyg (dodatkowe funkcje)

- spichrzowa (ziemniak);
- gromadzenie wody (kaktusy);
- czepna (np. wąsy u winorośli);

- ochronna (np. ciernie głogu – zawierają wiązki przewodzące);
- asymilacyjna (np. opuncja);
- przetrwalna – bulwy, cebule, kłącza;
- rozmnażanie wegetatywne – rozłogi, kłącza, bulwy, rozmnóżki, sadzonki pędowe.

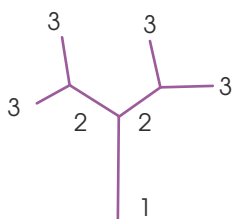
Budowa pierwotna łodygi – charakterystyczny układ tkanek stałych jest wynikiem działalności stożka wzrostu łodygi.

Budowa wtórna łodygi jest wynikiem działalności dwóch merystemów bocznych: kambium i fellogenu. Merystemy te wytwarzają nowe tkanki przewodzące: drewno i łyko wtórne oraz tkankę okrywającą, korek.

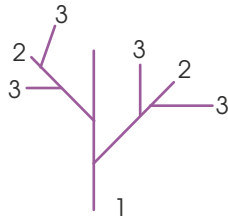
Sezonowa działalność kambium (w klimacie umiarkowanym) powoduje powstanie słojów przyrostu rocznego:

- **drewno wiosenne** – komórki duże, cienkościenne (drewno jaśniejsze);
- **drewno letnie** – komórki małe z grubymi ścianami (drewno ciemniejsze).

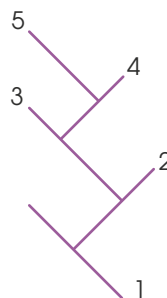
ROZGAŁĘZIENIA PĘDÓW



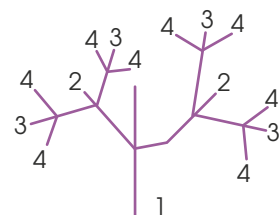
widlaste
dychotomiczne
(widłaki)



jednoosiowe
monopodialne
(drzewa iglaste, dąb)



wieloosiowe
sympodialne
(lipa, drzewa owocowe)



pozornie widlaste
pseudodychotomiczne
(jemioła, magnolia)

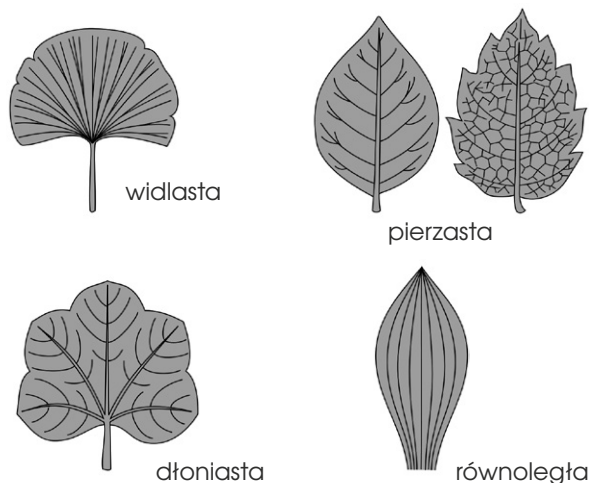
Liść

Rodzaje liści w zależności od stadium rozwojowego rośliny

- **liścienie** – liście zarodkowe, powstają w trakcie rozwoju zarodka w nasieniu; u niektórych roślin liścienie w nasionach pełnią również funkcje spichrzowe, np. u fasoli, kapusty;
- **liście dolne**;
- **liście właściwe**.

Nerwacja, czyli układ wiązek przewodzących w liściu, może być:

- **widlasta** (niektóre paprocie, miłorząb japoński);
- **pierzasta** (rośliny dwuliścienne);
- **dłoniasta** (rośliny dwuliścienne);
- **równoległa** (rośliny jednuliścienne).



Heterofilia to różnorodność liści pojawiająca się w zależności od warunków środowiska, np. strzałka wodna wykształca liście podwodne (taśmowate), pływające (owalne), nadwodne (strzałkowate).

Budowa anatomiczna liścia

Epiderma

- **kutykula** – pokrywa zewnętrzną powierzchnię liścia od góry i dołu;
- **aparaty szparkowe** – na powierzchni górnej (liść epistomatyczny) lub dolnej (hipsostomatyczny);
- **komórki epidermy**.

Mezofil

Składa się z dwóch rodzajów miękiszu:

- **miękisz gąbczasty** – w dolnej części liścia;
- **miękisz palisadowy** – w górnej części liścia.

Wiązki przewodzące

- **drewno**;
- **łyko**.

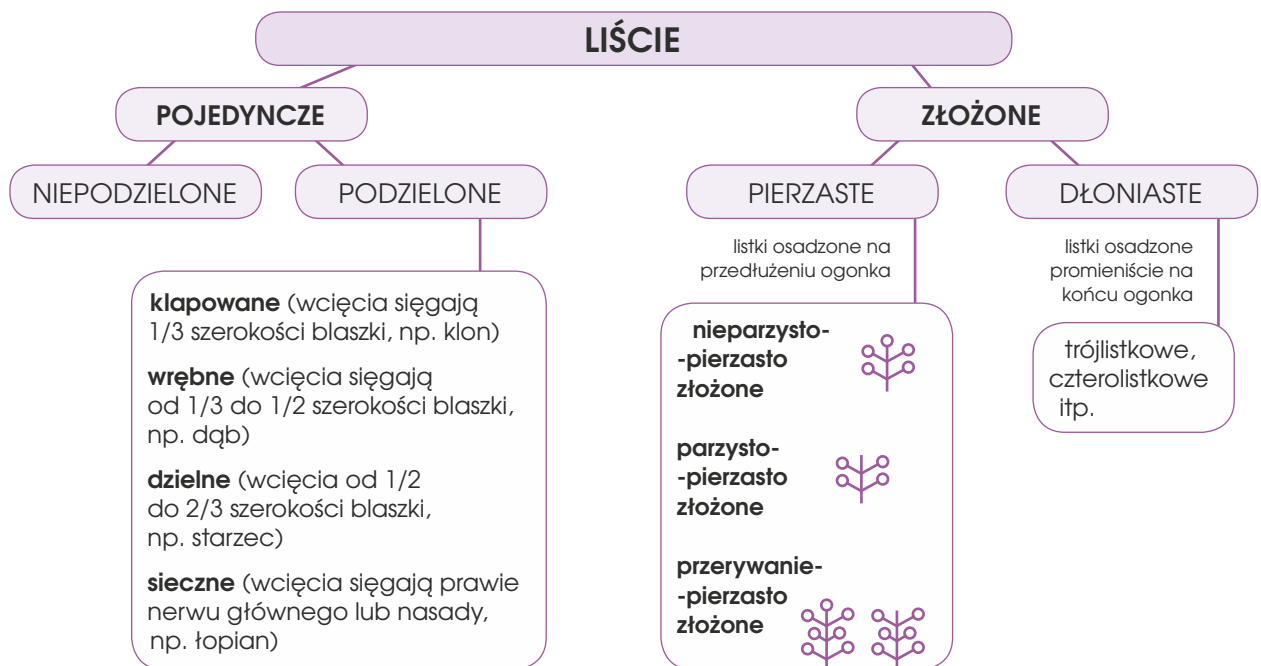
Funkcje liści

Liście biorą udział w procesie fotosyntezy, wymianie gazowej oraz transpiracji (szparkowej, kutykularnej).

TYPY ULISTNIENIA

skrętoległe	naprzeciwległe	okółkowe
1 liść w węźle	2 liście w węźle	wiele liści w węźle
wierzba, len, szczaw	pokrzywa, bez lilak	jałowiec, moczarka kanadyjska, przęstka pospolita

RODZAJE LIŚCI



Modyfikacje liści

(dodatkowe funkcje)

- liście spichrzowe, np. cebula;
- ochronne, np. łuskowate cebuli;
- magazynujące wodę, np. aloes;
- czepne, np. groch;
- pułapki, np. dzbanecznik, rosiczka;
- powabnie (okwiat), wabią zwierzęta zapylające;
- liście generatywne – przekształcone w pręciki i słupki.

Organy generatywne

Kwiat

Skrócony pęd o ograniczonym wzroście, służący do rozmnażania płciowego. Składa się z:

- **części płonnej (okwiatu)** – wabi owady, pełni funkcje ochronne:
 - ♦ kielich;
 - ♦ korona;
- **części generatywnej:**
 - ♦ pręcik (mikrosporofile);
 - ♦ słupek – powstaje ze zrośnięcia owocolistków (makrosporofili).

Rodzaje kwiatów

- **płonne** – nie zawierają elementów generatywnych, np. jęczyczkowe, zewnętrzne kwiaty słonecznika, stokrotki;

- **obupłciowe** – zawierają słupki i pręciki (jabłoń, tulipan, róża);
- **rozdzielnopłciowe** (np. wierzba) – **męskie** (zawierają tylko pręciki), **żeńskie** (zawierają tylko słupki).

Rośliny dwupienne – na jednym osobniku kwiaty męskie, na innym żeńskie (wierzba, chmiel).

Rośliny jednopienne – na tym samym osobniku występują oba typy kwiatów (sosna, kukurydza, leszczyna).

Kwiaty występują pojedynczo lub skupione są w większej liczbie na rozgałęzionych pędach, tworząc **kwiatostany**.

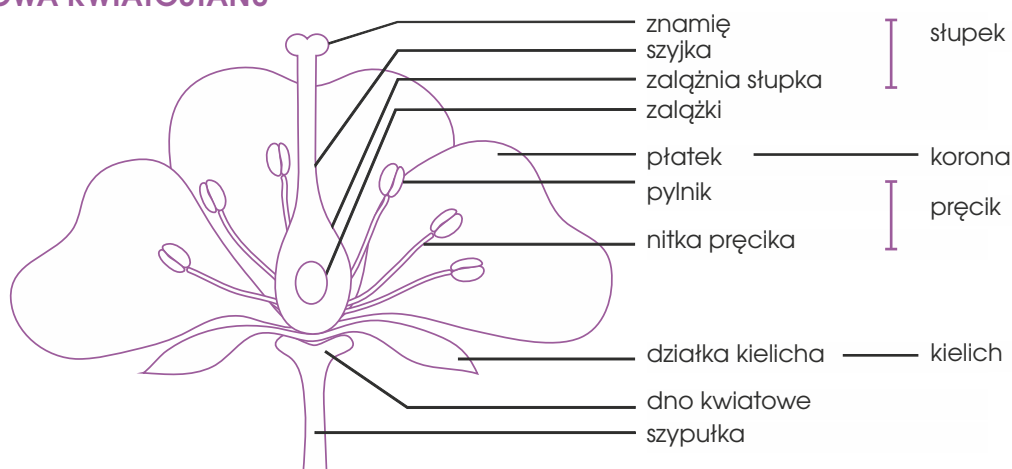
Sposoby zapylania kwiatów

- **samopylność**;
- **obcopenność**:
 - ♦ **hydrogamia** – zapylenie przez wodę;
 - ♦ **anemogamia** – zapylenie przez wiatr;
 - ♦ **zoogamia** – zapylenie przez zwierzęta: **chiroptetogamia** – przez nietoperze; **ornitogamia** – przez ptaki; **entomogamia** – przez owady.

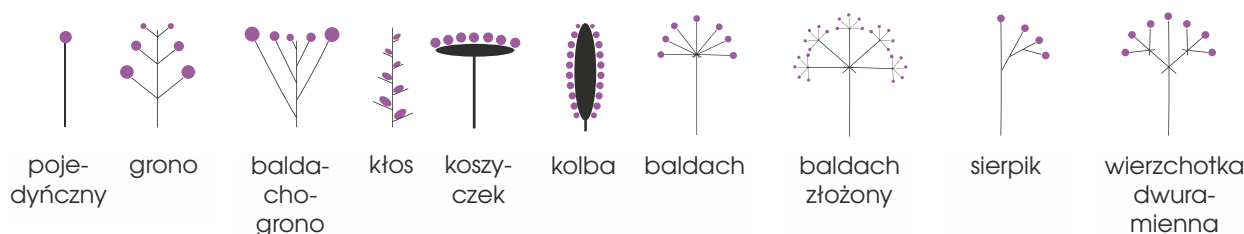
Nasiono

Nasiono to twór przetrwalnikowy rośliny służący do rozsiewania, powstający z zalążka w wyniku zapłodnienia. Wyróżniamy nasiona **bielmowe**, **obielmowe** i **bezbilmowe**.

BUDOWA KWIATOSTANU



TYPY KWIATOSTANÓW



Owoc

Owoc to organ charakterystyczny dla okrytonasiennych, chroniący nasiona i uczestniczący w ich rozsiewaniu. Budują go trzy warstwy:

- warstwa zewnętrzna, egzokarp – skórka, zaopatrzona w aparaty lotne lub czepne, umożliwiające rozsiewanie nasion;
- warstwa pośrednia, mezokarp, śródkórnia – może być sucha (np. u fasoli) lub soczysta, zawierająca miękisz magazynujący substancje organiczne (np. u jabłoni);
- warstwa wewnętrzna, endokarp – tkanka tworząca ścianę komory nasiennej (np. pestkę u śliwy).

Owoce pojedyncze powstają z jednej zalążni. Jeżeli w kwiecie jest wiele słupków, z każdego z nich może rozwinąć się pojedynczy owoc. Dzielimy je na suche i mięsiste, w zależności od tego, czy ściana zalążni wysycha, czy staje się mięsista i soczysta.

Owoce zbiorowe powstają z wielu zalążni jednego wielosłupkowego kwiatu.

W tworzeniu owocu zbiorowego dużą rolę odgrywa dno kwiatowe, które rozrasta się, utrzymując razem drobne owoce. Należą do nich także owoce rzekome (szupinkowe), np. gruszy, jabłoni.

Owocostany – powstają z przekształcenia całych kwiatostanów, a w ich tworzeniu, oprócz zalążni wielu kwiatów, mogą brać udział także dna kwiatowe, okwiat, liście przykwiatowe i oś kwiatostanu.

Sposoby rozsiewania owoców i nasion

- **autochoria (samorzutne)** – rozsiewanie przy wykorzystaniu wewnętrznych mechanizmów rośliny (np. niecierpek);
- **barochoria** – rozsiewanie pod wpływem grawitacji;
- **anemochoria** – rozsiewanie przez wiatr (wiatrosiewność);
- **hydrochoria** – rozsiewanie przez wodę;
- **zoochoria** – rozsiewanie za pośrednictwem zwierząt;
- **antropochoria** – rozsiewanie za pośrednictwem człowieka.

KLASYFIKACJA OWOCÓW

pojedyncze			zbiorowe	owocostany
suche		mięsiste		
pękające	niepękające			
mieszek (piwonia) strąk (groch) torebka (bawełna) łuszczyzna (rzepak) łuszczyńka (lewkonía)	orzech jednonasienny orzech właściwy (żołędź) ziarniak (trawy) niełupka (słonecznik) rozłupka (kminek)	jagoda (agrest) pestkowiec (wiśnia)	szupinkowy jabłoni wielopestkowy (malina) wieloorzeszkowy (poziomka) wieloniełupka (ślaz)	jagodostan ananasa owocostan pestkowcowy figi owocostan orzeszkowy morwy

Sprawdź się!

1. Różnice w budowie organów roślin mają związek z funkcjami pełnionymi przez te organy. Wykaż słuszność powyższego stwierdzenia na przykładzie skórki korzenia i liścia roślin okrytonasiennych.

2. Każdy z wymienionych organów rośliny połącz z pełnionymi przez niego funkcjami.

Organy:

A. liść

B. łodyga

C. korzeń

D. kwiat

Funkcje:

1. przewodzi produkty fotosyntezy

2. utrzymuje roślinę w podłożu

3. przewodzi wodę z solami mineralnymi

4. zapewnia wymianę gazową

5. wytwarza substancje odżywcze w procesie fotosyntezy

6. pobiera wodę z solami mineralnymi

7. zwabia owady i uczestniczy w rozmnażaniu płciowym

3. Spośród następujących określ:

łagiewka pyłkowa, zarodniki, rodnia, przedrośle, załącznia,

owoc, kwiat, spletek, zarodnia

podkreśl te, które dotyczą roślin nasiennych.

zarodnia.

3. łagiewka pyłkowa, zarodniki, rodnia, przedrośle, załącznia, owoc, kwiat, spletek,

2. A – 4, 5; B – 1, 3; C – 2, 6; D – 7.

swobodne dyfundowanie gazów.

na wymianę gazową i udział w transpiracji. Przesłany międzykomórkowy umożliwiaj
i gębca) umożliwiający przeprowadzanie fotosyntezy. Aparaty szparkowe pozwalają
co ogranicza parowanie. Wewnątrz liścia znajduje się sieć naczynek (palisadowy
zwiększa się powierzchnia pochłaniania promieni słonecznych, pokrywają kutykłą,
wody z gleby. Liść roślin okrytonasiennych posiada dużą powierzchnię, dzięki czemu
1. Skórka korzenia posiada długie włoski, które zwiększają powierzchnię pobierania

FORMY EKOLOGICZNE ROŚLIN

PODZIAŁ ROŚLIN ZE WZGLĘDU NA GOSPODARKĘ WODNĄ

formy		budowa	
		morfologiczna	anatomiczna
hydrofity – rośliny środowisk wodnych, np. strzałka wodna, grązł żółty, pływacz, grzybień biały, rzęsa, rogatek		- korzeń słabo wykształcony lub brak - liście o dużej powierzchni - brak kutykuli - brak lub mało aparatów szparkowych - łodyga giętka	- silnie rozwinięty miękisz gąbczasty - brak miękiszu palisadowego - obecność aerenchymy - brak tkanek wzmacniających - słabo wykształcona tkanka przewodząca
higrofity – rośliny wilgociolubne, np. szczawik zajęczy, paprocie, mchy, storczyk szerokolistny, zawilec gajowy, piżmaczek wiosenny		- słabo rozwinięty korzeń - dużo aparatów szparkowych po obu stronach blaszki liściowej	- wiele warstw miękiszu asymilacyjnego - słabo rozwinięta tkanka wzmacniająca i przewodząca - duże przestwory międzykomórkowe
mezofity – rośliny środowisk o wilgotności średniej i zmiennej, zaliczamy tu rośliny występujące w klimacie umiarkowanym		liście średniej wielkości z aparatami szparkowymi na spodniej stronie	dobrze wykształcone tkanki wzmacniające i przewodzące
kserofity – rośliny środowisk suchych	sukulenty – gromadzą wodę, np. kaktus, agawa, rozchodnik	- grube, soczyste łodygi (np. kaktus) lub liście (np. agawa) - liście zredukowane, przekształcone w ciernie lub łuski - silnie skutynizowana, wielowarstwowa skórka z nalotem woskowym	silny rozwój miękiszu wodonośnego
	sklerofity – zdolne do ograniczonej transpiracji, np. oleander, wrzos	- pędy twarde, skórzaste - silnie rozwinięty system korzeniowy sięgający wód gruntowych - skórka z grubą warstwą kutykuli i woskiem - obecny kutner - aparaty szparkowe w zagłębieniach	- słabe uwodnienie tkanek - silnie rozwinięta tkanka przewodząca i wzmacniająca

PODZIAŁ ROŚLIN ZE WZGLĘDU NA ZAPOTRZEBOWANIE NA ŚWIATŁO

charakterystyka	stenofotyczne		euryfotyczne
	skiofity	heliofity	
cechy	cieniolubne, duże liście, brak kutykuli, miękisz gąbczasty zawiera dużo chloroplastów	światłolubne, liście o grubej skórce, pokrytej kutykulą, dobrze rozwinięty miękisz palisadowy	zasadniczo obojętne na intensywność oświetlenia, występują w różnych siedliskach
przykłady	groszek wiosenny, zawilec gajowy, paprocie	kaktusy, agawy, słonecznik, kukurydza, soja	szalwia łąkowa, rumianek bezpromieniowy, macierzanka piaskowa

Transport substancji w roślinie

Przystosowanie roślin do transportu substancji

Korzeń posiada włosniki, czyli wyrostki ryzodermis zwiększające około dwudziestokrotnie jego powierzchnię chłonną. Ich ściana komórkowa jest cienka i łatwo przepuszczalna. U niektórych roślin powierzchnia chłonna korzenia zwiększona jest dzięki mikoryzie. Epifity posiadają welamen umożliwiający pobieranie wody z powietrza.

Do transportu wody i soli mineralnych w roślinie służy **tkanka przewodząca**. Przepływ odbywa się w drewnie przez cewki i naczynia.

W błonach komórkowych włosników znajdują się **białka nośnikowe** pobierające jony z roztworu glebowego na drodze transportu aktywnego.

Potencjał wody (Ψ) to zdolność komórek rośliny do pochłaniania lub oddawania wody. Jest równy różnicy ciśnienia hydrostatycznego (turgorowego) P i ciśnienia osmotycznego π . Mierzymy go w megapaskalach (MPa).

$$\Psi = P - \pi$$

Mechanizmy pobierania i transportu wody

Mechanizm bierny (pasywny) – transport, który nie wymaga wydatkowania energii:

- odbywa się dzięki **transpiracji**;
- woda płynie w naczyniach, tworząc cienkie słupy, które trudno rozerwać dzięki takim jej właściwościom, jak **kohezja** (wzajemne

przyciąganie cząsteczek wody) i **adhezja** (przyciąganie cząsteczek wody do ścian cewek lub naczyń).

Mechanizm czynny (aktywny) – transport, który wymaga zużycia energii:

- występuje przy braku lub ograniczeniu transpiracji (np. na wiosnę, gdy roślina nie wytworzyła jeszcze liści lub przy dużej wilgotności powietrza);
- wymaga dostarczenia energii uzyskanej w procesie oddychania;
- polega na aktywnym pobieraniu jonów przez korzeń i osmotyczny napływ wody;
- w elementach przewodzących drewna napływ wody powoduje wytworzenie się ciśnienia hydrostatycznego (**parcia korzeniowego**) tłoczącego wodę w górę;
- przejawem parcia korzeniowego jest **gutacja** (wydzielanie wody w postaci ciekłej przez hydatory) oraz **wiosenny płacz roślin** (wydzielanie wody w postaci ciekłej z naciętych wiosną pni drzew).

Etapy transportu

Etap 1: Osmotyczne pobieranie wody

i transport poziomy w poprzek korzenia

roztwór glebowy → włosniki →
→ kora pierwotna → walec osiowy →
→ elementy przewodzące drewna

Odbywa się głównie przez:

- **kanal apoplastyczny**, czyli wzdłuż ścian komórkowych w przestrzeniach między włóknami celulozy oraz przez przestrzenie międzykomórkowe (głównie woda);

- **kanal symplastyczny**, czyli przez protoplasty komórek i plazmodesmy (głównie sole mineralne).

Etap 2: Transport pionowy z korzeni do liści przez drewno w łądydze

Etap 3: Transport poziomy przez tkanki liścia i transpiracja (kanal apoplastyczny, symplastyczny)

elementy przewodzące drewna →
→ miękisz liścia →
→ aparaty szparkowe (kutykula) →
→ transpiracja

Transpiracja to parowanie wody z powierzchni ciała rośliny (głównie liści):

- **kutykularna** – parowanie ze skórki pokrytej kutykulą (wosk i kutyna); zależna od grubości kutyny, obecności martwych lub żywych włosków na epidermie;
- **przetchlinkowa** – parowanie z przetchlinek w korku;
- **szparkowa** – parowanie przez aparaty szparkowe.

Mechanizm działania aparatów szparkowych

- **otwarcie** (światło, dostępność wody, niskie stężenie CO_2) – osmotyczny napływ wody do komórek szparkowych zwiększający ich turgor; protoplast pęcznieje i napiera na nierównomiernie zgrubiałe ściany komórkowe (ściana komórkowa od strony szparki jest gruba i nierozciągliwa, a od strony zewnętrznej jest cieńsza i łatwiej się rozciąga); jony K^+ są transportowane aktywnie do komórek szparkowych, następuje również rozkład: skrobia → glukoza → jabłczan (jony K^+ i jabłczanowe mają wpływ na potencjał wodny komórek szparkowych);
- **zamknięcie** (ciemność, niedostatek wody, zwiększone stężenie CO_2) – osmotyczny odpływ wody zmniejszający turgor komórek szparkowych; jony K^+ są transportowane z komórek szparkowych, wpływ na dobowy rytm zamykania i otwierania

MECHANIZMY TRANSPORTU WODY I JONÓW

czynnik	mechanizm pasywny	mechanizm aktywny
organ	liść	korzeń
zjawisko wywołujące	transpiracja	parcie korzeniowe
efekt zjawiska	zasysanie wody i jonów dzięki podciśnieniu hydrostatycznemu (tzw. prąd transpiracyjny)	pompowanie wody i jonów pod zwiększonym ciśnieniem
dodatkowe czynniki	kohezja i adhezja cząsteczek wody, osmoza, pęcznienie	
energia	ciepłota słońca, ruch powietrza	metaboliczna (ATP)
egzogenne czynniki regulujące	glebowe: zawartość wody, tlenu i składników mineralnych, temperatura atmosferyczne: temperatura, wilgotność i ruchy powietrza	
znaczenie dla rośliny	podstawowe w pobieraniu wody i soli mineralnych	minimalne – zachodzi w czasie ograniczonej transpiracji

szparek ma kwas abscysynowy (efekt brzeżny – transpiracja jest większa, gdy małych szparek jest dużo).

Transport asymilatów w roślinie

Produkty fotosyntezy muszą być przetransportowane z organów, w których powstały (głównie liści) lub z miejsc, gdzie były magazynowane (**donory**), do organów, które będą je wykorzystywać lub magazynować (**akceptory**).

Transport bliski odbywa się z komórki do komórki, przez plazmodesmy, przebiega wolno. **Transport daleki** odbywa się z organu do organu, przebiega szybciej.

Asymilaty (głównie **sacharoza**) są transportowane w postaci roztworów wodnych elementami przewodzącymi łyka: **komórkami sitowymi** lub **rukami sitowymi**. W ich ścianach znajdują się sita, przez które przechodzą pasma cytoplazmy transportujące asymilaty z prędkością 1,5–2,5 cm/min. Nie posiadają one jądra komórkowego, co obniża metabolizm tych struktur i nie utrudnia ruchu – dzięki temu transport jest efektywniejszy. Komórki przyrurkowe posiadają jądro komórkowe, dlatego to one pełnią funkcje kontrolne oraz uczestniczą w załadunku i rozładunku floemu.

Załadunek floemu polega na aktywnym transporcie sacharozy z miękiszu asymilacyjnego przez komórki przyrurkowe do rurek sitowych wiązek przewodzących liścia.

Sacharoza obniża potencjał wodny komórek rurek sitowych, co sprawia, że zaczyna do nich napływać woda. Rosnący turgor powoduje ruch roztworu do dalszych partii rurki sitowej.

Rozładunek floemu polega na aktywnym transporcie sacharozy z rurek sitowych do organu docelowego, gdzie kondensowana jest w nieaktywną osmotycznie skrobię.

Rozmnażanie roślin

Sposoby rozmnażania

Rozmnażanie płciowe

- zapłodnienie: oogamia;

Rozmnażanie bezpłciowe

- **zarodniki** (mszaki, paprotniki) – powstają w zarodniach (sporangiach) w wyniku podziału mejotycznego komórek tkanki archesporialnej;
- **rozmnażanie wegetatywne** – tworzenie całego organizmu z części rośliny, może odbywać się przez:
 - ♦ fragmentację organizmu macierzystego (moczarka kanadyjska);
 - ♦ kłącza (konwalia);
 - ♦ bulwy pędowe (ziemniak);
 - ♦ bulwy korzeniowe (dalia);
 - ♦ cebule (tulipan);
 - ♦ rozłogi pędowe (truskawka);
 - ♦ rozłogi korzeniowe (pokrzywa);
 - ♦ odrosty korzeniowe (jabłoń);
 - ♦ odkłady (winorośl);
 - ♦ sadzonki pędowe (wierzba);

- ♦ sadzonki liściowe (begonia);
- ♦ sadzonki korzeniowe (malina);
- ♦ rozmnożki pędowe (rdest żyworodny);
- ♦ rozmnożki liściowe (żyworódka);
- ♦ rozmnożki kwiatowe (czosnek);
- ♦ szczepienia (szlachetne odmiany roślin).

Stadia rozwojowe roślin nasiennych

Wyróżnia się trzy stadia rozwojowe – **wegetatywne**, **generatywne** oraz **starzenie i obumieranie**.

Stadium wegetatywne

- **okres embrionalny** – postać nasienia; nasiona są silnie odwodnione, dlatego ustają w nich procesy wzrostu i rozwoju i spowolniona zostaje przemiana materii; są bardzo odporne na niekorzystne warunki środowiska zewnętrznego;
- **spoczynek względny** – nasiona, które osiągnęły dojrzałość morfologiczną i fizjologiczną, jednak nie kiełkują z powodu niekorzystnych warunków środowiska (np. nasiona roślin uprawnych);
- **spoczynek bezwzględny (głęboki)** – nasiona, które osiągnęły dojrzałość morfologiczną, ale nie są gotowe do kiełkowania ze względu na budowę anatomiczną lub fizjologiczną, nawet gdy warunki są korzystne;
- **okres młodociany (juwenilny)** – obejmuje kiełkowanie nasion, różnicowanie tkanek oraz wytworzenie organów wegetatywnych (korzeń, łodyga, liście);
- **kiełkowanie nadziemne (epigeiczne)** – wydłuża się podliścieniowa część zarodka (tzw. hipokotyl) i liścienie są wynoszone ponad powierzchnię gleby; następnie zielenieją i przeprowadzają fotosyntezę, a umieszczony między nimi pączek zarodkowy rozwija się w łodygę; występuje m.in. u fasoli, dyni, rzodkiewki;
- **kiełkowanie podziemne (hipogeiczne)** – wydłuża się nadliścieniowa część zarodka (tzw. epikotyl); liścienie pozostają w glebie, a ponad jej powierzchnię wydobywa się jedynie epikotyl, na którym pojawiają się liście przeprowadzające fotosyntezę; występuje m.in. u traw, grochu, dębu;
- **wzrost wegetatywny**.

Stadium generatywne

Obejmuje wykształcenie kwiatów, nasion, owoców:

- **rośliny monokarpiczne** – kwitną i owocują tylko raz (jednoroczne, dwuletnie);
- **rośliny polikarpiczne** – kwitną i owocują wiele razy w ciągu życia.

Starzenie się i obumieranie roślin (może dotyczyć całej rośliny lub poszczególnych organów; w komórkach wzrasta stężenie etylenu i inhibitorów wzrostu, pobudzających dojrzewanie owoców, opadanie liści, wchodzenie nasion w stan spoczynku).

Czynniki wpływające

na kwitnienie

- stopień rozwoju wegetatywnego;
- temperatura;

- światło: **fotoperiodyzm** – reakcja roślin na czas trwania okresów światła i ciemności i na ich periodyczne następstwo w cyklach dobowych:

- ♦ **rośliny krótkiego dnia (RKD)**

– kwitną, gdy w dziennym fotoperiodzie przeważa faza ciemna (trwa ponad 12 h), potrzebują kilku cykli długiej nocy i krótkiego dnia, żeby po pewnym czasie zakwitnąć; w ciemności zachodzą reakcje, które pobudzają kwitnienie – reakcje te są bardzo wrażliwe na światło, dlatego przerwanie okresu ciemności powstrzymuje kwitnienie (np. tytoń szlachetny, soja uprawna);

- ♦ **rośliny długiego dnia (RDD)**

– kwitną, gdy w dziennym okresie przeważa faza jasna (trwa ponad 12 h), zbyt długi okres ciemności hamuje ten proces (np. szpinak, jęczmień, owies, burak);

- ♦ **rośliny neutralne (RN)**

– nie wykazują wrażliwości fotoperiodycznej, zakwitają po osiągnięciu odpowiedniego wieku lub wielkości (np. bób, ogórek, ryż, groch).

Ruchy roślin

Dzięki ruchom organy roślinne mogą przyjąć optymalne położenie (np. fototropizm), kwiaty przystosowują się do obyczajów

owadów, które je zapylają (np. fotonastia), chronią się przed roślinożercami (np. sejsmonastia), pozwalają na trawienie ciał owadów u roślin owadożernych (np. chemonastia).

Taksje

Taksje to ruchy całego organizmu, ukierunkowane bodźcami. Wyróżnia się taksje:

- **fobiczne** – polegają na niecelowej zmianie kierunku ruchu;
- **topiczne** – polegają na celowej zmianie kierunku ruchu (dodatnie – w kierunku bodźca, ujemne – od bodźca).

Fototaksja – ruch w reakcji na bodziec świetlny, np. ruch chloroplastów (fototaksja dodatnia), reakcja przy intensywnym oświetleniu (fototaksja ujemna).

Chemotaksja – ruch wywołany gradientem czynnika chemicznego w danym środowisku, służy np. wzajemnemu odnajdywaniu się gamet.

Termotaksja – ruch w odpowiedzi na temperaturę.

Tropizmy

Tropizmy to reakcje wzrostowe organów roślinnych związane z kierunkiem działania bodźca, są to głównie ruchy elongacyjne:

- **tropizm dodatni** – w kierunku działania bodźca;
- **tropizm ujemny** – w kierunku przeciwnym do kierunku działania bodźca;
- **plagiotropizm** – ustawienie organu pod pewnym kątem do kierunku działania bodźca.

REAKCJE FOTOPERIODYCZNE ROŚLIN NA WARUNKI OŚWIETLANIA (DŁUGOŚĆ DNIA I NOCY)

warunki oświetlenia	rodzaj reakcji		
	RDD	RKD	RN
krótka noc (wzrost stężenia fitochromu P_{730} ; $P_{730} > P_{660}$)	kwitnienie	–	kwitnienie
długa noc (spadek stężenia fitochromu P_{730} ; $P_{730} < P_{660}$)	–	kwitnienie	kwitnienie
długa noc, przerywana krótkim okresem światła	kwitnienie	–	kwitnienie

Nastie

Nastie to ruchy organów roślinnych wynikające z ich budowy, niezależne od kierunku działania bodźca. Wywoływane są głównie przez mechanizmy turgorowe.

Ruchy autonomiczne

Do ruchów autonomicznych zaliczamy:

- **ruchy nutacyjne** – ruchy kołowe lub wahadłowe wykonywane głównie przez młode pędy i liście; umożliwiają one np. znalezienie żywiciela siewkom kaniarki czy podpory wąsom fasoli;
- **owijanie roślin wokół podpór**;
- **nyktinastie (ruchy senne)**;
- **ruchy mechaniczne** – ruchy niezależne od wrażliwości roślin, wynikające z budowy anatomicznej i właściwości organów;
- **ruchy kohezyjne** – wywołane ruchami kohezyjnymi wody; mogą być powodowane odwadnianiem komórek (np. otwieranie zarodni mchów i innych roślin zarodnikowych, a także worków pyłkowych roślin nasiennych);
- **ruchy higroskopijne** – powstają podczas nierównomiernego wysychania i pęcznienia ścian komórkowych pod wpływem

zmian wilgotności powietrza; odgrywają ważną rolę w rozsiewaniu zarodników nasion i ziaren pyłku (np. ruchy plater zarodników wątrobowców lub okręcanie się sporogonu wokół własnej osi u skrzętka wilgociomierczego);

- **ruchy eksplozyjne** – powstają w wyniku napięć tkankowych, które powodują rozerwanie organu z jednoczesnym wyrzuceniem jego zawartości, np. nasion czy zarodników; dzięki tym ruchom możliwa jest **autochoria** (aktywne wyrzucanie nasion) u niecierpka czy tryskawca.

Kombinacje ruchów

Ruchy roślin mogą być wynikiem działania kilku bodźców. Na ruch rosiczki składają się:

- **sejsmonastia** – zginanie włosków gruczołowych nad ofiarą w wyniku ich podrażnienia przez owada;
- **chemonastia** – produkcja enzymów trawiennych we włoskach pod wpływem związków azotowych zawartych w ciele owada;
- **chemotropizm** – zwijanie się liścia rosiczki nad ofiarą i szczelne otulenie nim owada.

KLASYFIKACJA RUCHÓW ROŚLIN		
bodziec	tropizmy	nastie
światło	fototropizm (tędyga dodatni, korzeń ujemny, liście – diafototropizm: prostopadle do światła); mechanizm wzrostowy: - są fotoreceptorami indukującymi reakcję fototropiczną; jednostronne oświetlenie zmienia stężenie auksyn: po stronie nieoświetlonej jest ich więcej niż po oświetlonej - strona nieoświetlona rośnie szybciej, co wygina tędygę w kierunku bodźca - w korzeniu zachodzi proces odwrotny, ponieważ wykazuje on znacznie większą wrażliwość na stężenie auksyn – strona zacieniona rośnie wolniej i korzeń wygina się w kierunku przeciwnym (od światła)	fotonastie - otwieranie i zamykanie aparatów szparkowych - otwieranie kwiatów szczawika zajęczego w czasie dnia i zamykanie nocą
grawitacja	geotropizm (tędyga ujemny, korzeń dodatni, korzenie boczne – plagiogeotropizm, rozłogi i kłącza rosnące poziomo, np. u perzu, wykazują diageotropizm): auksyny gromadzą się po dolnej stronie rośliny – rośnie ona szybciej i tędyga wygina się w górę, a korzeń rośnie w dół (zgodnie z kierunkiem działania siły grawitacji)	–
substancje chemiczne	chemotropizm, np. łagiewka pytkowa rośnie przez szyjkę słupka i zalążnię, kierując się do zalążka, na skutek działania substancji wydzielanej przez zalążek	chemonastia - ruchy aparatów szparkowych wywołane zmianami stężenia CO_2 i O_2, - wygięcie liści roślin owadożernych pod wpływem białek (aminokwasów z rozkładanego owada)
woda	hydrotropizm – korzenie wykazują hydrotropizm dodatni, wyginając się w kierunku wilgoci	–
temperatura	termotropizm	termonastia - większość kwiatów otwiera się pod wpływem podwyższonej temperatury, która przyspiesza wzrost górnej strony nasady płatków, a obniżenie temperatury zmniejsza szybkość wzrostu tej strony i kwiat się zamyka - podniesienie temperatury o $0,2^\circ\text{C}$ powoduje otwarcie kwiatów krokusa
mechaniczny (np. dotyk)	tigmotropizm (haptotropizm) – występuje np. u roślin, które dzięki wąsom czepnym (fasola, chmiel) owijają się wokół tyczki i wspinają ku światłu; ucisk ze strony podpory powoduje przemieszczenie auksyn na przeciwną stronę – roślina w tym miejscu rośnie szybciej i pęd owija się wokół podpory traumatotropizm – zranione fragmenty roślin mogą reagować zahamowaniem wzrostu po stronie zranionej, a następnie przyrostem tkanki przyrannej	sejsmonastia - mimoz – składanie listków budujących liść, a następnie zwieszanie w dół całego liścia – u nasady liści znajdują się poduszeczki wodne, które w stanie niepodrażnionym są wypelnione wodą; na skutek dotyku wzrasta przepuszczalność błon komórkowych, poduszeczki tracą wodę i kurczą się (kilka sekund); powrót do pozycji wyjściowej zajmuje 30 min - pręciki berberysu i chabrów po dotknięciu nachylają się w stronę słupka
rytm dobowy	–	nyktinastia (ruchy senne) – przyjmowanie przez organy roślinne innej pozycji w dzień, a innej w nocy

Otwieranie się i zamykanie aparatów szparkowych to połączenie:

- fotonastii – otwieranie się pod wpływem światła, zamykanie w ciemności;
- chemonastii – reakcja na zmiany stężenia CO_2 i O_2 .

Hormony roślinne (fitohormony)

Hormony roślinne wykazują wysoką aktywność biologiczną. Ich działanie zależy od stężenia i organu, na który oddziałują. Do aktywatorów wzrostu i rozwoju należą **auksyny**, **cytokininy**, **gibereliny**, do inhibitorów **inhibitory fenolowe**, **kwas abscysynowy**, natomiast **etylen** ma cechy aktywatora i inhibitora.

Auksyny (kwas indoliloctowy – IAA)

- niższe stężenia działają na organy pobudzająco, a wyższe – hamująco;
- na działanie auksyn szczególnie wrażliwe są korzenie i pędy boczne, znacznie mniej – łodygi, dlatego już w stężeniach fizjologicznych auksyny hamują wzrost korzeni i pędów bocznych, działając stymulująco na wzrost łodyg;
- wpływają na tropizmy:
 - ♦ fototropizm – w wyniku zgromadzenia auksyn w nieoświetlonej części łodygi zachodzi jej gwałtowny wzrost, co powoduje wyciągnięcie części oświetlonej w kierunku światła;
 - ♦ geotropizm – pod wpływem grawitacji auksyny gromadzą się w dolnej części łodygi; rośnie ona szybciej,

co powoduje wyciągnięcie łodygi ku górze.

Gibereliny (kwas giberelinowy – GA3)

- stosowane m.in. w uprawie dużych, wcześniej dojrzewających winogron bezpestkowych i w przemyśle browarniczym; aktywują one proces kiełkowania nasion jęczmiennych stosowanych jako surowiec do wytwarzania słodu.

Cytokininy (kinetyna, zeatyna, benzyloadenina)

- przedłużają żywotność kwiatów ciętych oraz warzyw i owoców.

Etylen

- gaz używany do przyspieszenia dojrzewania owoców cytrusowych eksportowanych z ciepłych krajów oraz w defoliacji – przyspieszaniu opadania liści (jesienią poddaje się jej sadzonki drzew owocowych, dzięki czemu zmniejsza się natężenie transpiracji i sadzonki lepiej znoszą okres zimowy).

Kwas abscysynowy (ABA)

- wytwarzany głównie w liściach, w komórkach z plastydami;
- hamuje wydłużanie komórek i wywołuje opadanie liści (antagonista auksyn);
- hamuje kiełkowanie nasion;
- odpowiada za przechodzenie pąków w stan spoczynku (antagonista giberelin);
- powoduje starzenie się organów (antagonista cytokinin), hamuje fotosyntezę i syntezę chlorofilu;

- indukuje lub hamuje procesy wzrostu kwiatów;
- stymuluje rozwój tkanki odcinającej – powodującej opadanie liści, kwiatów, owoców i innych organów.

WPŁYW HORMONÓW NA AKTYWNOŚĆ FIZJOLOGICZNĄ ROŚLIN					
rodzaj aktywności	auksyny	gibere- liny	cytoki- niny	ABA	etylen
podział komórek	+	+	+	–	–
wydłużenie komórek	+	+	+	–	x
tworzenie tkanki kallusowej	+	–	+	x	–
tworzenie zawiązków korzeniowych	+	–	–	x	+
dominacja wierzchołkowa (rozwój pąka wierzchołkowego, który hamuje rozwój pąków bocznych)	+	–	x	x	x
rozwój pąków bocznych	–	+	+	–	x
kiełkowanie nasion roślin dwuletnich i RDD	–	+	+	–	x
zakwitanie	–	+	+	x	x
zrzucanie liści i opadanie owoców	–	–	–	+	+
dojrzewanie owoców	+	+	+	x	+
partenokarpia (rozwój owoców bez procesu zapłodnienia)	+	+	x	+	x
zwiększenie wzrostu całych roślin	–	+	–	x	–
różnicowanie organów w izolowanych tkankach	+	x	+	x	x
proces starzenia	–	x	–	+	+
ruchy roślin	+	x	x	x	x

działanie stymulujące +, działanie hamujące –, brak wpływu x

Grzyby (*Fungi*)

Do królestwa grzybów zaliczamy skocz-kowce, sprzężniowce, workowce i podstaw-czaki. Do rozwoju wymagają materii orga-nicznej, wilgoci i odpowiedniej temperatury (15–30°C).

Cechy charakterystyczne

- organizmy eukariotyczne;
- ciało plechowate (grzybnia), nie tworzą tkanek;
- są cudzożywne;
- nie są zdolne do aktywnego ruchu (poza pływakami);
- ściana komórkowa komórek grzybów zbu-dowana jest z chityny;
- nie posiadają plastydów;
- jako materiał zapasowy gromadzą gliko-gen i tłuszcze;
- rozmnażają się bezpłciowo i płciowo.

Formy życiowe grzybów

- **jednokomórkowe** – np. drożdże;
- **wielokomórkowe** – ciało ma postać **plechy** zbudowanej ze **strzępek** jedno-, dwu- lub wielojądrowych, komórczakowych, plek-tenchymatycznych; strzępki mogą two-rzyć m.in. **podkładki** (stroma), **owocniki** (najczęściej służące do rozrodu płciowego i wytwarzania zarodników, zbudowane ze strzępek plektenchymatycznych), **prze-trwalniki** (sklerocja):
 - ♦ grzyby komórczakowe, np. pleśniak;
 - ♦ grzyby tworzące owocniki, np. borowik;

Czy wiesz, że...



Do tej pory nie odkryto nawet połowy z szacunkowej liczby gatunków grzybów (około 1,5 mln).

- ♦ grzyby nie tworzące owocników, np. kropidlak.

Odżywianie

- heterotroficzne (enzymy trawienne wy-dzielane są na zewnątrz grzybni, a związki organiczne wchłaniane w formie prostej):
 - ♦ **saprofity** rozkładają martwe szczątki, np. muchomor;
 - ♦ **pasożyty** pasożytują na roślinach i zwierzętach, np. rdza żdźbłowa;
 - ♦ **symbionty** żyją w symbiozie z organi-zmami autotroficznymi, np. helotyzm (porosty) i mikoryza (z korzeniami roślin).

Mikoryza

Podczas mikoryzy grzyb korzysta z asymila-tów roślinnych, w zamian pomagając pobie-rać wodę i proste związki z gleby, czasami też dostarcza witamin i regulatorów wzrostu (niektóre rośliny pozbawione grzyba giną). Rozróżnia się:

- mikoryzę **ektotroficzną** (zewnątrzną) – strzępki grzyba wnikają między komórki korzenia i oplatają końcówki korzeni,

tworząc na ich powierzchni kosmatą mufkę; takie korzenie przestają rosnąć i zanikają ich włósniki, które zostają zastąpione przez strzępki grzyba; występuje głównie u drzew (np. dąb, świerk z borowikami, brzoza z koźlarzem);

- mikoryzę **endotroficzną** (wewnętrzzną) – strzępki wnikają do wnętrza komórek korzenia, nie zmieniając wyglądu korzenia i nie ograniczając wzrostu, najczęściej dotyczy roślin zielnych i krzewinek (np. wrzos z maślakiem).

Rozmnażanie

Rozmnażanie bezpłciowe

- podział – u jednokomórkowych, np. drożdże rozszczepkowe;
- pączkowanie – u jednokomórkowych, np. drożdże pączkujące;
- fragmentacja, izydia (wyrostki), soredia (urwistki) – np. porosty;
- przez zarodniki (spory):
 - ♦ ruchliwe (zoospory, pływki) – występują u grzybów wodnych;
 - ♦ nieruchliwe (aplanospory);
 - ♦ endospory – zarodniki workowe (askospory), zarodniki sporangialne;
 - ♦ egzospory – konidia, zarodniki podstawkowe (bazydiospory);
 - ♦ mitospory – zarodniki sporangialne (zoospory, aplanospory), konidia, oidia, chlamydiospory;
 - ♦ mejospory – zarodniki workowe podstawkowe;

Rozmnażanie płciowe

Gamety powstają w gametangiach żeńskich (lęgniach) i męskich (plemniach); istnieją następujące rodzaje zapłodnienia:

- **gametogamia** – łączenie się gamet; występuje u skoczkowców; dzieli się na:
 - ♦ izogamię;
 - ♦ anizogamię;
 - ♦ oogamię;
- **gametangiogamia** – zlewanie się całych wielojądrowych gametangiów, które mogą być zróżnicowane na lęgnie i plemnie (występuje u wyspecjalizowanych skoczkowców, sprzężniowców, workowców);
- **somatogamia** – zlewanie się fragmentów haploidalnych strzępek należących do różnych grzybów (występuje u podstawczaków).

U workowców i podstawczaków występuje rozdzielenie plazmogamii (złania cytoplazmy) i kariogamii (złania się jąder komórkowych) w czasie i przestrzeni. Powstają wówczas strzępki dikariotyczne.

Kariogamia zachodzi w warstwie rodzajnej owocnika (**hymenium**). Powstaje jądro zygotyczne ($2n$), które przechodzi mejozę, a z $1n$ jąder tworzą się mejospory.

Znaczenie grzybów

- są reducentami – ostatnim ogniwem w łańcuchu pokarmowym; umożliwiają poprawny obieg materii w przyrodzie; bez nich większość ekosystemów lądowych pokryłaby gruba warstwa nierozłożonych

liści czy gałęzi, a zawarte w nich związki nie wróciłyby do ekosystemu;

- jako jedyne organizmy mają zdolność rozkładu ligniny;
- mają duże znaczenie przy rozkładzie celulozy;
- pozostają w symbiozie z wieloma roślinami (mikoryza) – ułatwiają pobieranie wody, powodując szybszy wzrost roślin (rozwój około 90% roślin zależy od grzybów);
- są wykorzystywane w produkcji żywności, antybiotyków i witamin (np. *Penicilium*), alkoholu (głównie drożdże);
- przynoszą straty w gospodarce (niszczą drewno, uprawy itp.);
- są spożywane ze względu na walory smakowe i zawartość soli mineralnych;
- formy pasożytnicze są elementem selekcji naturalnej i regulacji liczebności różnych grup organizmów;

- są przyczyną rozkładu żywności, prowadząc do skażenia jej szkodliwymi dla ludzi toksynami;
- są przyczyną zatrucia i wielu chorób.

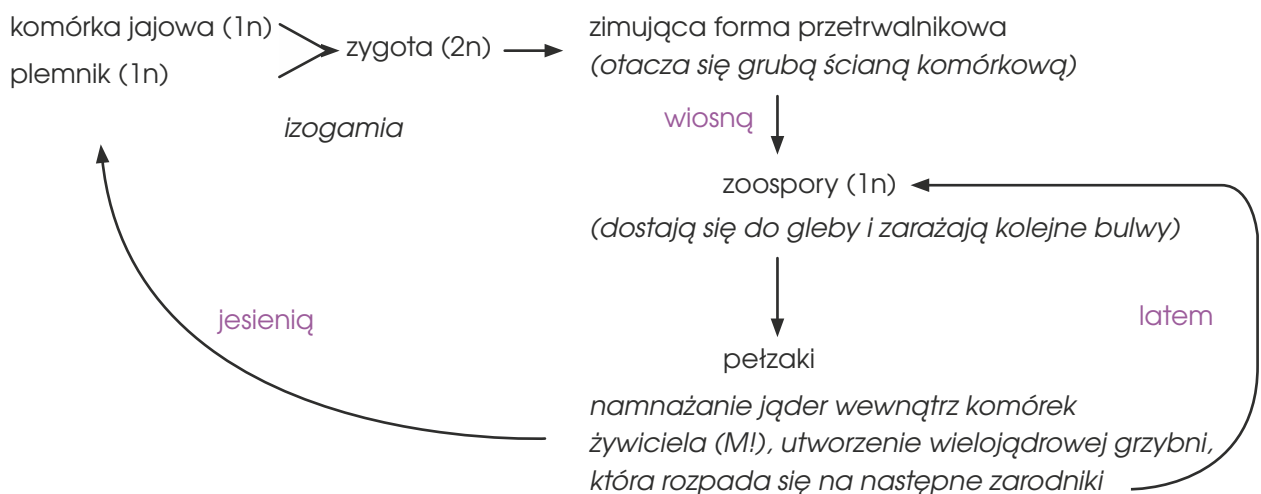
Skoczkowce

- głównie wodne saprofity lub pasożyty;
- jednokomórkowe lub tworzące wielojądrowe, niepodzielone, haploidalne strzępki;
- rozmnażają się bezpłciowo za pomocą jednociowych pływeczek (zoospor);
- rozmnażają się płciowo w wyniku izogamii lub oogamii;
- przedstawiciele: *Synchytrium* – wywołuje rak ziemniaka, *Olpidium* – atakuje kapustę, wykę.

Sprzężniowce

- grzyby lądowe, zbudowane z wielojądrowych, haploidalnych strzępek, diploidalna jest tylko zygota;

CYKL ROZWOJOWY *Synchytrium*



- charakteryzują się brakiem aktywności ruchowej komórek w trakcie rozmnażania bezpłciowego i płciowego;
- rozmnażają się bezpłciowo – tworzą zarodniki sporangialne (aplanospory) lub konidia;
- rozmnażają się płciowo na drodze gametangiogamii (gametangia niezróżnicowane);
- głównie saprofity żyjące na szczątkach organicznych, często powodują pleśnienie produktów spożywczych;
- przedstawiciele: pleśniak biały, rozłózek czerniejący, zrywka krystaliczna, zwierzomorkowce.

Workowce

- najlicniejsza grupa grzybów – około 33 tys. gatunków;
- są jednokomórkowe lub plechowate, tworzą owocniki, podkładki i sklerocja;
- posiadają strzępki wegetatywne haploidalne, podzielone poprzecznymi ścianami na jednojądrowe fragmenty (dwujędrowe są strzępki workotwórcze);
- wykształcają zarodnie w kształcie worków, zawierające zwykle po osiem zarodników workowych (mejospor);
- rozmnażają się bezpłciowo poprzez podział komórki, pączkowanie, zarodniki konidialne;
- rozmnażają się płciowo w wyniku gametangiogamii (konsekwencją procesu płciowego jest wytworzenie dikariotycznych

strzępek workotwórczych, których szczytowe komórki formują worek); lęgnie posiadają włostek, przez który z plemni do lęgna przelewa się cytoplazma i organelle – dochodzi do plazmogamii;

- worki w owocnikach tworzą zwykle warstwę rodzajną (**hymenium**), w skład której wchodzi także płonne strzępki (**wstawki**);
- w cyklu życiowym workowców może występować stadium **niedoskonałe** tworzące organy rozmnażania bezpłciowego i stadium **doskonałe** tworzące organy rozmnażania płciowego;
- ich grzybnia tworzy owocniki różnych typów: zamknięte (np. trufle), otocznie (np. buławinki), miseczkowate (np. dzieżki);
- głównie saprofity, a także pasożyty i symbionty tworzące mikoryzy i budujące plechy porostów;
- przedstawiciele: drożdże, pędzlaki, sporysz, kropidlakowce, mączniaki, szpetczaki, buławinka czerwona, smardz, trufle, piestrzenica.

Podstawczaki

- saprofity, pasożyty i symbionty;
- posiadają strzępki wegetatywne dikariotyczne, podzielone poprzecznymi ścianami;
- stadium haploidalne jest krótkotrwałe;
- rozmnażają się przez zarodniki podstawkowe (**mejospory**) wytwarzane egzogenicznie przez komórkę zwaną **podstawką**;

- rozmnażanie bezpłciowe odbywa się przez zarodniki, pączkowanie, oidia, chlamydospory; ich grzybnia tworzy ryzomorfy (sznury przetrwalne) i sklerocja;
- ich owocniki zbudowane ze strzępek dikariotycznych wykazują duże zróżnicowanie – rodzaje: krzaczkowate (np. gałęziaka), bulwiaste (np. purchawki), kopytowe (np. hubiaka), kapeluszowe (np. borowika);
- część owocnika, na której tworzy się hymenium, to **hymenofor**; może być gładki, rurkowaty, kolczasty, blaszkowaty, labiryntowaty, żyłkowany;
- przedstawiciele: jadalne (pieczarka, borowik, maślak, podgrzybek), śmiertelnie trujące (muchomory, strzępiak ceglasty, zasłonak rudy), pasożytnicze, powodujące duże straty gospodarcze (rdza żdźbłowa).

Porosty (grzyby zlichenizowane)

- trwałe, samowystarczalne związki grzyba (głównie workowce, rzadziej podstawczaki) i glonu (zielenice) lub sinicy, w którym grzyb jest podstawowym składnikiem plechy;
- grzyb daje schronienie, wodę i sole mineralne, a pobiera asymilaty;
- współżycie między komponentami rzadko przypomina symbiozę mutualistyczną, opartą na obustronnych korzyściach; częściej niewolnictwo (**helotyzm**) – grzyb hoduje glony dla własnej korzyści, ograniczając ich wzrost i rozmnażanie płciowe.

Znaczenie porostów

- organizmy pionierskie w zasiedlaniu niegościnnych siedlisk (skały, piasek);
- są głównymi producentami w okolicach podbiegunowych;
- w tundrze stanowią pokarm dla zwierząt (reniferów, piżmowołów);
- są bioindykatorami – wyznacznikiem czystości powietrza na danym terenie;
- wykorzystywane są do produkcji leków, kosmetyków, barwników;
- stosuje się je w lichenometrii – do datowania odsłanianych powierzchni skalnych (np. osuwisk czy po topniejących lodowcach);
- niektóre są jadalne, np. mąkla tarniowa, misecznica jadalna (prawdopodobnie błijna manna).

Zwierzęta (*Animalia*)

ZWIERZĘTA BEZKRĘGOWE

Gąbki (*Porifera*)

Te nietypowe zwierzęta żyją w wodach (większość w morskich) i prowadzą osiadły tryb życia. Ich ciało ma postać worka z otworem (**osculum**) skierowanym ku górze. Są filtratorami, wodę z zawieszoną organiczną pobierają przez ostia (pory) w ścianie ciała. Wyróżnia się około 5 tys. gatunków.

Charakterystyka

- ich ciało okrywa ściana zbudowana z dwóch warstw komórek, między którymi znajduje się bezpostaciowa mezoglea;
- zewnętrzna warstwa komórek zbudowana jest z płaskich komórek – **pinakocytów** – a wewnętrzna z **choanocytów** z wicią, które nadają ruch wodzie; na kołnierzykach choanocytów osadza się zawieszona organiczna, która jest trawiona na drodze endocytozy;
- nie posiadają tkanek;
- nie posiadają otworu gębowego;
- ich szkielet ma postać igieł – spikul, zbudowanych m.in. z CaCO_3 , SiO_2 , spojonych sponginą;
- oddychają całą powierzchnią ciała;
- mają duże zdolności regeneracyjne;
- komórki gąbek mają charakter totipotentny (są zdolne do różnicowania się w dowolny rodzaj komórek).

Rozmnażanie

Rozmnażanie bezpłciowe

- pączkowanie – pączek oddziela się od organizmu lub tworzy kolonie;
- podział – zachodzi zgodnie z długą osią osobnika lub kolonii;
- gemmule (pączki wewnętrzne) zimą ciało gąbki zamiera i rozpada się; gemmule opadają na dno i chronione przez swoją otoczkę pozostają tam do następnej wiosny, kiedy masa komórkowa znajdująca się wewnątrz wydostaje się i przekształca w nową gąbkę;

Rozmnażanie płciowe

- większość gąbek to obojnaki (hermafrodyty) o zapłodnieniu krzyżowym; pozostałe to zwierzęta rozdzielnopłciowe;
- gamety powstają w mezoglei z archeocytów;
- plemniki są wyrzucane przez osculum, przenikają do osobników zawierających dojrzałe jaja i zapładniają je;
- rozwój złożony z postacią larwalną: u gąbek wapiennych – amfiblastula, u niewapiennych – parenchymula.

Typy budowy

- **askon** – charakteryzuje się istnieniem jednej obszernej komory (jamy paragastralnej);
- **sycon** – komórki kołnierzykowate znajdują się w ściankach kanałów wodnych, brak ich w jamie paragastralnej;

- **leukon** – układ wodny bardzo rozbudowany, złożony z sieci przewodów i komórek z komórkami kołnierzykowatymi.

Systematyka

- **gąbki krzemionkowe sześćcioosiowe (szkliste)** – np. koszyczek Wenery, koronkowiec;
- **gąbki wapienne (różnoszkieletowe)** mają igły szkieletowe zbudowane z węglanu wapnia, występują wyłącznie w wodach słonych, np. *Sycon*, *Leucosolenia*;
- **gąbki pospolite** mają szkielet zbudowany z igieł krzemionkowych i sponginy; obejmują również formy słodkowodne, np. nadcznik (występuje w Polsce), gąbka grecka (występuje w Morzu Śródziemnym).

Znaczenie

- gąbki biorą udział w samooczyszczaniu zbiorników wodnych jako filtratory;
- są bioindykatorami (wrażliwe na chemiczne zanieczyszczenia wód);

Czy wiesz, że...



Koralowce są głównymi budowniczymi **raf koralowych** – najbardziej produktywnych i złożonych ekosystemów morskich. Często żyją w **symbiozie** z glonami lub sinicami. Wiele zwierząt znajduje schronienie przed wrogami między czułkami polipów (np. rak pustelnik i ukwiał – protokooperacja).

- z gąbki greckiej wytwarza się gąbki kąpielowe.

Parzydełkowce (*Cnidaria*)

Do parzydełkowców zalicza się:

- **stułbiopławy** – żeglarz portugalski, stułbia pospolita;
- **krążkopławy** – chelbia modra, bełtwa;
- **kośkomeduzy** – osa morska (*Chironex fleckeri*, jedno z najniebezpieczniejszych zwierząt na ziemi), *Tripedalia*;
- **koralowce** – najliczniejsza grupa parzydełkowców, brak meduz, duże polipy:
 - ♦ **korale sześciopromienne** – ukwiał tęgoczułki, koral madreporowy;
 - ♦ **korale ośmiopromienne** – koral szlachetny (żyje w Morzu Śródziemnym).

Parzydełkowce są zwierzętami wodnymi, głównie morskimi. Ich ciało charakteryzuje **symetria promienista**. Ich ciało okrywa ściana zbudowana z dwóch warstw komórek – **ektodermy** (epiderma) i **endodermy** (gastroderma) rozdzielonych mezogleą. W ich cyklu rozwojowym wyróżnia się dwie formy morfologiczne – osiadłego polipa i swobodnie pływającą meduzę.

Posiadają otwór gębowy (u polipa u góry, u meduzy u dołu), natomiast nie posiadają otworu odbytowego. Otwór gębowy otaczają czułki, których ruch napędza wodę do jamy gastralnej. Przy otworze gębowym znajdują się ramiona (płaty przygębowe). Meduzy posiadają ciała brzeżne (ropalia) – narządy

zmysłów zawierające elementy światłoczułe (oczek), narząd równowagi (statocysta ze statolitem) oraz węchu.

Zwierzęta te nie posiadają układu oddechowego, krwionośnego i wydalniczego. Ich charakterystyczną cechą są **parzydełka** występujące głównie na czulkach.

Komórki budujące ciało

parzydełkowców

- **nabłonkowo-mięśniowe** – zawierają kurczliwe włókienka, umożliwiają ruchy i zmianę kształtu ciała;
- **nabłonkowerwowe** – występują tylko w ektodermie, tworzą rozproszony układ nerwowy;
- **parzydełkowe (knidocyty)** – występują tylko w ektodermie, są wykorzystywane do obrony i zdobywania pokarmu; wyróżnia się:
 - ♦ penetranty – zawierają puste nici, wbijają się w ofiarę, wstrzykując parzący lub paraliżujący płyn;
 - ♦ glutynanty – przylepiają się do ofiary, unieruchamiając ją, zawierają parzący płyn;
 - ♦ wolwenty – oplatają ofiarę;
- **gruczołowe** – występują tylko w endodermie, wydzielają enzymy trawienne do jamy gastralnej;
- **interstycjalne** – występują w ektodermie i endodermie, mogą się poruszać i przekształcać w inne typy komórek, w tym w komórki rozrodcze.

U parzydełkowców występuje **szkielet**:

- **zewewnętrzny** – u koralowców i niektórych stułbiopławów, zbudowany głównie z węglanu wapnia;
- **wewnętrzny** – tworzy się w mezoglei, występuje u wielu koralowców.

Odżywianie

Parzydełkowce żywią się planktonem, niektóre polują na nieco większe organizmy.

Występuje u nich **podwójne trawienie**:

- **zewewnętrzne** – w jamie gastralnej przy udziale enzymów produkowanych przez komórki gruczołowe;
- **wewnętrzne** – nadtrawiony pokarm jest fagocytowany przez komórki gastrodermy.

Rozmnażanie

- **bezpłciowe** – pączkowanie (polipy, meduzy, tworzenie kolonii), podział poprzeczny i podłużny, strobilizacja;
- **płciowe**;
- u niektórych form występuje metageneza – przemiana pokoleń, bez przemiany faz jądrowych (oba pokolenia są diploidalne).

Płazińce (*Platyhelminthes*)

Charakterystyka

- zwierzęta wolnożyjące (wirki), ale przede wszystkim wyspecjalizowane pasożyty (przywry, tasiemce, skrzelowce);
- ciało dwubocznie symetryczne i spłaszczone grzbietobrzusznie, zbudowane z **trzech listków zarodkowych**: ekto-, endo- i mezodermy;

- jama ciała (**schizocel**) wypełniona jest **parenchymą** rozprzewadzającą substancje odżywcze;
- posiadają **wór powłokowo-mięśniowy** zbudowany z ektodermalnego nabłonka oraz położonych pod nim warstw mięśni (utrzymuje kształt ciała, umożliwia poruszanie się, stanowi szkielet hydrauliczny);
- układ wydalniczy **protonefrydialny** – zamknięty od strony jamy ciała;
- kanaliki wydalnicze zakończone są komórkami płomykowymi, uchodzą otworami po grzbietowej stronie ciała; główną ich funkcją jest osmoregulacja.

Wirki

- ich ciało jest niepodzielone;
- pokryte są urzęsionym nabłonkiem, zawierającym rabdity (struktury służące do obrony i zasklepiania ran);
- układ pokarmowy składa się z otworu gębowego, wysuwanej gardzieli i rozbudowanego jelita;
- mają drabinkowy układ nerwowy;
- posiadają receptory chemiczne, dotykowe, oczka, a formy morskie – statocysty;
- są drapieżnikami;
- występują w wodach morskich i słodkich;
- przedstawiciele: wirki bezjelitowe, wirki prostojelitowe, trójjelitowe (wyplawki – np. wyplawek biały, wyplawek czarny), wielojelitowe.

Przywry wewnętrzniaki

- ich ciało jest niepodzielone, z przyssawką gębową i brzusznią;
- posiadają dwugłęziste jelito;
- charakteryzuje je złożony cykl rozwojowy, przywra krwi jest rozdzielnopłciowa z dy-morfizmem płciowym;
- przedstawiciele: motylca wątrobowa, motyliczka, przywra krwi, przywra kocia.

Tasiemce

- ich ciało (strobila) podzielone jest na segmenty (proglotydy); wyróżnia się: główkę (skoleks) z urządzeniami czepnymi (przyssawki, bruzdy przylgowe, haki, kolce), szyjkę oraz człony ciała (najstarsze, wypełnione zapłodnionymi jajami, odrywają się);
- ich ciało pozbawione jest rzęsek;
- nabłonek stanowi syncytium i jest pokryty oskórkiem chroniącym przed strawieniem;
- mięśnie zredukowane są do pojedynczych włókien;
- posiadają zredukowany układ pokarmowy, strawiony pokarm gospodarza wchłaniany jest całą powierzchnią ciała;
- są hermafrodytami; u tasiemców zachodzi rozwój złożony z wieloma postaciami larwalnymi i żywicielami pośrednimi;
- przedstawiciele: bruzdogłowiec szeroki, tasiemiec nieuzbrojony, uzbrojony, bą-blowcowy, kręckowy (mózgowiec).

Pasożytnictwo

Wyróżnia się następujące rodzaje pasożytnictwa:

- zewnętrzne, wewnętrzne;
- stałe, czasowe, okresowe (pasożytuje tylko jedna forma, np. larwa);
- obligatoryjne, fakultatywne;
- monokseniczne (jednodomowe), polikseniczne (wielodomowe).

Żywiciel pośredni – organizm, w (na) którego ciele rozwija się postać larwalna pasożyta.

Żywiciel ostateczny – organizm, w (na) którego ciele rozwija się osobnik dorosły.

Wpływ pasożyta na żywiciela

- zubożenie w substancje odżywcze i witaminy;
- zatrucie, uczulenie na produkty metabolizmu pasożyta;
- fizyczny ucisk, uszkodzenie.

Przystosowanie płazińców do pasożytnictwa

- taśmowate, płaskie ciało;
- brak ubarwienia;

CYKLE ROZWOJOWE WYBRANYCH PASOŻYTÓW				
motyllica wątrobowa	przywra krwi	bruzdogłowiec szeroki	tasieniec nieuzbrojony	tasieniec bąblowiec
postać dojrzała ↓ jaja ↓ miracidium (dziwadetko – urzęsiona larwa) ↓ błotniarka stawowa (żywiciel pośredni) ↓ sporocysta ↓ redie ↓ cerkarie (przysawka, otwór gębowy, jelito, plamka oczna) ↓ metacerkarie (otoczone cystą, na roślinach wodnych) ↓ ssaki roślinożerne (jelito → wątroba, żywiciel ostateczny)	postać dojrzała ↓ jaja (z kolcami) ↓ miracidium ↓ ślimak wodny ↓ sporocysta ↓ cerkarie (przechodzą przez skórę człowieka i z krwią żyłą dostają się do płuc) ↓ schistosomule (do naczyń krwionośnych jamy brzusznej człowieka)	postać dojrzała ↓ jaja ↓ koracidium (urzęsiona larwa) ↓ skorupiak (żywiciel pośredni) ↓ onkosfera ↓ procerkoid ↓ ryba (drugi żywiciel pośredni) ↓ żywiciel ostateczny	postać dojrzała (w jelicie człowieka) ↓ jaja ↓ bydło (żywiciel pośredni) ↓ onkosfera (w jelicie) ↓ wągier (cysticerkus; mięśnie) ↓ żywiciel ostateczny	postać dojrzała (jelito psowatych lub kotowatych) ↓ jaja ↓ żywiciel pośredni (przeżuwacze, świnie, człowiek) ↓ onkosfera (wędruje z żołądka do jelita, krwi do wątroby, stamtąd do płuc, mózgu, nerek itp.) ↓ bąblowiec (echinokok) ↓ żywiciel ostateczny
choroba				
fasciozoza	schistosomatoza	difylobotrioza	tenioza	echinokokoza

- obecność oskórka, który chroni przed strawieniem;
- brak układu pokarmowego – wchłanianie strawionego pokarmu przez powłoki ciała;
- brak układu oddechowego – wymiana gazowa całą powierzchnią ciała, zdolność oddychania beztlenowego;
- brak układu krwionośnego;
- brak narządów ruchu, pojedyncze włókna mięśniowe;
- obecność zredukowanych narządów zmysłów (zmysł chemiczny, dotyku, miracidium – dziwadełko, pierwsza larwa w cyklu życiowym przywr posiada dwie plamki oczne w kształcie litery X);
- obecność narządów czepnych (kolce, haki, bruzdy przyssawkowe, przyssawki);
- obojnactwo (zapłodnienie krzyżowe, samozaplemnianie), obecność rozbudowanych narządów rozrodczych;
- bardzo duża produkcja jaj;
- jedna lub kilka postaci larwalnych;
- obecność żywicieli pośrednich (co zapewnia rozprzestrzenienie się populacji pasożyta).

Profilaktyka

- poddawanie mięsa właściwej obróbce termicznej;
- mycie warzyw i owoców przed jedzeniem;
- higiena osobista, pomieszczeń, w kontaktach ze zwierzętami, żywienia;
- unikanie kontaktu z ludzkimi fekaliami.

Nicienie (*Nematoda*)

Charakterystyka

- zwierzęta trójwarstwowe o dwubocznej symetrii;
- posiadają obłe, wydłużone, ostro zakończone ciało o stałej liczbie komórek;
- pokryte są **oskórkiem**, który przepuszcza tylko wodę i gazy oddechowe;
- ich **nabłonek** tworzy syncytium;
- w nabłonku występują **wałki hypodermalne** (w grzbietowym i brzuszny biegną pnie nerwowe, a w bocznych kanały wydalinicze);
- pod nabłonkiem leżą dwie warstwy mięśni podłużnych;
- posiadają **pierwotną jamę ciała** (pseudocel) wypełnioną płynem surowicznym pełniącą funkcję **szkieletu hydraulicznego** oraz transportującą substancje odżywcze i szkodliwe metabolity do kanałów wydaliniczych;
- ich przewód pokarmowy posiada **otwór odbytowy**;
- **układ wydaliniczy** ma kształt litery H, zbudowany jest z małej liczby komórek (u glisty z dwóch komórek);
- są **rozdzielnopłciowe**, występuje u nich **dymorfizm płciowy**;
- **zapłodnienie wewnętrzne** zachodzi w macicy, samce wielu gatunków giną po kopulacji;
- większość z nich jest **jajorodna** (niektóre jajożyworodne);

- zachodzi u nich **rozwój złożony** (larwa wielokrotnie linieje), ich narządy rozrodcze mają budowę cewkowatą.

Nicienie wykorzystywane są do badań naukowych (*Caenorhabditis elegans*), biologicznych metod ochrony roślin; pasożyty natomiast wywołują ciężkie choroby.

Przedstawiciele

- **nicienie wolno żyjące:** *Caenorhabditis elegans*, węgorzek octowy;
- **pasożyty roślin:** węgorzek pszeniczny, mątwik buraczany;
- **pasożyty zwierząt i człowieka:** glista ludzka, świńska, psia, kocia, włosień kręty, owsik, włosogłówka ludzka, tęgoryjec dwunastnicy, filaria Bancrofta.

CYKLE ROZWOJOWE WYBRANYCH NICIENI			
glista ludzka (pasożyt monokseniczny)	włosień kręty (pasożyt polikseniczny)	owsik (pasożyt monokseniczny)	tęgoryjec dwunastnicy
jajo inwazyjne (zakażenie przez spożycie pokarmów lub wypicie wody zanieczyszczonej fekaliami ludzkimi) ↓ larwy (jelito człowieka) ↓ naczynia krwionośne ↓ płuca ↓ krtań (odruchowe połknięcie) ↓ postać dorosła (w jelicie dojrzewają i rozmnażają się płciowo, wraz z kałem wydostają się na zewnątrz)	jajo ↓ larwa (trychina) w mięsie wieprzowym ↓ postać dorosła (w jelicie rozmnażają się płciowo; samice są jajożyworodne, samce giną) ↓ larwy (naczynia krwionośne) ↓ mięśnie poprzeczne prądkowane (głównie przepona i mięśnie międzyżebrowe), otaczają się cystą	jajo (częste samozarażanie) ↓ larwy ↓ postać dorosła (rozmnażanie płciowe w jelicie) ↓ samice składają jaja w okolicy otworu odbyтового	dojrzała postać (dwunastnica człowieka) ↓ jajo (wraz z kałem do gleby) ↓ larwy ↓ larwy inwazyjne (zakażenie zanieczyszczoną żywnością, larwy mogą się też aktywnie wiercać w skórę) ↓ jelito cienkie człowieka
choroba			
glistnica (askarioza) – układzie oddechowym powoduje m.in. astmę oskrzelową; w przewodzie pokarmowym – bóle brzucha, biegunkę, upośledzenie trawienia i wchłaniania, niedrożność jelit	trychinoza – w przewodzie pokarmowym powoduje bóle brzucha, biegunki, zaburzenia trawienia; w krwioobieg i mięśniach – gorączkę, dreszcze, bóle mięśni, kaszel, zaburzenia krzepnięcia, śmierć	owsica – ruchy pasożyta i wydzielane substancje (np. kwas kapronowy) powodują swędzenie	ankylostomiaza (chloroza egipska) – powoduje uszkodzenie jelit, bóle brzucha, owrzodzenia, krwawienia z przewodu pokarmowego (występuje na terenach o ciepłym klimacie, u górników)

Profilaktyka zakażeń nicieniami

- mycie warzyw i owoców;
- unikanie nawożenia gleby ludzkimi fekaliami;
- unikanie konsumpcji surowego, niedogotowanego mięsa;
- kupowanie wyłącznie mięsa przebadanego weterynaryjnie;
- dbanie o higienę osobistą;
- nielekceważenie objawów zakażenia;
- stosowanie płodozmianów;
- codzienna zmiana bielizny osobistej i pościelowej (w owsicy);
- higiena pomieszczeń.

Pierścienice (*Annelida*)

Charakterystyka

- wykazują wiele cech **aromorfotycznych**;
- ich ciało wykazuje wyraźną metamerię:
 - ♦ **metameria homonomiczna** (np. u skąposzczetów) – segmentacja zewnętrzna pokrywa się z wewnętrzną;
 - ♦ **metameria heteronomiczna** (np. u pijawek) – różna liczba segmentów zewnętrznych i wewnętrznych;
- ich nabłonek pokryty jest **śluzem**, pod nabłonkiem znajdują się mięśnie (okrężne, podłużne, poprzeczne, skośne);
- każdy segment oddzielony jest poprzeczną przegrodą (**septum**);
- wtórna jama ciała (**celoma**) wypełniona jest płynem, który pośredniczy w wymianie składników odżywczych, gazów

i produktów przemiany materii między krwią a narządami oraz pełni funkcję hydroszkieletu;

- mają zamknięty **układ krwionośny**; funkcję serca pełni naczynie grzbietowe lub naczynia okrężne;
- w ich osoczu rozpuszczone są barwniki oddechowe: **hemoglobina**, **erytrokruoryna** (czerwony), **chlorokruoryna** (zielony); u niektórych pierścienic krew jest bezbarwna;
- mają **drabinkowy układ nerwowy**;
- mają **układ wydalniczy metanefrydialny**, składający się z kanalików (**nefrydiów**) zbudowanych z orzęsionego lejka otwartego do jamy ciała i kanalika wydalniczego zakończonego otworem wydalniczym;
- pierścienice wodne wydalają głównie amoniak (NH_3), lądowe – mocznik.

Przedstawiciele

Do pierścienic zaliczamy **wieloszczety**, **pijawki** oraz **skąposzczety**.

Wieloszczety

- jest to najliczniejsza grupa pierścienic;
- są to głównie organizmy morskie;
- poruszają się za pomocą **parapodiów** pełniących również funkcję skrzeli zewnętrznych;
- w części **głowej** posiadają oczy, czułki i wąsy służące do odbierania bodźców dotykowych i węchowych;
- są **rozdzielnopłciowe**, **zapłodnienie zewnętrzne**, zachodzi u nich rozwój złożony z larwą **trochoforę**;

- są drapieżnikami, saprofagami, filtratorami;
- stanowią pokarm dla stawonogów i ryb;
- mają udział w obiegu materii;
- oczyszczają wodę;
- wykorzystywane są w celach kulinarnych (robak palolo);
- przedstawiciele: nereida różnokolorowa, afrodyta tęczowa (mysz morska), nalepian, sabella, robak palolo.

Pijawki

- posiadają **przyssawkę przednią** (otaczającą otwór gębowy) i **tylną** (umożliwia przyciąganie do podłoża i poruszanie);
- są **hermafrodytami**;
- zachodzi u nich **rozwój prosty**, rozwój młodych odbywa się w kokonach wytwarzanych przez gruczoły **siodełka**;
- są drapieżnikami (zjadają larwy owadów, mięczaki, skąposzczety) lub pasożytami zewnętrznymi;
- w gardzieli gromadzą krew, która dzięki wydzielanej **hirudynie** nie krzepnie;
- powodują straty w stawach hodowlanych, są żywicielami niektórych pasożytów (np. przywr, tasiemców); hirudyna stosowana jest jako środek przeciwzakrzepowy;
- przedstawiciele: pijawka końska, lekarska, rybia.

Skąposzczety

- żyją w wodach słodkich i wilgotnej glebie;
- poprawiają strukturę gleby, mineralizując ją i użyźniając;

- dzięki gruczołom wapiennym neutralizują kwasy humusowe (zwiększają pH gleby);
- są bioindykatorami (rureczniki), uczestniczą w oczyszczaniu wód (wazonkowce);
- stanowią pokarm dla wielu zwierząt;
- są **obojnakami**;
- w ich rozmnażaniu uczestniczy **siodełko** wytwarzające śluzową **mufkę**, w której następuje **zapłodnienie krzyżowe**;
- zachodzi u nich **rozwój prosty**;
- przedstawiciele: dżdżownica ziemna, wazonkowce, rurecznik mułowy.

Stawonogi (*Arthropoda*)

Stawonogi to najliczniejsza grupa zwierząt na Ziemi. Typ ten charakteryzuje się bardzo dużą różnorodnością form, trybu i środowiska życia. Formy lądowe wykształciły wiele przystosowań do życia na lądzie, m.in.:

- pokrycie ciała chitynowym oskórkiem (**kutykulą**); obecność komórek barwnikowych, czasami kolców, włosków itp.; zrzucanie starego oskórka okresowo w procesie linienia (stawonogi rosną skokowo);
- obecność **mięśni poprzecznie prążkowanych**, zginaczy i prostowników;
- występowanie ruchomych połączeń (**stawów**) między segmentami tułowia i członami odnóży;
- wytworzenie różnego typu odnóży (czułki, narządy gębowe, narządy kopulacyjne, odnóża kroczone – skoczne, pływne, chwytne, grzebne, do zbierania pyłku);

- wykształcenie różnych aparatów gębowych:
 - ♦ gryzącego – konik polny (czułki, żuwaczki, głaszczki);
 - ♦ gryząco-liżącego – pszczoła (żuwaczki, głaszczki, języczek);
 - ♦ ssącego – motyl (czułki, głaszczki, trąbka);
 - ♦ kłująco-ssącego – komar (pęk sztylceików, czułki, głaszczki, rynienka);
 - ♦ liżącego – mucha (języczek);
- obecność **tchawek** i **płucotchawek** umożliwia oddychanie tlenem atmosferycznym (u form wodnych – **skrzelą**);
- **zapłodnienie wewnętrzne** i wykształcenie osłon jajowych zapobiegające wysychaniu na lądzie;
- **centralizacja układu nerwowego** (sprawne reagowanie na otoczenie, złożone zachowania społeczne);
- obecność wyspecjalizowanych **narządów zmysłów** usprawniających odbiór bodźców z otoczenia (**chemoreceptory** – narządy smaku i węchu, leżą najczęściej na czułkach; **włoski dotykowe** – najczęściej na czułkach; **statocysty**);
- wykształcenie oczu: **prosty** (występują u pajęczaków); **złożonych** (występują u owadów i niektórych wijów i skorupiaków), zbudowane są z wielu **omatidiów**; dają obraz mozaikowy, który ulega przekształceniu w układzie nerwowym; szerokie pole widzenia, dochodzące do 360°;
- możliwość dostrzegania szerszej gamy barw (np. pszczoły widzą UV, rozróżniają polaryzację światła); **apozycyjne** (występują u owadów dziennych); **superpozycyjne** (u owadów o nocnym i zmierzchowym trybie życia oraz u skorupiaków);
- **obecność narządów tympanalnych (słuchu)** – występują u świerszczy i pasikoników, służą do odbioru fal akustycznych, mają postać okienek w pancerzu (na odnóżach, odwłoku), które od zewnątrz zamknięte są błoną;
- **posiadanie narządów strydulacyjnych (dźwiękowych)** – służą pajęczakom, skorupiakom, wijom i owadom do wytwarzania dźwięków, np. świerszcze pocierają o siebie lewą i prawą pokrywę;
- wykształcenie **otwartego układu krwionośnego** – serce leży po grzbietowej stronie ciała, zawiera otwory (ostia), przez które wlewa się **hemolimfa** (mieszanina krwi i płynu ciała), w osoczu mogą być rozpuszczone barwniki oddechowe, np. **erytrokroryna** (czerwony), **hemocyjanina** (niebieski).

Znaczenie stawonogów

- podstawowy składnik zooplanktonu (skorupiaki);
- źródło pokarmu dla wielu organizmów;
- wykorzystywane przez człowieka w celach kulinarnych;
- wywołują choroby (np. świerzby, alergię);
- zapylają rośliny;

PORÓWNANIE WYBRANYCH GROMAD STAWONOGÓW			
cecha	skorupiaki	pajęczaki	owady
tagmy	głowotułów, odwłok	głowotułów, odwłok	głowa, tułów (3 segmenty), odwłok
odnóża	czułki (2 pary); narządy gębowe (6 par): żuwaczki (1 para), szczęki (2 pary), szczękonoża (3 pary); odnóża krocne (5 par); odnóża odwłokowe	brak czutek (zanik); narządy gębowe (2 pary): szczękoczułki, nogogłaszczki; odnóża krocne z pazurkami (4 pary)	czułki (1 para); narządy gębowe (3 pary): żuwaczki (1 para), szczęki (2 pary – druga para szczęk przekształciła się w wargę dolną); odnóża krocne z pazurkami (3 pary); na II i III segmencie tułowia znajdują się skrzydła
pokrycie ciała	chitynowy oskórek (zwapniony)	chitynowy oskórek	chitynowy oskórek
narządy oddechowe	skrzelą	płuca (płucotchawki), u niektórych tchawki	tchawki
oczy	złożone (niektóre proste)	proste	złożone (niektóre proste)
narządy wydalnicze	przekształcone metanefrydia w gruczołach czułkowych i szczękowych; wydalaają amoniak	przekształcone metanefrydia w gruczołach biodrowych, u wyższych cewki Malpighiego; wydalają guaninę	cewki Malpighiego – zbierają zbędne i szkodliwe metabolity z hemolimfy i przekazują je do jelita; wydalają kwas moczowy
rozmnażanie	jajorodne; rozwój złożony, u wodnych zapłodnienie zewnętrzne	zapłodnienie wewnętrzne; skorpiony i roztocza są żyworodne, u większości rozwój prosty	zapłodnienie wewnętrzne; jajorodne; u niektórych form, np. u mszyc, występuje dziełowrództwo (partenogeneza); rozwój złożony może być z przeobrażeniem niepełnym : jajo → larwa → imago lub z przeobrażeniem pełnym : jajo → larwa → poczwarka → imago
przedstawiciele	dafnie (rozwiłtki), oczliki, pąkle, raki, homary, langusty, kraby, kryl	pajęki (sieciowe np. krzyżak; bezsieciowe np. skakuny); kosarze (np. kosarz zwyczajny); zaleszczotki (nogogłaszczki przekształcone w szczypce, np. zaleszczotek pospolity); roztocza (kleszcz pastwiskowy, świerzbowiec drążący); skorpiony (mają szczypce i odwłok podzielony na dwie części: przedodwłok i zaodwłok zakończony gruczołem i kolcem jadowym, np. skorpion cesarski)	owady bezskrzydłe (brak skrzydeł, aparat gębowy gryzący, rozwój prosty, np. rybik cukrowy); owady uskrzydłone - owady o przeobrażeniu niepełnym: ważki (np. żagnica, tętka), skorki (np. skorek zausznik), karaczany (np. karaczan wschodni), prostoskrzydłe (np. świerszcz, pasikonik, szarańcza wędrowna, turkuć podjadek), pluskwiaki równoskrzydłe (np. mszyce), wszy (np. wesz ludzka) - owady o przeobrażeniu pełnym: łuskoskrzydłe (motyle), błonkoskrzydłe (błonkówki, np. mrówka rudnica, pszczoła miodna, osa pospolita), muchówki (np. mucha domowa, komar widliszek), chrząszcze (np. biedronka siedmiokropka, chrabąszcz majowy), pchły (np. pchła ludzka)

- są przenosicielami chorób (np. kleszcze – boreliozy, muchy tse-tse – śpiączki afrykańskiej, komary – malarii, pchły – dżumy, wszy – duru plamistego);
- przyspieszają rozkład odchodów, szczątków organizmów;
- wykorzystywane są w przemyśle (jedwabniki, pszczoły);
- używa się ich do walki biologicznej ze szkodnikami.

Mięczaki (*Mollusca*)

Do mięczaków zaliczamy największe i najinteligentniejsze **bezkęgowce** – głowonogi. Oprócz nich do grupy tej należą: chitony, jednotarczowce, łódkonogi, małże i ślimaki.

Charakterystyka

- rozróżnia się trzy części ciała: **głowę** (brak u małży) oraz **nogę; tułów** (worek trzewiowy) – zawiera narządy wewnętrzne, po stronie grzbietowej tworzy **płatcz**; między fałdą płaszczu i workiem trzewiowym znajduje się **jama płaszczowa** – silnie ukrwiony worek pełniący funkcję płuca (jama płucna) lub zawierający skrzela; w jamie płaszczowej usytuowane są ujścia układu pokarmowego, rozrodczego i wydalniczego; płaszcz wytwarza muszlę zbudowaną z węglanu wapnia CaCO_3 i konchioliny;
- silnie umięśniona **noga** jest narządem lokomocji; głowonogi przekształciły nogę w zespół ramion (tzw. macek) oraz lejek, przez który z jamy płaszczowej wypływa woda;
- funkcję **szkieletu** pełni muszla (**szkielet zewnętrzny**) i ciśnienie płynu wewnątrz ciała (**szkielet hydrauliczny**), u głowonogów występuje chrzęstna puszka ochraniająca mózg;
- **układ krwionośny otwarty**; w osoczu obecny jest niebieski barwnik oddechowy – **hemocyjanina**;
 - ♦ serce leży w worku osierdziowym, zbudowane jest z komory i 1, 2 lub 4 przedsionków oraz tętnic; krew płynie od skrzeli, przez przedsionki, do komory i tętnicami do zatok jamy ciała; u głowonogów układ jest półzamknięty; występują dwa obiegi krwi: duży (serce–ciało–serce) i mały (serce–skrzela–serce);
- **układ nerwowy** u prymitywnych mięczaków (chitony, jednotarczowce) składa się z obrączki okołogardzielowej i czterech pni nerwowych połączonych spoidłami; u bardziej wyspecjalizowanych mięczaków zbudowany jest z pary zwojów mózgowych, nożnych, bocznych i trzewiowych; najsilniej rozwinięty jest mózg głowonogów (chroniony chrzęstną puszką mózgową), u których występują złożone formy zachowań (uczenie się, koordynowanie działań w grupie);
- **narządy zmysłów** – dotyku, statocysty, chemoreceptory, oczy (u głowonogów

pęcherzykowate oczy, u niektórych zdolne do akomodacji przez przesuwanie soczewki względem siatkówki);

- **układ wydalniczy** zbudowany jest z **nerek** otwierających się lejkami do worka osierdziowego i **moczowodów** prowadzących do jamy płaszczowej; mięczaki wodne wydają **amoniak** i **mocznik**, lądowe – **kwasy moczowe**.

Rozmnażanie

- większość ślimaków i część małży to obojnaki, głowonogi i niektóre ślimaki są rozdzielnopłciowe;
- u form wodnych zapłodnienie jest zewnętrzne lub zachodzi w jamie płaszczowej;
- u lądowych zapłodnienie jest wewnętrzne (u obojnaków krzyżowe);
- u głowonogów i ślimaków płucodysznych zachodzi rozwój prosty;
- u pozostałych gromad zachodzi rozwój złożony z larwą **trochoforą**, która może przekształcić się w postać dorosłą lub następną postać larwalną (**weliger**) zawierającą muszlę zarodkową i zawiązek nogi.

Przedstawiciele

Małże

- nie mają głowy;
- posiadają dwupłatowy płaszcz;
- obie połówki muszli połączone są na grzbiecie **zawiasem** i **więzadłem**, a silne poprzeczne mięśnie zwieracze potrafią je zatrzasnąć;

- muszla zbudowana jest z trzech warstw: **konchiolinowej** (zewnętrznej), **porcelanowej** (środkowej), **perłowej** (wewnętrznej);
- odżywiają się przez filtrowanie zawiesiny organicznej za pomocą skrzeli; woda wpływa do jamy płaszczowej przez **syfon wlotowy**, a wypływa przez **syfon odpływowy**;
- żyją w wodach słodkich i słonych;
- niektóre przytwierdzają się do przedmiotów za pomocą cieniutkich nitek zwanych **bisiorem**, będących wydzieliną gruczołu położonego u nasady nogi;
- jako filtratory oczyszczają wodę z nadmiaru substancji organicznej, stanowią pokarm m.in. wydr, są zjadane przez człowieka (np. ostryga), produkują perły (perłopławy);
- przedstawiciele: omulek, ostrygi, perłopławy, świdrak okrętowy (niszczy drewniane urządzenia portowe, drewniane kadłuby łodzi), szczeżuja pospolita, racicznica zmienna.

Ślimaki

- wywołują szkody w rolnictwie (pomrowy); błotniarka stawowa jest żywicielem pośrednim motylicy wątrobowej; stanowią pokarm dla zwierząt i ludzi (winniczki, czareczki, brzegówki);
- przedstawiciele: **ślimaki przodoskrzelne** (np. porcelanki, rozkolce, żyworódki, zagrzebki); **ślimaki tyłoskrzelne** (np. alderia); **ślimaki płucodyszne** (np. winniczki,

pomrowy, błotniarka stawowa, zatoczek rogowy, wężyk ogrodowy).

Głownogi

- są drapieżnikami, stanowią pokarm ryb, wielorybów, człowieka;
- przykłady: **łodziki** (np. łodzik – zewnętrzna, spiralnie zwinięta muszla podzielona na komory wypełnione gazami); **dwuskrzelne** (np. kałamarnice, mątwy – dziesięciopromienne; posiadają gruczoł czernidłowy, produkujący czarno-brunatną wydzielinę – **sepię**, która tworzy zasłonę dymną i dezorientuje napastnika; ośmiornice – osiem ramion, wewnętrzna, zredukowana muszla, pływają ruchem odrzutowym dzięki wodzie wyrzucanej przez lejek).

Szkarłupnie (*Echinodermata*)

Szkarłupnie to zwierzęta żyjące w morzach o pełnym zasoleniu, związane z dnem, rzadziej pływające w toni wodnej. Są grupą reliktową liczącą około 7 tys. gatunków.

Charakterystyka

- są to zwierzęta wtórouste;
- mają pięciopromienną symetrię ciała (larwy dwubocznie symetryczne);
- ich ciało jest pokryte **nabłonkiem**, pod którym występuje tkanka łączna wytwarzająca **pancerz** w postaci wapiennych płytek (pochodzenia mezodermalnego), często zaopatrzone w kolce;

- u dorosłych osobników brak wyodrębnionej głowy;
- można u nich wyróżnić stronę gębową oraz przeciwgębową (odbyt);
- wykazują dużą zdolność regeneracji.

Czynności życiowe

- **odżywianie** – prosty układ pokarmowy z otworem gębowym i odbytowym; mogą być drapieżnikami (np. rozgwiazdy), filtratorami, mułozercami (np. strzykwy);
- **oddychanie** – narządami oddechowymi mogą być wyrostki skórne (u jeżowców), płuca wodne (u strzykw);
- **układ krwionośny (hemalny)** – brak serca (zastępuje je kurczliwe naczynie); zbudowany z kanału okrężnego, naczyńia prostopadłego, kanałów bocznych i systemu zatok;
- **układ wodny (ambulakralny)** – system kanałów zaopatrzonych w ampułki, w których krąży woda morska; z ampułek na zewnątrz wychodzą **nóżki ambulakralne (wodne)** często zaopatrzone w **przyssawki**; służą do poruszania się, zwiększania powierzchni wymiany gazowej, pełnią funkcje przyssawek i narządów dotykowych; skurcz ampułki powoduje wypełnienie nóżki, skurcz nóżki wypełnienie ampułki; w zależności od wypełnienia płynem następuje odpowiedni ruch nóżki; ruchy są powolne, ale precyzyjne, umożliwiają poruszanie się i pobieranie pokarmu;

- **układ parahemalny** – składa się z wielu połączonych jam i przestworów międzykomórkowych;
- **wydalanie i osmoregulacja** – brak układu wydalniczego, usuwanie zbędnych metabolitów odbywa się na drodze dyfuzji przez liczne cienkościenne wyrostki ciała; w układzie hemalnym funkcjonują specjalne komórki – podocyty, które pochłaniają metabolity, następnie przedostają się do układu wodnego, a stamtąd na zewnątrz ciała przez nóżki wodne;
- **układ nerwowy** – jest zdecentralizowany; zbudowany z centralnego pierścienia otaczającego jelito i promieniście odchodzących od niego nerwów; brak mózgu i wyspecjalizowanych narządów zmysłów;
- **układ rozrodczy** – szkarłupnie są rozdzielnopłciowe; brak dymorfizmu płciowego; zapłodnienie zewnętrzne; zachodzi u nich rozwój złożony (różne typy larw wolno pływających); rozgwiazdy i wężowidła mają duże zdolności regeneracyjne, mogą rozmnażać się przez podział.

Przedstawiciele

- **liliowce** mają kielichowate ciało z pięcioma ramionami, prowadzą osiadły tryb życia;
- **rozwgiazdy** – mają postać pięcioramiennej gwiazdy, np. korona cierniowa, rozgwiazda czerwona;
- **wężowidła** – ich ciało złożone jest z pięciu długich ramion oraz tarczy centralnej, są drapieżne, mułozerne;

- **jeżowce** – posiadają narząd żujący zwany latarnią Arystotelesa, służący im do rozcierania pokarmu;
- **strzykwy** – są mułozercami oraz filtratorami.

Znaczenie

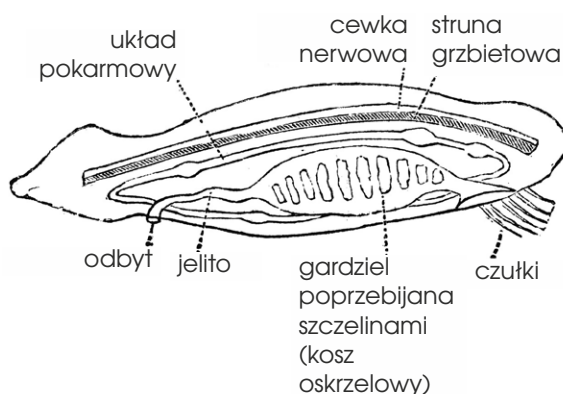
- niektóre z nich są drapieżne;
- korona cierniowa jest szkodnikiem raf koralowych;
- są czyścicielami zbiorników morskich (filtratorzy, saprofagi);
- niektóre jeżowce są jadalne, z suszonych i wędzonych strzykw przyrządza się w Chinach trepang;
- niektóre zawierają jad niebezpieczny także dla człowieka (jeżowce, rozgwiazdy).

Strunowce (Chordata)

Charakterystyka

- u postaci dorosłej lub larwalnej występuje struna grzbietowa (wewnętrzny szkielet osiowy);

BUDOWA LANCETNIKA



- mają cewkowaty układ nerwowy (nad struną grzbietową);
- mają segmentalny układ mięśni;
- ich gardziel jest przebita szczelinami skrzelowymi;
- układ pokarmowy i serce znajdują się po stronie brzusznej;
- są wtórouste;
- są dwubocznie symetryczne;
- mają umięśniony ogon, który pełni funkcję narządu ruchu.

Modelem strunowca jest **lancetnik**, który żyje zagrzebany w piasku na dnie mórz. Posiada on wiele cech prymitywnych, ale także te, które są charakterystyczne dla strunowców.

ZWIERZĘTA KRĘGOWE (*Vertebrata*)

Ryby (*Pisces*)

Ryby to najliczniejsza grupa kręgowców. Zaliczamy do nich m.in.:

- **ryby chrzęstne** – ich szkielet zbudowany jest z tkanki chrzęstnej; mają skrzela z osobnymi szczelinami (pierwsza szczelina u części przekształcona w tryskawkę), brak pokrywy skrzelowej; mają łuski plakoidalne; posiadają kresomózgowie z dużymi opuszkami węchowymi; obejmują ryby:
 - ♦ **zrostogłowe**, np. przerazy (chimery);

PODZIAŁ CECH LANCETNIKA NA PRYMITYWNE (CHARAKTERYSTYCZNE DLA BEZKRĘGOWCÓW) I EWOLUCYJNIE ZAAWANSOWANE (CHARAKTERYSTYCZNE DLA STRUNOWCÓW)

cechy lancetnika charakterystyczne dla

bezkęgowców

- brak wyraźnie wyodrębnionych części ciała
- metameria:
 - mięśni - miomery V, poprzedzielane mioseptami (łącznotkankowymi przegrodami); układ miomerów prawej strony w stosunku do lewej wykazuje asymetrię (przesunięcie); mięśnie poprzeczne prztkowane; poruszanie się przez esowate wygięcia ciała
 - gonad (26 par jajników i jąder)
 - narządów wydalniczych
 - nerwów rdzeniowych (układ odpowiada miomerom)
 - części naczyń krwionośnych
- układ wydalniczy
 - protonefrydia (90–100 par) z solenocytami (komórkami płomykowymi) usuwają amoniak do jamy okołoskrzelowej
- brak czaszki
- brak kończyn (fałdy powłok ciała pełnią funkcję płetw)
- brak serca, obecność tętniących naczyń krwionośnych (zatoka żylna, tętnica podendostylarna, naczynia włosowate kosza skrzelowego, tętnica ogonowa, żyła wątrobową)
- krew bezbarwna z małą ilością krwinek
- zachowana wtórna jama ciała (celoma) w postaci kanałów włóczonych w ściany różnych narządów

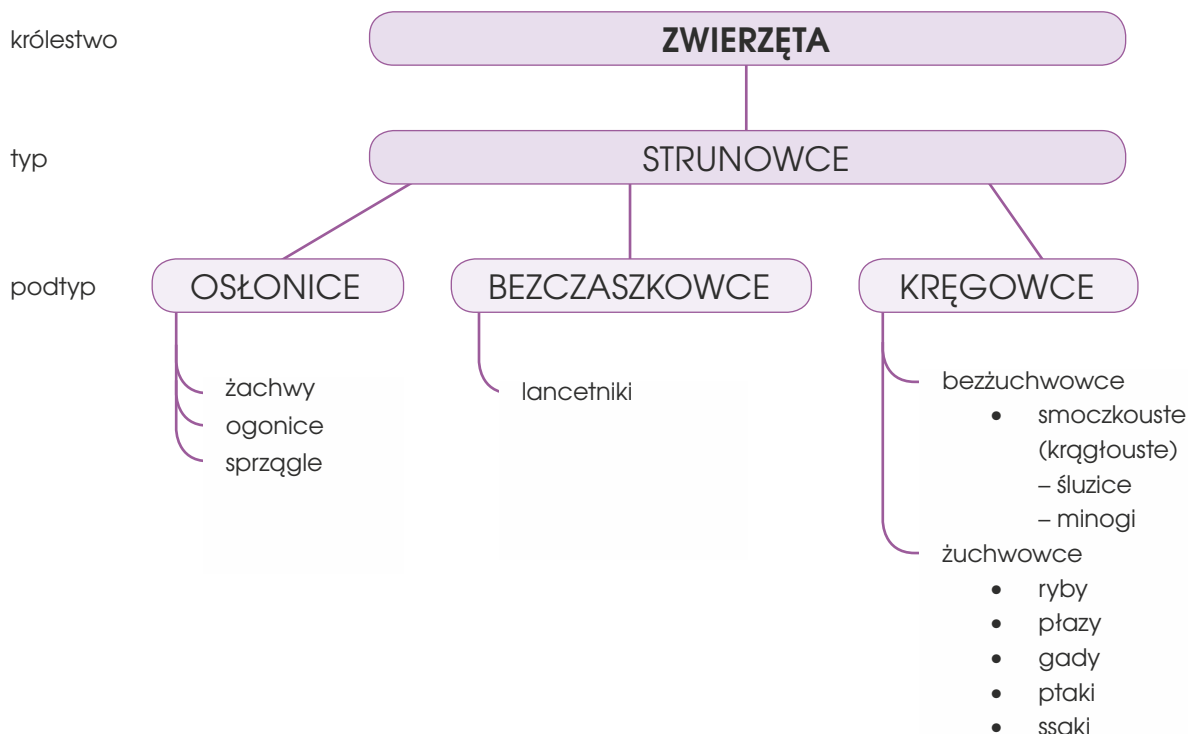
strunowców

- dwuboczna symetria ciała
- pokrycie ciała skórą zbudowaną z jednowarstwowego nabłonka i tkanki łącznej galaretowatej
- obecność struny grzbietowej
- obecność cewki nerwowej położonej nad struną grzbietową
- łączność układu oddechowego z pokarmowym – gardziel przebita szczelinami skrzelowymi
- układ krążenia zamknięty
- wrotne krążenie wątrobowe
- obecność uchylka wątrobowego – homologiczny z wątrobą kręgowców, funkcjonalnie odpowiednik trzustki
- plan naczyń krwionośnych zbliżony do zarodków kręgowców i ryb
- rozdzielnoptciowość

- ♦ **spodoustę**, np. ryba pila, płaszczyki (raje, orlenie, ogończe, drętwy, manty), rekiny;
- **ryby kostne:**
 - ♦ **mięśniopłetwe**, np. ryby trzonopłetwe (latimeria), ryby dwudyszne (rogozab, prapłaziec);
 - ♦ **promieniopłetwe:**
ganoidy chrzęstne (ryby kostnochrzęstne), np. jesiotr, bielega;
ganoidy kostne (przejsiciowce), np. męklawki, niszczuki;
ryby kostnoszkieletowe (kościste), np. śledzie, węgorze, łososie, karpie, sumy, dorsze, żabnice, belony, iglicznie, okonie, flądry, najeżki.

Przystosowanie ryb do życia w środowisku wodnym

- opływowy kształt ciała (**hydrodynamiczny**, zmniejszający tarcie);
- nieruchome połączenie głowy z tułowiem, które ułatwia pokonywanie oporu wody i zwiększa szybkość ruchu;
- ruch za pomocą bocznych wygięć ciała i płetw (narządy ruchu i równowagi):
 - ♦ **płetwy parzyste** (dwie pary) – piersiowe, brzuszne;
 - ♦ **płetwy nieparzyste** – grzbietowa (symetryczna), odbytowa (niesymetryczna), ogonowa (zewnątrznie symetryczna);
- skóra pokryta **śluzem**, zawiera **chromatofory** (komórki barwnikowe), na skórze znajdują się ułożone dachówkowo **łuski**;



plakoidalne (u ryb chrzęstnych), **ganoidalne** (u ganoidów), **elastyczne**;

- **skrzela** (wymiana gazowa, osmoregulacja) są silnie ukrwione, osadzone na łukach skrzelowych (zawierają wyrostki filtracyjne i listki skrzelowe), między łukami znajdują się szczeliny skrzelowe:
 - ♦ u ryb kostnych skrzela znajdują się w jamie skrzelowej i okryte są kostnym wieczkiem skrzelowym;
 - ♦ u ryb chrzęstnych I szczelina skrzelowa przekształca się w tryskawkę;
- **pęcherz pławny** to wypełniony gazami narząd hydrostatyczny umożliwiający zmianę stopnia zanurzenia w wodzie, może pełnić też funkcję oddechową i uczestniczyć w słyszeniu (tzw. narząd Webera);
- **oczy** pozbawione powiek i gruczołów łzowych, mają zdolność akomodacji i szeroki kąt widzenia;
- **linia boczna** – odbiera zmiany ciśnienia, drgania i zawirowania wody; zbudowana

Czy wiesz, że...



Największą rybą kostną jest samogłów – ryba planktonożerna, osiągająca wagę dwóch ton; jest ona jednocześnie najbardziej płodna (wydaje około 300 mln jaj).

jest z ciałek zmysłowych mieszczących się w kanałach biegnących wzdłuż boków ryby;

- **wydalanie** – ryby kostne usuwają amoniak, a ryby chrzęstne mocznik;
- **osmoregulacja**:
 - ♦ **ryby morskie** żyją w środowisku hipertonicznym; aby zmniejszyć straty wody, ryby chrzęstne utrzymują we krwi substancje osmotycznie czynne (np. mocznik), a ryby kostne piją wodę, nadmiar soli wydalając przez skrzela – nerki produkują bardziej zagęszczony mocz;

PODZIAŁ RYB ZE WZGLĘDU NA KIERUNEK WĘDRÓWEK

ryby **anadromiczne** (np. łososiowate, jesiotrowate)



ryby **kataadromiczne** (np. węgorze wędrują do Morza Sargassowego)



- ♦ **ryby słodkowodne** żyją w środowisku hipotonicznym; aby zapobiec nadmiarowi wody, usuwają duże ilości wody z moczem oraz aktywnie pobierają jony przez skrzela.

Rozmnażanie i rozwój

- składają jaja w galaretowatych osłonkach (ikra), niektóre ryby są żyworodne;
- u większości zachodzi zapłodnienie zewnętrzne;
- ryby odbywają gody (tarło) w tzw. tarliskach;
- niektóre ryby podejmują dalekie wędrówki do miejsc tarliskowych;
- w czasie godów niektóre (np. łososiowate) przybierają jaskrawe zabarwienie; u ryb głębinowych występują fotofory, u matronic samiec zrasta się z samicą;
- większość ryb nie opiekuje się potomstwem (ikra składana jest w dużej ilości); wyjątek stanowią np. ciernik, gurami, koniki morskie, różanka, ryby pielęgnicowate.

W Polsce pod ochroną gatunkową są m.in.: jesiotr zachodni, babka czarna, babka szczupła, babka czarnoplamka, babka mała, babka piaskowa, ciosa, dennik, głowacz przegopłety, głowacz białopłety, iglicznia.

Płazy (*Amphibia*)

Płazy to zwierzęta wodno-lądowe. Zaliczamy do nich:

- **płazy tarczogłowe** – wymarłe, należała do nich m.in. ichtiostega (rybopłaz);
- **płazy współczesne**:
 - ♦ **rzód ogoniaste** – salamandra plamista, salamandra olbrzymia (największy płaz, 1,5 m długości, 25 kg), traszki (zwyczajna, grzebieniasta, górską, karpacka), aksolotl meksykański, odmieniec jaskiniowy;
 - ♦ **rzód bezogonowe** – ropuchy (szara, zielona, paskówka), rzekotka drzewna, grzebiuszka ziemna, kumaki (nizinny, górski), żaby (trawna, moczarowa, jeziorowa, wodna, śmieszka), liściołaz straszliwy;
 - ♦ **rzód beznogie** – mają zredukowane kończyny i oczy, żyją w glebie; marszczelec pierścieniowy.

Przystosowanie żaby do życia

w środowisku wodnym

- zapłodnienie zewnętrzne w wodzie, jaja składane do wody;
- rozwój złożony z kijanką żyjącą w wodzie, oddychającą skrzelami;
- ogon kijanki zaopatrzony w płetwę;
- palce kończyn tylnych zaopatrzone w błony pławne;
- płaska, ażurowa czaszka; oczy i otwory nosowe położone po grzbietowej stronie głowy;

- skóra naga, silnie ukrwiona (wspomaga oddychanie), pokryta śluzem zmniejszającym tarcie podczas pływania;
- u płazów ogoniastych ogon służący jako napęd (pływanie przez boczne wygięcia ciała).

Przystosowanie żaby do życia

w środowisku lądowym

- wykształcenie **kończyn** (rozstawione na boki, pasy kończyn połączone z kręgosłupem, u bezogonowych zrośnięcie kości przedramienia i podudzia, dłuższe kończyny tylne pozwalają na sprawne skoki);
- palczaste kończyny (przednie – 4 palce, tylne – 5 palców);
- **skóra** pokryta wielowarstwowym nabłonkiem i śluzem (chroni przed wysychaniem):
 - ♦ zawiera komórki barwnikowe (kamouflaż, odstraszenie) oraz gruczoły jadowe, które wydzielają jad chroniący przed drapieżnikami;
- ♦ jest silnie unaczyniona, co umożliwia wymianę gazową całą powierzchnią ciała;
- workowate płuca (brak klatki piersiowej, powietrze pompowane za pomocą jamy gębowo-gardzielowej);
- grzbietobrzusznie spłaszczone ciało;
- wykształcenie dwóch obiegów krwi (małego i dużego), serce trójdziałowe (2 przedsionki, 1 komora);
- silny rozwój mózgu, szczególnie przodomózgowia, w którym zaznaczają się półkule mózgowe;
- ucho wewnętrzne i środkowe ze strzemiączkiem, umożliwiające odbieranie dźwięków przenoszonych przez powietrze;
- oczy osłonięte powiekami;
- szkielet kostny;
- szkielet osiowy zbudowany z ażurowej czaszki i kręgosłupa (odcinki: szyjny, tułowiowy, krzyżowy, kość ogonowa – urostyl); czaszka łączy się z kręgosłupem

PORÓWNANIE KIJANKI I POSTACI DOROSŁEJ

cecha	kijanka	postać dorosła
narządy oddechowe	skrzelą	płuca
środowisko życia	wodne	wodno-lądowe
narządy ruchu	ogon zaopatrzony w płetwę	kończyny (brak ogona lub ogon pozbawiony płetwy)
serce	1 przedsionek, 1 komora	2 przedsionki, 1 komora
obieg krwi	1	2
sposób odżywiania się	roślinożerność	drapieżnictwo
żółtek	brak	obecny

za pomocą dwóch kłykci potylicznych i kręgu szyjnego, umożliwiającymi tylko „potakujące” ruchy głową; żuchwa połączona stawowo z czaszką, żebra zredukowane (brak klatki piersiowej);

- oparciem dla kończyn są obręcze: miedniczna i barkowa;
- wydalają mocznik (oszczędna gospodarka wodna).

Ochrona

Wszystkie polskie gatunki płazów objęte są ochroną (żaby: jeziorkowa, wodna, śmieszka chronione są w porze godowej, czyli 1 III–31 V).

Gady (Reptilia)

Gady to zwierzęta zmiennocieplne (**ektotermiczne**), wygrzewają się na słońcu (**heliotermiczność**) lub chowają w cieniu, zapadają w sen zimowy (**hibernacja**), niektóre w letni (**estywacja**).

Przystosowanie gadów do życia w środowisku lądowym

Cechy morfologiczne

- sucha, zrogowaciała **skóra** nieprzepuszczalna dla gazów i wody, pozbawiona gruczołów, pokryta łuskami lub skostnieniami skórnymi, zawiera komórki barwnikowe; występuje zjawisko linienia;
- **kończyny** pięciopalczaste podwieszające ciało (rozstawione na boki);
- **palce** zaopatrzone w pazury (większa przyczepność do podłoża);
- zwinny sposób poruszania się dzięki udziałowi całego kręgosłupa (boczne wygięcia ciała);
- **ogon** długi, ruchliwy, u jaszczurek może być odrzucany – **autotomia**;
- oko osłonięte trzema **powiekami** (dolna, górna, migawkowa) – chronią przed działaniem czynników zewnętrznych;
- **ruchliwa głowa** dzięki obecności 1. kłykcia potylicznego i odpowiedniej budowie 1. i 2. kręgu szyjnego: dźwigacz, obrotnik (lepsza penetracja środowiska).

Cechy anatomiczne

- **szkielet** silnie skostniały;
- **czaszka** silnie wysklepiona, zawierająca okna skroniowe, które są miejscem przyczepu mięśni szczęk;
- **kręgosłup** składa się z pięciu odcinków (szyjny, piersiowy, lędźwiowy, kość krzyżowa, kość ogonowa);
- silnie rozwinięte kości **obręczy barkowej** (łopatki, nadłopatki, kości krucze, obojczyki) oraz **miednicznej** (zrośnięcie kości biodrowej, łonowej, kulszowej);
- **homodontyzm** – szczęki zaopatrzone w nieodróżnicowane, stale wymieniane zęby, u niektórych jadowite;
- ruchomy **język** (kameleon chwytą nim ofiary, u węży i jaszczurek rozdwojony na końcu – narząd zmysłów);
- **płuca** **gąbczaste**, osłonięte żebrami i mostkiem (klatka piersiowa wspomaga oddychanie);

- serce – zatoka żylna, dwa przedsionki, komora z niepełną przegrodą, stożek tętniczy podzielony na dwa łuki aorty i tętnicę płucną, **dwa obiegi krwi**;
- **nerki ostateczne** (efektywniej regulują gospodarkę wodno-mineralną);
- gady lądowe są **urikoteliczne** (wydalają kwas moczowy), żółwie wodne i krokodyle wydalają amoniak i mocznik;
- silniejszy rozwój **mózgu**, zwłaszcza półkul mózgowych z zaczątkami kory mózgu; silnie rozwinięte śródmózgowie (dobry wzrok); u form aktywnych ruchowo duży mózdzek;
- **zmysły** – wzrok, jamki policzkowe (odbiór bodźców termicznych), słuch, zmysł chemiczny (węch).

Rozmnażanie

- są rozdzielnopłciowe;
- wykształciły się narządy kopulacyjne w związku z zapłodnieniem wewnętrznym;
- układ rozrodczy uchodzi do kloaki;
- zachodzi rozwój prosty;
- są jajorodne lub jajożyworodne;
- ich jaja bogatożółtkowe składane są na lądzie, posiadają skórzastą skorupkę z porami, przez które dostają się gazy oddechowe;
- są **owodniowcami**, wytwarzają błony płodowe:
 - ♦ **omocznia** – zbiera szkodliwe produkty przemiany materii, ułatwia wymianę gazową – jest ukrwiona;
 - ♦ **owodnia** – wypełniona płynem owodniowym, amortyzuje zarodek, zabezpiecza przed wyschnięciem i szkodliwymi czynnikami środowiska;
 - ♦ **kosmówka** – chroni przed czynnikami zewnętrznymi, bierze udział w wymianie gazowej, pobiera wodę;
 - ♦ **błona pęcherzyka żółtkowego** – ułatwia pobieranie substancji odżywczych z żółtka;
- płeć determinowana jest przez temperaturę w okresie rozwoju zarodkowego.

Przedstawiciele

- **żółwie** – czaszka bez dołów skroniowych, ciało okryte rogowym i kostnym pancerzem, brak zębów; żółw stepowy, żółw błotny, żółw słoniowy z Galapagos, żółw morski, żółw promienisty z Madagaskaru;
- **krokodyle** – serce z pełną przegrodą; gawiale, aligatory, kajmany, krokodyle;
- **jaszczurki** – legwany, gekony, scynki, agamy, kameleony, warany, jaszczurki;
- **węże** – ruchliwa szczeka, oczy o zrosniętych powiekach, brak ucha zewnętrznego, tylko jedno płuco; wąż zielony, grzechotnik, anakondy, boa, pytony, zaskroniec, żmija zygzakowata, gniewosz plamisty, wąż Eskulapa, kobry.

Ochrona

Wszystkie gady występujące w Polsce objęte są ochroną gatunkową: żółw błotny, jaszczurka zwinka, jaszczurka żyworódka, padalec zwyczajny, żmija zygzakowata (jadowita),

gniewosz plamisty, wąż Eskulapa (do 2 m), zaskroniec.

Ptaki (Aves)

Ptaki to mistrzowie lotu o doskonałym wzroku i słuchu.

Przystosowanie ptaków do lotu

Cechy morfologiczne

- ciało pokryte **piórami** (izolacja termiczna, płaszczyzna nośna, nadają kształt ciała) zbudowanymi z keratyny:
 - ♦ **pióra konturowe** – zbudowane z dutki, stosiny, chorągiewki złożonej z gałązek, czyli promieni, od których odchodzą listewki (promyki łukowate z haczykami); do piór konturowych należą: **lotki I i II rzędu** (pióra skrzydeł – główna powierzchnia nośna), **sterówki** (pióra ogonowe), **pokrywowe** (pokrycie ciała);
 - ♦ **pióra puchowe** – krótka stosina i wiotka, luźna chorągiewka, nie posiadają haczyków na promykach, tworzą warstwę termoizolacyjną;
- aerodynamiczny kształt ciała (wpływa na zmniejszenie tarcia);
- brak zębów (lekka czaszka), szczęki okryte rogowym dziobem;
- kończyny przednie przekształcone w **skrzydła** (powierzchnie nośne);
- kończyny tylne ustawione pod ciałem, z 3 lub 4 palcami;
- trzy powieki (dolna, górna, migawkowa).

Cechy anatomiczne

- lekki szkielet dzięki:
 - ♦ obecności spneumatyzowanych kości;
 - ♦ zrośnięciu kręgów piersiowych;
 - ♦ obecności haczykowatych wyrostków na żebrach;
 - ♦ istnieniu na mostku grzebienia kostnego będącego miejscem przyczepu mięśni poruszających skrzydłami;
 - ♦ redukcji kości palców w kończynie przedniej;
 - ♦ obecność kości kruczej dającej kośćcowi skrzydeł oparcie na mostku;
 - ♦ zrośnięcie obojczyków tzw. widełki;
 - ♦ redukcja odcinka ogonowego zakończonego kością ogonową (pygostyl) – miejsce mocowania sterówek;
 - ♦ zrośnięcie śródstopia i nastopka tworzące kość skokową;
 - ♦ zanik szwów czaszki;
- silny rozwój **mięśni poprzecznie prążkowanych** zróżnicowanych na białe i czerwone;
- **kanalikowate płuca z workami powietrznymi** umożliwiającymi „podwójne oddychanie”; wymiana gazowa zachodzi podczas wdechu i wydechu; worki powietrzne (przednie i tylne) wypełniają przestrzenie między narządami i większość kości, ich rolą jest magazynowanie powietrza, uczestnictwo w termoregulacji i zmniejszenie ciężaru właściwego ciała;

- stałocieplność (bardzo sprawny i szybki metabolizm);
- **serce czterodziałowe z pełną przegrodą**, dzięki której krew utlenowana nie miesza się z krwią odtlenowaną;
- brak pęcherza moczowego (wyjątek stanowią strusie);
- są **urikoteliczne** (kwas moczowy nie rozpuszcza się w wodzie, co zmniejsza ciężar wydaliny);
- znacznie rozwinięty mózg, głównie **kręsomózgowie** (półkule mózgu) z ośrodkami kojarzeniowymi – ciało prążkowane, kora nowa; **śródmózgowie** (płaty wzrokowe) i **tyłomózgowie (móżdżek)** – aktywne i sprawne latanie, orientacja przestrzenna, koordynacja ruchów, równowaga;
- okresowe częściowe uwstecznienie się narządów rozrodczych męskich (obu jąder i nasieniowodów) w okresie pierzenia i pozagodowym; obecność tylko lewego jajnika z jajowodem u samic;
- **jajorodność** (żyworodność uniemożliwiałaby samicom lot w okresie ciąży).

Przedstawiciele

- **ptaki paleognatyczne** (bezgrzebieniowe) – formy Nielotne, uwstecznione skrzydła, brak grzebienia na mostku; kiwi, strusie, nandu, kazuary, emu;
- **ptaki neognatyczne** (grzebieniowe) – grzebiące (kuraki), blaszkodziobe, perkozy, nury, pingwiny, pełnopłetwe, rurkonose, żurawiowe, siewkowe, gołębiowe, brodzące, papugi, drapieżne (sokołowe), sowy, kukułkowe, śpiewające (wróblowe).

Ssaki (*Mammalia*)

Kenozoik to „era ssaków”. W rozwoju ewolucyjnym ssaki osiągnęły najwyższy stopień organizacji i opanowały wszystkie środowiska kuli ziemskiej.

Charakterystyka

- są stałocieplne (sprawny metabolizm niezależny od warunków środowiska);
- ich ciało pokryte jest włosami (u niektórych wąsy dotykowe – wibrysy);
- posiadają wytwory naskórka w postaci paznokci, pazurów, kopyt, rogów;
- mają kończyny podpierające ciało, co znacznie usprawnia poruszanie;
- występuje u nich heterodontyzm (zęby zróżnicowane na siekacze, kły, przedtrzonowe i trzonowe);
- układ pokarmowy dostosowany jest do rodzaju spożywanego pokarmu (bardziej złożony u roślinożerców ze względu na trudność trawienia pokarmu roślinnego – rozbudowany żołądek i jelito ślepe;
- płuca pęcherzykowate o dużej powierzchni;
- serce czterodziałowe (krew nie miesza się, co zwiększa efektywność transportu tlenu);
- erytrocyty bezjądrzaste (efektywniej transportują tlen, nie zużywając go na własne potrzeby);

- dwa obiegi krwi, jeden lewy łuk aorty;
- silny rozwój mózgu, dobrze rozwinięta kora mózgowa i mózdzek (pokryty korą mózdzku);
- dobrze rozwinięte zmysły: wzrok, słuch i równowaga, dotyk, węch, smak, u niektórych echolokacja;
- obecna przepona (ruchy klatki piersiowej i przepony to efektywny mechanizm ruchów oddechowych);
- posiadają ucho zewnętrzne, ucho środkowe z trzema kosteczkami słuchowymi (młoteczek, kowadełko, strzemiączko) i ucho wewnętrzne;
- obecne gruczoły mleczne u samic i gruczoły ślinowe, wiele gruczołów skórnych (potowe, łojowe, zapachowe);
- są żyworodne (wyjątkiem są jajorodne stekowce);
- w ich rozwoju pojawiają się błony płodowe i łożysko (u ssaków łożyskowych);
- opiekują się potomstwem;
- posiadają żuchwę;
- ich czaszka łączy się z kręgosłupem przez dwa kłykcie potyliczne;
- pas barkowy składa się z łopatek i obojczyków (kości krucze tylko u stekowców);
- ich kręgosłup dzieli się na odcinki: szyjny (dwa pierwsze kręgi – atlas i obrotnik – umożliwiają kręcenie głową), piersiowy (z żebrami), lędźwiowy, krzyżowy, ogonowy.

Przedstawiciele

Prassaki

- **stekowce** – jajorodne, mają stosunkowo niską i dość zmienną temperaturę ciała (26–34°C), w pasie barkowym występują kości krucze, brak grzebienia łopatki, w miednicy występują kości torbowe, kończyny rozstawione są na boki, brak sutków, obecna kloaka (stek); przedstawiciele: kolczatka (lądowe, owadożerne, przechowuje jajo w torbie), dziobak (ziemnowodny, posiada skórzasty, wrażliwy dziób, którym odciedza drobne organizmy z wody, samiec ma ostrogę jadową na stopie; ssak jadowity).

Ssaki właściwe

- **torbacze** – występują w Australii, Ameryce Południowej i Północnej; nie posiadają typowego łożyska, młode rodzą się bardzo małe, a ich dalszy rozwój przebiega w torbie na brzuchu matki; krety workowate, mrówkożery, wilk workowaty, kangury, koala, dydelf, wombat, opos;
- **ssaki łożyskowe**:
 - ♦ **owadożerne** – ryjówki, jeże, krety;
 - ♦ **nietoperze** – mają zdolność echolokacji, owadożerne, owocożerne; gacek, podkowiec;
 - ♦ **latawce** – poruszają się lotem ślizgowym; wiewiórki latające (polatuchy);
 - ♦ **naczelne** – posiadają chwytne kończyny, najsilniej rozwinięty

- mózg, złożone zachowania społeczne; małpiatki (lemury, wyraki), małpy szerokonose (wyjce, kapucynki), małpy wąskonose (makaki, małpy człekokształtne – orangutan, szympanś, goryl, gibbon), człowiek;
- ♦ **gryzonie** – kapibary, bobry, świstaki, jeżozwierze, wiewiórki, lemingi, myszy, szczury, norniki;
 - ♦ **zajęczaki** – zające, króliki;
 - ♦ **szczerbaki** – leniwce, mrówkojady, pancerniki;
 - ♦ **drapieżne** – psowate, kotowate, niedźwiedziowate, łasicowate, hienowate, szopowate, płetwonogie;
 - ♦ **nieparzystokopytne** – osioł, muł, tapiry, nosorożce, konie, zebry;
 - ♦ **parzystokopytne** – świnie, hipopotamy, przeżuwacze, wielbłądy, łosie, żyrafy, jelenie, kozy;
 - ♦ **walenie** – zębowce (morświny, delfiny, kaszaloty, orki), fiszbinowce (płetwal błękitny);
 - ♦ **syreny** – manat;
 - ♦ **trąbowce** – słoń.

NOTATKI:

Rozdział 7.

BUDOWA I FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

BUDOWA I FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

Układ pokarmowy	166
Budowa układu pokarmowego człowieka	166
Trawienie	169
Układ oddechowy	171
Budowa układu oddechowego	171
Czynniki szkodliwe dla układu oddechowego	173
Układ krążenia	174
Układ krwionośny człowieka	174
Choroby układu sercowo-naczyniowego	179
Układ limfatyczny	181
Układ immunologiczny (odpornościowy)	183
Układ wydalniczy	185
Budowa układu wydalniczego człowieka	185
Skóra	187

Układ ruchu	189
Układ szkieletowy	189
Układ mięśniowy	191
Układ rozrodczy	193
Sposoby rozmnażania organizmów	193
Budowa układu rozrodczego człowieka	193
Układy kontrolne	200
Układ nerwowy	200
Narząd wzroku człowieka	205
Ucho – narząd słuchu i równowagi	207
Stres	208
Sen	209
Choroby układu nerwowego	210
Układ hormonalny	211
Zdrowie człowieka i jego zaburzenia	220
Czynniki chorobotwórcze	220
Klasyfikacja chorób człowieka	220

BUDOWA I FUNKCJONOWANIE ORGANIZMU CZŁOWIEKA

Układ pokarmowy

Etapy odżywiania człowieka

- pobieranie pokarmu;
- rozdrobnienie pokarmu (obróbka mechaniczna);
- trawienie pokarmu;
- wchłanianie strawionego pokarmu;
- usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych (defekacja).

Budowa układu pokarmowego człowieka

Jama ustna

- **zęby** – w ciągu życia zachodzi ich jednorazowa wymiana:
 - ♦ **mleczne** – pojawiają się od połowy pierwszego roku życia; w uzębieniu mlecznym brak zębów przedtrzonowych; są delikatniejsze, wypadają; liczba zębów mlecznych: $(2 \text{ siekacze} + 1 \text{ kieł} + 2 \text{ trzonowce}) \times 2 \times 2 = 20$;
 - ♦ **stałe** – pojawiają się w wieku 7–13 lat; liczba zębów stałych: $(2 \text{ siekacze} + 1 \text{ kieł} + 2 \text{ przedtrzonowe} + 3 \text{ trzonowe}) \times 2 \times 2 = 32$;
 - ♦ **uzębienie heterodontyczne** – zęby zróżnicowane na siekacze, kły, przedtrzonowe, trzonowe;
 - ♦ ząb składa się z trzech części: korony, szyjki i korzenia; korona pokryta jest szkliwem, pod nim znajduje się zębina, a wewnątrz – miazga zawierająca naczynia krwionośne i nerwy;
- **język** to mięsień pokryty błoną śluzową; znajdują się w niej liczne brodawki smakowe, w których skupione są kubki smakowe; jego funkcją jest mieszanie pokarmu ze śliną, ułatwianie połykania, odczuwanie smaków (słodki, gorzki, kwaśny, słony, umami), umożliwienie ssania mleka, wydawanie artykułowanych dźwięków.

UKŁAD POKARMOWY CZŁOWIEKA

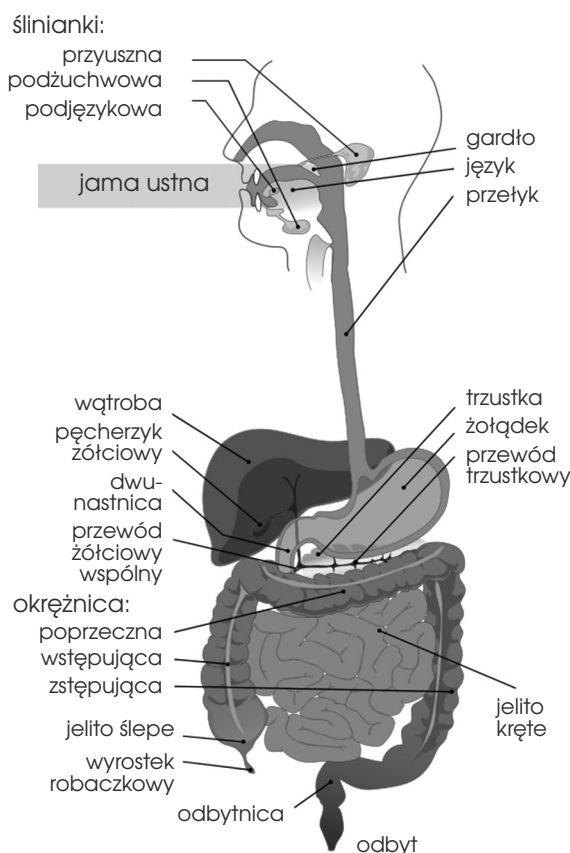
przewód pokarmowy

- jama ustna
- gardło
- przełyk
- żołądek
- jelito cienkie (dwunastnica, jelito czcze, jelito kręte)
- jelito grube (kątnica, okrężnica, odbytnica)
- otwór odbytowy

gruczoły dodatkowe

- ślinianki
- trzustka
- wątroba

PRZEWÓD POKARMOWY CZŁOWIEKA



Ślinianki

- trzy pary: przyuszne, podżuchwowe i podjęzykowe;
- wydzielają **ślinę**:
 - ♦ składa się z 98% z wody, soli mineralnych;
 - ♦ zawiera białko – mucynę, ułatwiającą przełykanie kęsów pokarmowych;
 - ♦ enzym trawienny: **amylaza ślinowa (ptialina)**;
 - ♦ **lizozym** – rozkłada ściany komórkowe bakterii;

- ♦ rozpuszcza niektóre substancje chemiczne, co umożliwia odbieranie bodźców smakowych.

Gardło

- przewód, w którym krzyżują się drogi: oddechowa i pokarmowa oraz ma ujście trąbka Eustachiusza;
- w tylnej części gardła znajdują się skupiska tkanki limfatycznej – migdałki, które odpowiadają za reakcje odpornościowe.

Przełyk

- umięśniona rura, wewnątrz której podłużne fałdy śluzówki oraz skurcze mięśni gładkich pomagają przesuwać pokarm do żołądka;
- na granicy między przełykiem a żołądkiem znajduje się mięsień poprzecznie prążkowany – zwieracz, który zapobiega cofaniu się pokarmu z żołądka.

Żołądek

- jest silnie umięśnionym narządem o pojemności ok. 1,5 l; magazynuje i trawi pokarm oraz pełni funkcje bakteriobójcze;
- składa się z **wpustu** (miejsca połączenia z przełykiem), **dna żołądka**, **trzonu**, **odźwiernika** (miejsca połączenia z dwunastnicą);
- gruczoły błony śluzowej wyściełającej wnętrze żołądka złożone są z:
 - ♦ komórek głównych – produkują enzymy trawienne: pepsynogen, podpuszczkę, lipazę żołądkową;
 - ♦ komórek okładzinowych – produkują kwas solny, pod którego wpływem

pepsynogen przekształca się w pepsynę, czynnik wewnętrzny Castle’a (przeciwanemiczny);

- ♦ komórek śluzowych – produkują śluz chroniący przed samostrawieniem;
- sok żołądkowy ma odczyn kwaśny (pH 1–2), zawiera m.in. wodę, kwas solny, chlorek potasu, chlorek sodu, enzymy trawienne;
- skurcze mięśniówki żołądka rozdrabniają mechanicznie pokarm.

Jelito cienkie

- **dwunastnica** jest miejscem ujścia przewodów żółciowych (doprowadzających żółć) i przewodu trzustkowego (doprowadzającego sok trzustkowy);
- w jelicie cienkim zachodzi trawienie cukrów, białek, tłuszczów oraz wchłanianie produktów trawienia; powierzchnia trawienia jest zwiększona dzięki kosmkom jelitowym i mikrokosmkom komórek nabłonkowych pokrywających błonę śluzową kosmków.

Jelito grube

Obecna flora jelitowa chroni przed bakteriami i grzybami; produkuje witaminy z grupy B i witaminę K.

- **kątnica (jelito ślepe)** – pierwszy odcinek jelita grubego, od którego odchodzi wyrostek robaczkowy;
- **okrężnica** – odpowiada za wchłanianie wody, soli mineralnych i witamin, w wyniku czego niestrawione resztki pokarmowe ulegają zagęszczeniu;

- **odbytnica** – następuje formowanie mas kałowych;
- **odbyt** – usuwanie niestrawionych resztek pokarmowych w procesie defekacji.

Wątroba

- największy gruczoł organizmu ludzkiego;
- zbudowana z dwóch płatów i ośmiu segmentów (w podziale tradycyjnym z czterech płatów);
- unaczynienie wątroby tworzy **krążenie wrotne**, w skład którego wchodzi: **żyła wrotna** (transportuje krew niosącą substancje odżywcze z przewodu pokarmowego i śledziony), **żyła wątrobowa** (odprowadza krew z wątroby) i **tętnica wątrobowa** (transportuje do wątroby krew bogatą w tlen).

Funkcje wątroby

- produkty trawienia żyłą wrotną dostają się do wątroby, gdzie ulegają dalszym przemianom;
- uczestnictwo w utrzymaniu równowagi hormonalnej;
- komórki wątroby (hepatocyty) produkują żółć emulgującą tłuszcze;
- produkcja białek osocza, enzymów, czynników krzepliwości krwi;
- magazynowanie glikogenu, kwasów tłuszczowych, cholesterolu, witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, witamin z grupy B, żelaza, miedzi, cynku, manganu;
- odtruwanie organizmu (leki, alkohol, trucizny);

- fagocytoza erytrocytów oraz substancji obcych;
- produkcja mocznika w cyklu mocznikowym (ornitynowym);
- uczestnictwo w termoregulacji – krew, przepływając przez wątrobę, ogrzewa się i przenosi ciepło do dalszych części ciała;
- narząd krwiotwórczy w okresie embrionalnym;
- gromadzenie i regulacja objętości krwi.

Trzustka

- wytwarza **sok trzustkowy** zawierający enzymy trawienne oraz wodorowęglan sodu, który alkalizuje kwaśną treść pokarmową spływającą z żołądka do jelita;
- jako gruczoł dokrewny wytwarza **insulinę** i **glukagon**.

Trawienie

Trawienie to hydrolityczny rozkład wielko-cząsteczkowych substancji pokarmowych przez enzymy trawienne na substancje prostsze, które mogą być wchłonięte i przyswojone przez organizm.

Trawienie węglowodanów

Polega na rozkładaniu wiązań glikozydowych przez **enzymy glikolityczne (amylazy)**:

- **jama ustna**: amylaza ślinowa (skrobia, glikogen → maltoza + dekstryny);
- **trzustka**: amylaza trzustkowa (dekstryny → maltoza);
- **jelito cienkie**: maltaza (maltoza → glukoza + glukoza), sacharaza (sacharoza →

glukoza + fruktoza), laktaza (laktoza → glukoza + galaktoza).

Wchłanianie glukozy

- glukoza dostaje się do kosmków jelitowych i zostaje wchłonięta do krwi;
- żyłą wrotną dostaje się do wątroby, a stamtąd do każdej komórki ciała;
- z nadwyżki glukozy w wątrobie syntetyzowany jest glikogen oraz glicerol i kwasy tłuszczowe, które dostają się do tkanki tłuszczowej.

Trawienie białek

Polega na rozkładzie wiązań peptydowych między aminokwasami przez **enzymy proteolityczne (peptydazy)**:

- **żołądek**: pepsynogen pod wpływem HCl przekształca się w pepsynę rozkładającą białka do krótszych łańcuchów polipeptydowych;
- **trzustka**: trypsynogen i chymotrypsynogen pod wpływem enterokinazy w dwunastnicy przekształcają się w trypsynę i chymotrypsynę (rozkładają łańcuchy polipeptydowe do tripeptydów i dipeptydów);
- **jelito cienkie**: peptydazy rozkładają tripeptydy i dipeptydy do aminokwasów:
 - ♦ endopeptydazy – rozkładają wewnętrzne wiązania cząsteczki peptydu;
 - ♦ egzopeptydazy – katalizują rozpad końcowych wiązań peptydowych;
 - ♦ karboksypeptydazy – odrywają skrajne aminokwasy peptydu o wolnej grupie karboksylowej;

- ♦ aminopeptydazy – odrywają aminokwasy o wolnej grupie aminowej.

Wchłanianie aminokwasów

- aminokwasy w kosmkach jelitowych dostają się do krwi, żyłą wrotną do wątroby, a stamtąd do komórek ciała;
- z nadwyżki aminokwasów w wątrobie powstają ketokwasy i toksyczny amoniak:
 - ♦ z ketokwasów syntetyzowane są aminokwasy, cukry, tłuszcze;
 - ♦ amoniak przekształcany jest w wątrobie w mocznik (w cyklu mocznikowym) i krwią transportowany do nerek.

Trawienie tłuszczów

- polega na rozkładzie wiązań estrowych między glicerolem a kwasami tłuszczowymi przez **enzymy lipolityczne (lipazy)**:
 - ♦ **emulgacja** – rozbijanie dużych kropli tłuszczu na małe kuleczki, co zwiększa powierzchnię trawienia przez enzymy;
 - ♦ **żołądek** – lipaza żołądkowa;
 - ♦ **trzustka** – lipaza trzustkowa.

Wchłanianie tłuszczów

- w kosmkach jelitowych powstaje mieszanina glicerolu i kwasów tłuszczowych, która wraz z solami żółciowymi tworzy micelle;
- w kosmkach jelitowych następuje resyn-teza tłuszczów obojętnych, które zostają otoczone białkami, tworząc chylomikrony. Dostają się one do naczyń limfatycznych,

a następnie krwionośnych i odkładane są w tkance tłuszczowej.

Regulacja pracy układu pokarmowego

Sposoby regulacji wydzielania enzymów:

- **nerwowa** – w jamie ustnej i żołądku, bodźcem jest obecność pokarmu lub jego wyobrażenie (myśl, widok);
- **hormonalna**:
 - ♦ **gastryna** pobudza wydzielanie enzymów w żołądku;
 - ♦ w jelicie cienkim: **sekretyna** – stymuluje wydzielanie soku trzustkowego i jelitowego, **cholecystokina** – stymuluje wydzielanie żółci przez woreczek żółciowy oraz enzymów trzustki;
- ośrodek głodu i sytości w podwzgórzu reguluje stany głodu i sytości:
 - ♦ działa na zasadzie sprzężenia zwrotnego ujemnego;
 - ♦ bodźcem, na który reaguje ośrodek głodu i sytości, jest poziom glukozy we krwi.

Układ oddechowy

Oddychanie w wyniku utleniania produktów trawienia, głównie glukozy, dostarcza energii niezbędnej do przeprowadzania procesów metabolicznych. Organizm człowieka oddycha tlenowo (w wyjątkowych sytuacjach mięśnie mogą beztlenowo rozkładać glukozę w procesie fermentacji mlekowej).

Etapy oddychania

- **wentylacja płuc** – wymiana powietrza między atmosferą a drogami oddechowymi (wdech, wydech);
- **wymiana gazowa zewnętrzna** – dyfuzja gazów oddechowych między pęcherzykami płucnymi a krwią w naczyniach włosowatych płuc (zachodzi zgodnie z gradientem ciśnień parcjalnych tlenu i dwutlenku węgla);
- **transport gazów oddechowych:**
 - ♦ **tlen** transportowany przez erytrocyty łączy się nietrwale z hemoglobina, tworząc oksyhemoglobinę;
 - ♦ **dwutlenek węgla** transportowany jest przez osocze w postaci **jonów węglanowych** lub jako **gaz** fizycznie rozpuszczony w osoczu, niewielka część transportowana jest jako kompleks z hemoglobina zwany **karbaminohemoglobina** (hemoglobina łączy się także z bardzo dużym powinowactwem z tlenkiem węgla, tworząc **karboksyhemoglobinę**, co powoduje zaciężenie grożące uduszeniem);
- **wymiana gazowa wewnętrzna** – dyfuzja gazów oddechowych między krwią w naczyniach włosowatych dużego obiegu i tkankami;
- **oddychanie wewnątrzkomórkowe** – w cytoplazmie komórki zachodzi **glikoliza**, natomiast w mitochondriach – **cykl Krebsa** i **utlenianie końcowe**, w którym ostatecznym akceptorem elektronów jest tlen. Powstająca energia magazynowana jest w wysokoenergetycznych wiązaniach ATP.

Rola układu oddechowego

- wymiana gazowa;
- utrzymanie stałego pH krwi (7,4);
- termoregulacja;
- wydalanie (CO_2 , H_2O).

Budowa układu oddechowego

Drogi oddechowe

Ich zadaniem jest oczyszczenie, ogrzanie, nawilżenie powietrza i doprowadzenie go do płuc:

- **jama nosowa** – nawilża, ogrzewa, oczyszcza powietrze wdechowe, **pole węchowe** umożliwia odbieranie bodźców zapachowych;
- **gardło** – miejsce połączenia drogi pokarmowej i oddechowej, składa się

z trzech części: górnej (**nosowej**) – łączy się z jamą nosową, tutaj otwierają się trąbki słuchowe; środkowej (**ustnej**); dolnej (**krtaniowej**);

- **krtąń** zbudowana jest z dziewięciu chrząstek połączonych ze sobą więzadłami i mięśniami, służących do unoszenia i opuszczania krtani; w trakcie połykania wejście do krtani zamyka **nagłośnia**; **szpara głośni** ograniczona jest **fałdami głosowymi** (dolne zwane **strunami głosowymi**); dźwięk (różny w zależności od szerokości szpary głośni, napięcia strun głosowych i szybkości przepływającego powietrza) powstaje na skutek wywołania drgań strun głosowych przez przechodzące powietrze; dzięki ruchom rzęsek nabłonka wyścielającego wewnątrz krtani uczestniczy ona także w oczyszczaniu powietrza wdechowego;
- **tchawica** to sprężysta rura zbudowana z chrzęstnych pierścieni wzmocnionych więzadłami; jej wewnątrz wyściela błona śluzowa pokryta urzęsionym nabłonkiem; ruch rzęsek wraz ze śluzem w trakcie kaszlu usuwa zanieczyszczenia; w dolnej części rozgałęzia się na dwa oskrzela;
- **oskrzela główne** – zbudowane jak tchawica (są jej przedłużeniem). Rozgałęziają się na **oskrzela płątowe**, a te na **oskrzeliki** (pozbawione chrząstek) zakończone **pęcherzykami płucnymi**, tworząc tzw. drzewo oskrzelowe.

Płuca

Leżą w łącznotkankowej opłucnej, która zapobiega nadmiernemu ich rozciąganiu, a jej wilgotna powierzchnia zmniejsza tarcie w czasie ruchów oddechowych. Płuco prawe zbudowane jest z trzech płatów, lewe z dwóch. Podstawową, czynną powierzchnią wymiany gazowej są pęcherzyki płucne zbudowane z nabłonka jednowarstwowego płaskiego i otoczone bogatą siecią naczyń włosowatych, dzięki czemu między pęcherzykami a krwią zachodzi aktywna dyfuzja gazów oddechowych. Nabłonek pęcherzyków pokrywa **surfaktant**, który zapobiega ich sklejanemu.

Mechanizm wentylacji

Wentylacja płuc polega na wykonywaniu rytmicznych ruchów oddechowych:

- **wdech** – na skutek skurczu mięśni oddechowych (**mięśni międzyżebrowych i przepony**), uniesienia żeber, opuszczenia przepony zwiększa się objętość klatki piersiowej i wytwarza podciśnienie zasysające powietrze;
- **wydech** – mięśnie oddechowe rozkurczają się, przepona unosi się, objętość klatki piersiowej maleje. Powstaje nadciśnienie wytłaczające powietrze z płuc.

Powietrze wdechowe różni się od wydechowego:

- **zawartością gazów** – O_2 : 21% powietrze wdychane, 17% wydychane; CO_2 : 0,03% powietrze wdychane, 4% wydychane;

- **wilgotnością** – powietrze wydechowe jest nasycone parą wodną;
- **temperaturą** – powietrze wydechowe jest cieplejsze;
- **ilością zanieczyszczeń** – powietrze wydechowe jest czystsze.

Pojemność płuc

- człowiek wykonuje około 16 oddechów na minutę;
- wentylacja minutowa wynosi 8 dm^3 ;
- pojemność całkowita płuc (5 dm^3) = pojemność życiowa płuc (4 dm^3) + pojemność zapiegająca (1 dm^3);
- pojemność życiowa płuc = objętość zapasowa wdechowa ($2,5 \text{ dm}^3$) + objętość oddechowa ($0,5 \text{ dm}^3$) + objętość zapasowa wydechowa (1 dm^3).

Kontrola pracy układu oddechowego

- oddychanie jest **odruchem bezwarunkowym**, człowiek ma jednak wpływ na głębokość i częstość oddychania;
- w rdzeniu przedłużonym znajduje się ośrodek oddechowy sterujący pracą mięśni oddechowych;
- układ oddechowy posiada unerwienie wegetatywne: układ współczulny poszerza światło oskrzeli i zmniejsza produkcję śluzu; układ parasympatyczny zwęża światło oskrzeli i nasila aktywność gruczołów śluzowych;
- zwiększenie wentylacji płuc jest powodowane m.in. przez wysiłek, stres, wzrost stężenia CO_2 ; CO_2 tworzy z wodą kwas

węglowy, którego dysocjacja prowadzi do zwiększenia stężenia jonów wodorowych, a więc spadku pH krwi; zmianę tę wychwytyują wyspecjalizowane chemoreceptory występujące m.in. w ścianie aorty i tętnic szyjnych oraz w pniu mózgu; pobudza to ośrodek oddechowy, który zwiększa aktywność mięśni oddechowych i poprawia wentylację.

Czynniki szkodliwe dla układu oddechowego

- dym tytoniowy (zawiera około 40 rakotwórczych substancji);
- tlenek węgla (czad);
- duże stężenie dwutlenku węgla;
- zanieczyszczenia powietrza;
- pyły;
- gorące i suche powietrze;
- drobnoustroje (bakterie, wirusy).

Choroby układu oddechowego

- **astma** – kontakt z alergenem powoduje zwężenie dróg oddechowych i duszność;
- **zapalenie oskrzeli** – przyczyną są bakterie lub wirusy; objawy – silny kaszel, trudności w oddychaniu, odkrztuszanie lepkiej wydzieliny; błona śluzowa oskrzeli ulega obrzękowi i wydziela surowiczy płyn, który utrudnia oddychanie i podrażnia zakończenia nerwowe znajdujące się w oskrzelach;
- **zapalenie płuc** – może być wywołane przez wirusy, bakterie lub grzyby; wydzielina

produkowana w wyniku reakcji zapalnej utrudnia wymianę gazową w pęcherzykach płucnych, co objawia się dusznościami; wydzielina jest usuwana z płuc dzięki odruchowi kaszlenia;

- **nowotwór płuc** – w wyniku czynników mutagennych (np. dymu tytoniowego) w komórkach płuc powstają mutacje; komórki nowotworowe dzielą się nieograniczenie, tworząc guza; przy nowotworach złośliwych powstają przerzuty; objawy: kaszel utrzymujący się ponad miesiąc, gorączka, krwiotłucie, bóle w klatce piersiowej, chudnięcie, osłabienie, powiększenie węzłów chłonnych;
- **pylice płuc** – pyły odkładają się w płucach, utrudniając oddychanie, powodując włóknienie płuc, a czasem nowotwory; wyróżniamy m.in. pylicę bawełnianą, azbestową, węglową;

- **gruźlica** – wywoływana przez prątki Kocha; do zakażenia dochodzi w wyniku kontaktu z osobą chorą, prątkującą; kolonie bakterii otaczane są w organizmie warstwą wapienną widoczną jako jasne pola na zdjęciu rentgenowskim; objawami są przede wszystkim: uporczywy kaszel, krwiotłucie, chudnięcie, osłabienie, pocenie nocne;
- **choroba kesonowa (dekompresyjna)** – zawodowa choroba nurków i robotników pracujących w kesonach; w wyniku szybkiego spadku ciśnienia (wskutek zbyt szybkiego wynurzania się nurka) gazy rozpuszczone we krwi i tkance tłuszczowej (głównie azot) tworzą pęcherzyki powodujące zatory w drobnych naczyniach krwionośnych; może objawiać się: bólami zamostkowymi, bólami stawów, porażeniem mięśni, zapaścią, a nawet śmiercią.

Układ krążenia

Funkcje układu krwionośnego

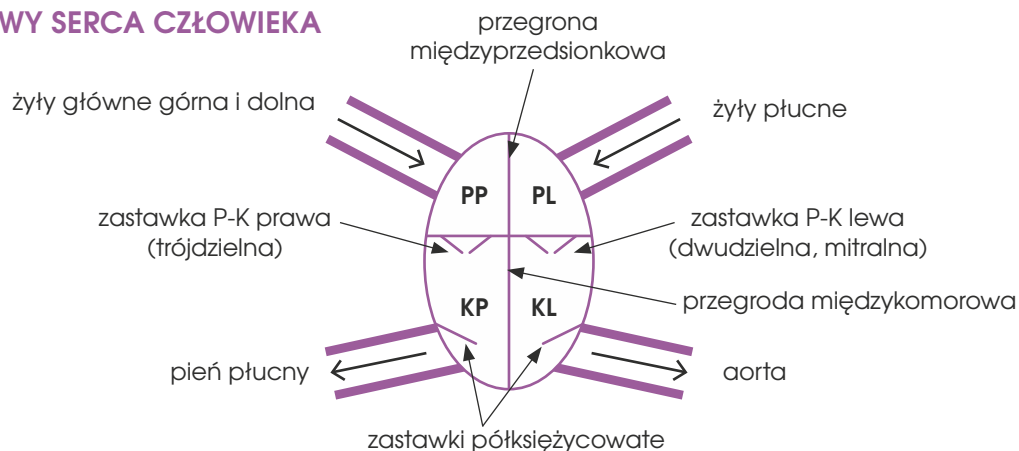
- transport gazów oddechowych;
- transport produktów trawienia, witamin, enzymów, hormonów, leków;
- transport zbędnych i szkodliwych produktów przemiany materii do nerek;
- termoregulacja;
- utrzymywanie odpowiedniego pH wszystkich tkanek;
- obrona immunologiczna.

Układ krwionośny człowieka

Serce

- **położenie** – w śródpiersiu, za mostkiem, między płucami; otoczone jest łącznotkankowym osierdziem, zapobiegającym nadmiernemu rozciąganiu się;
- **ukrwienie** – serce posiada swój własny system naczyń wieńcowych zaopatrujących je w tlen i substancje energetyczne;

SCHEMAT BUDOWY SERCA CZŁOWIEKA



- **kształt i wielkość** – porównywane z zaciśniętą pięścią, masa około 342 g;
- **budowa** – serce zbudowane jest z dwóch przedsionków – prawego i lewego – oddzielonych od siebie przegrodą międzyprzedsionkową i dwóch komór: prawej i lewej oddzielonych przegrodą międzykomorową; dzięki przegrodzie krew utlenowana nie miesza się z odtlenowaną, co zwiększa efektywność transportu tlenu w organizmie; do przedsionków uchodzą żyły: do PP **żyły główne: górna i dolna**, a do PL **żyły płucne**; z komór wychodzą tętnice: z KP **pień płuczny**, a z KL **aorta**; między PP a KP znajduje się **zastawka** przedsionkowo-komorowa prawa (**trójdzielna**), a między PL a KL – **zastawka** przedsionkowo-komorowa lewa (dwudzielna, **mitralna**); na granicy komór i wychodzących z nich tętnic znajdują się **zastawki półksiężycowate**; zastawki zapobiegają cofaniu się krwi; ścianę serca budują trzy warstwy:
 - ♦ **nasierdzie** – łącznotkankowa, zewnętrzna warstwa serca;
 - ♦ **środsierdzie** – zbudowane z tkanki mięśniowej poprzecznie prążkowanej serca (przedsionki 2–3 mm, KP – 5 mm, KL – 15 mm); komora lewa ma największą warstwę mięśniową, ponieważ panuje w niej najwyższe ciśnienie;
 - ♦ **wsierdzie** – zbudowane z nabłonka leżącego na łącznotkankowej błonie, do której wnikają zakończenia nerwowe i naczynia włosowate;
- **automatyzm pracy serca** – serce ma własny układ przewodzący zbudowany ze specyficznie zmodyfikowanych włókien mięśniowych (włókna Purkiniego); mają one zdolność do rytmicznego tworzenia i przewodzenia impulsów skurczowych, które rozprzestrzeniają się w sercu; w skład układu przewodzącego wchodzi: węzeł zatokowo-przedsionkowy (główny rozrusznik serca), węzeł

przedsionkowo-komorowy, od którego odchodzi pęczek Hisa;

- **kontrola pracy serca:**

- ♦ za zmiany rytmu serca odpowiada znajdujący się w rdzeniu przedłużonym tzw. ośrodek sercowy, a za zmiany ciśnienia krwi w naczyniach – ośrodek naczyniowy; docierają do nich sygnały z baroreceptorów (reagują na zmiany ciśnienia krwi, występują w łuku aorty, tętnicach szyjnych, naczyniach płucnych i mięśniu serca) oraz z chemoreceptorów (reagują na zmiany poziomu CO_2 i O_2 , występują w łuku aorty i tętnicach szyjnych);
- ♦ ośrodek przyspieszający pracę serca znajduje się w piersiowym odcinku rdzenia kręgowego, a ośrodek zwalniający pracę serca w rdzeniu przedłużonym;
- ♦ na pracę serca wpływ mają takie czynniki jak: stres (adrenalina), silny ból i emocje, gorączka, używki (m.in. kofeina, teina), leki (np. digitalina);

- **serce jako gruczoł dokrewny** – serce produkuje hormon **atriopeptynę** (zmniejsza nadmierne rozciąganie ścian przedsionków).

Cykl pracy serca

Czynności wykonywane przez serce w czasie jednego uderzenia, które trwa 0,8 sekundy:

- **pauza** – 0,4 s serce jest w rozkurczu:
 - ♦ niskie ciśnienie krwi;

- ♦ zastawki przedsionkowo-komorowe są otwarte, a półksiężycowate zamknięte;
- ♦ jamy serca napełniają się krwią z żył;
- ♦ w węźle zatokowo-przedsionkowym powstają impulsy skurczowe, które rozprzestrzeniają się w sercu;

- **skurcz przedsionków** – 0,11 s, przedsionki, kurcząc się, wtłaczają krew do komór: zastawki przedsionkowo-komorowe są otwarte, a półksiężycowate zamknięte;

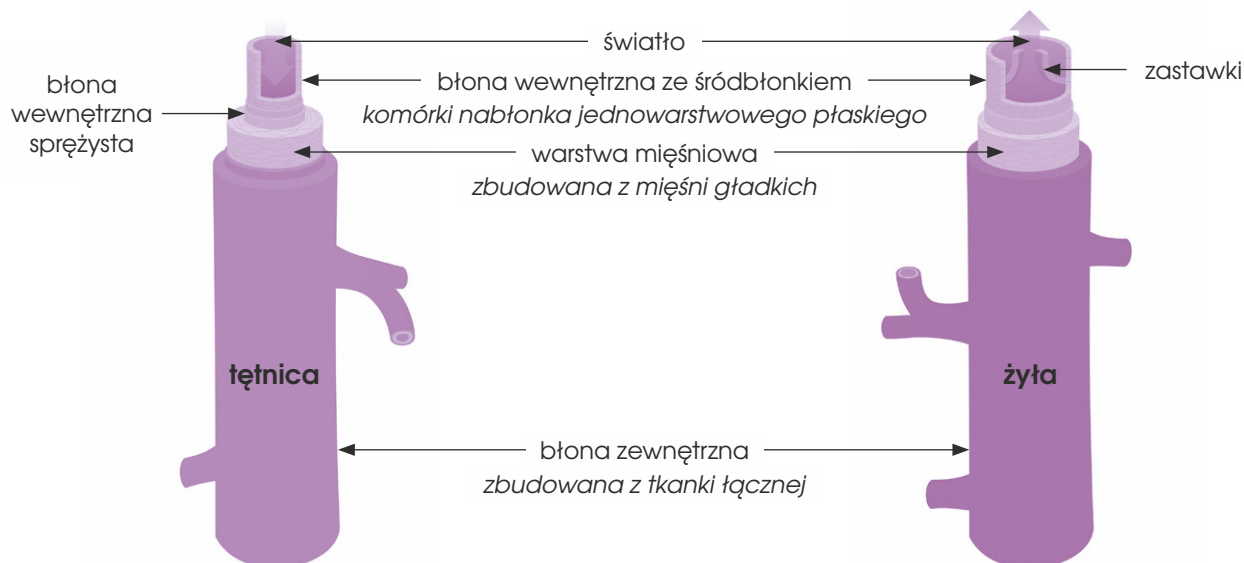
- **skurcz komór** – 0,3 s, wzrasta ciśnienie krwi:

- ♦ zamykają się zastawki przedsionkowo-komorowe (1. ton serca);
- ♦ kiedy wartość ciśnienia krwi w komorach przekroczy wartość ciśnienia krwi w tętnicach, otwierają się zastawki półksiężycowate i krew zostaje wtłoczona do tętnic;
- ♦ komory wiotczeją;
- ♦ kiedy ciśnienie krwi w komorach spadnie poniżej wartości ciśnienia krwi w tętnicach, zamykają się zastawki półksiężycowate (2. ton serca).

Naczynia krwionośne

- **tętnice** – transportują krew z serca, krew tętnicza ma wysokie ciśnienie (około 140 mmHg);
- **żyły** – posiadają zastawki; transportują krew do serca, krew żylna ma niskie ciśnienie ok. 100 mmHg (mniej tkanki mięśniowej i elastycznej, większe światło);

BUDOWA NACZYŃ KRWIONOŚNYCH



- **naczynia włosowate (kapilary)** – zbudowane z pojedynczej warstwy śródbłonka, w którym mogą występować pory zwiększające przepuszczalność naczyń; w kapilarach zachodzi wymiana gazów oddechowych, substancji odżywczych i produktów przemiany materii między krwią a tkankami; odbywa się ona na drodze filtracji, resorpcji (wchłaniania) płynu przez pory lub dyfuzji substancji przez komórki śródbłonka; w wymianie tej pośredniczy płyn tkankowy; tą drogą przechodzą z krwi do tkanek oraz z tkanek do krwi krwinki białe – leukocyty; gęstość sieci naczyń włosowatych jest wskaźnikiem aktywności metabolicznej danej tkanki.

Kръżenie krwi

- **krąŜenie wrotne (sieć dziwna ŷylno-ŷylna):** ŷyła wrotna → naczynia włosowate wątroby → ŷyła wątrobowa;
 - **sieć dziwna tętniczo-tętnicza (np. w nerkach):** tętniczka doprowadzająca → naczynia włosowate → tętniczka odprowadzająca.
- Skurcz serca powoduje ruch krwi w tętnicach, natomiast podczas rozkurczu krew krąŷy dzięki skurczom mięśni gładkich znajdujących się w ścianach tętnicy. Zwężenie naczyń powoduje wzrost ciśnienia i zwiększenie przepływu krwi, a rozszerzenie – spowolnienie przepływu i spadek ciśnienia krwi.
- W ŷyłach (zwłaszcza kończyn dolnych) krew płynie pod niskim ciśnieniem i wbrew sile grawitacji, dlatego ŷwiatło ŷył jest duŷe, a przepływ krwi jest wspomagany pracą zastawek i mięśni szkieletowych (ich skurcz

powoduje miejscowy ucisk żyły i wzrost ciśnienia krwi, a rozkurcz jego obniżenie).

Obiegi krwi

- **mały: serce–płuca–serce** – KP – pień płucny – tętnice płucne – naczynia włosowate płuc – żyły płucne – PL;
- **duży: serce–ciało–serce** – KL – aorta – tętnice – naczynia włosowate wszystkich części ciała – żyły – żyła główna górna i dolna – PP.

Krzepnięcie

Krzepnięcie zapobiega utracie krwi i wnikiwaniu czynników chorobotwórczych. Uszkodzone trombocyty wydzielają **serotoninę** powodującą lokalny skurcz mięśni gładkich, co zmniejsza ranę.

- **Etap inicjacji krzepnięcia:**
 - ♦ kontakt krwi z powietrzem lub płynem tkankowym uwalnia z trombocytów enzym – **tromboplastynę** – aktywizujący syntetyzowane w wątrobie białko osocza – **protrombinę**;
 - ♦ płytki krwi, osocze, uszkodzone komórki powodują uwalnianie **czynników**

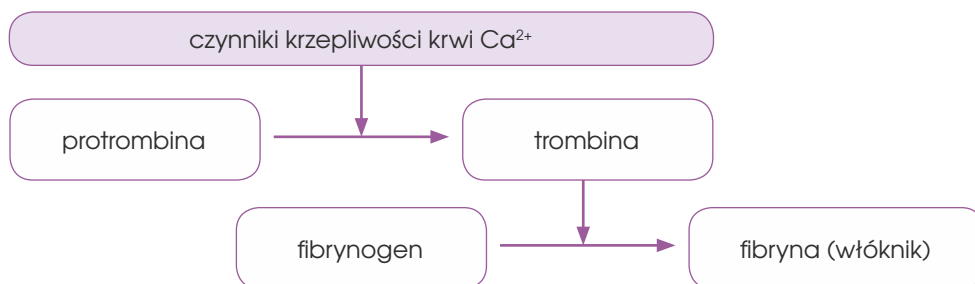
krzepliwości krwi, które w obecności **jonów wapnia** katalizują przekształcenie protrombiny w **trombinę**.

- **Tworzenie skrzepu:**
 - ♦ trombina katalizuje reakcję przekształcenia **fibrynogenu** w **fibrynę**;
 - ♦ uszkodzenie nabłonka naczynia krwionośnego odsłania włókna kolagenowe, do których zaczynają przylegać trombocyty; wydzielają one substancje chemiczne powodujące zlepianie się sąsiednich trombocytów tworzących czop płytkowy, który jest wzmacniany przez skrzep fibrynowy zatrzymujący krwinki czerwone i ostatecznie wysycha, tworząc strup.
- **Regeneracja tkanek i rozkład skrzepu.**

Ciśnienie krwi

- **ciśnienie tętnicze** określa siłę, z jaką mięsień sercowy pompuje krew przez naczynia krwionośne do wszystkich komórek ciała, serce czyni to, kurcząc się i rozkurczając, średnio 60–80 razy na minutę; zależy od siły napięcia ścian naczyń tętniczych pod

SCHEMAT KRZEPNIĘCIA KRWI



wpływem znajdującej się w nich w danej chwili krwi;

- **ciśnienie skurczowe** to wartość, jaką osiąga ciśnienie w momencie, gdy komora serca wyrzuca maksymalną ilość krwi;
- **ciśnienie rozkurczowe** to najniższa wartość ciśnienia w chwili, gdy serce nie tłoczy krwi do naczyń; nigdy nie maleje do zera, umożliwia utrzymanie ciągłego przepływu krwi w układzie krążenia;
- **prawidłowy zapis** – ciśnienie tętnicze $RR = 120/75$ mmHg (milimetry słupa rtęci), pierwsza liczba określa ciśnienie skurczowe, druga liczba – rozkurczowe; za górną prawidłową wartość niezależnie od wieku przyjmuje się 140 mmHg dla ciśnienia skurczowego i 90 mmHg dla rozkurczowego.

Tętno – cykliczne rozciąganie i kurczenie się ścian naczyń krwionośnych spowodowane przepływem krwi (w rytmie akcji serca); jest najczęściej badane na tętnicy promieniowej, szyjnej lub udowej; u zdrowych dorosłych osób prawidłowa wartość tętna waha się w granicach 60–80 uderzeń na minutę.

Choroby układu sercowo-naczyniowego

- **czynniki chorobotwórcze:** palenie papierosów, otyłość, wysoka zawartość cholesterolu we krwi, uwarunkowania genetyczne, nadciśnienie, cukrzyca typu II, stres, siedzący tryb życia, nieprawidłowa dieta.

Diagnostyka

- **próba wysiłkowa serca** – pacjent podłączany jest do elektrokardiografu, który rejestruje aktywność elektryczną serca podczas ćwiczenia na bieżni; badanie służy do wykrywania choroby wieńcowej i dusznicy bolesnej;
- **elektrokardiogram (EKG)** – zapis elektrycznej aktywności serca;
- **próba wysiłkowa połączona ze scyntygrafią mięśnia serca** – pod koniec testu wysiłkowego do krwi pacjenta podaje się specjalny radioaktywny znacznik, który ma zdolność wnikania do zdrowych komórek serca; następnie za pomocą kamery dokonuje się pomiaru promieniowania, zaś aparat scyntygraficzny tworzy obraz mięśnia; obszary słabo ukrwione z powodu zwężenia tętnic pojawiają się jako dziury w obrazie;
- **echokardiografia** – badanie prowadzi się po obciążeniu dobutaminą (lekiem przyspieszającym akcję serca), co jest odpowiednikiem próby wysiłkowej EKG; umożliwia zbadanie anatomii jam serca, ścian, zastawek sercowych oraz ich funkcjonowania podczas pracy; metoda ta nie pozwala na bezpośrednie zobrazowanie tętnic wieńcowych;
- **koronografia** – badanie umożliwia potwierdzenie rozpoznania choroby wieńcowej, znalezienie zmian oraz ustalenie wynikającego z nich zagrożenia.

Leczenie

- **bajpasy** – pomostowanie tętnic wieńcowych, omijanie zwężenia przy użyciu naczyń krwionośnych z innych części ciała;
- **angioplastyka** – wprowadzenie przez aortę do tętnicy wieńcowej cewnika z balonem, który po nadmuchaniu rozpycha zator, poszerzając światło zwężonej tętnicy;
- **wstawienie sztucznych zastawek serca, sztucznego rozrusznika serca;**
- **przeszczep serca;**
- **skleroterapia (ostrzykiwanie)** – zabieg polegający na miejscowym wstrzyknięciu do zmienionej chorobowo żyły specjalnego preparatu w celu wywołania odczynu zapalnego ściany naczynia; w miejscu zapalenia powstaje skrzeplina, która z czasem ulega zwłóknieniu, czego następstwem jest zamknięcie światła naczynia; żyłak tworzony przez to naczynie zanika z powodu braku w nim ciśnienia krwi;
- **leczenie farmakologiczne** – m.in. leki przeciwdławicowe, przeciwzakrzepowe, obniżające poziom cholesterolu, przeciwbólowe, uspokajające.

Profilaktyka

- zdrowy tryb życia;
- redukcja wagi ciała oraz ograniczenie spożycia soli i potraw tłustych;
- niepalenie papierosów;
- ograniczenie spożycia alkoholu;
- częste kontrolne pomiary ciśnienia;
- wizyty u lekarza;

- unikanie stresu i radzenie sobie z nim;
- obniżenie poziomu cholesterolu;
- leczenie nadciśnienia.

Częste schorzenia

- **nadciśnienie tętnicze (hipertensja)** – utrwalone podwyższenie ciśnienia tętniczego powyżej normy: 139 mmHg dla ciśnienia tętniczego skurczowego i 89 mmHg dla ciśnienia tętniczego rozkurczowego; objawy: bóle i zawroty głowy, zaburzenia widzenia, szum w uszach; **powikłania**: choroba wieńcowa, udar mózgu, niewydolność krążenia, uszkodzenie nerek; **leczenie**: farmakologiczne, dieta bezsolna;
- **choroba wieńcowa (choroba niedokrwienna serca)** – w ścianach naczyń wieńcowych odkładają się blaszki miażdżycowe, spowalniając przepływ krwi i ograniczając jej dopływ do mięśnia sercowego; **objawy**: ból w klatce piersiowej za mostkiem promieniujący do szyi, gardła, a także lewego lub prawego barku, czemu towarzyszy niepokój, kołatanie serca, nudności, duszność, drętwienie rąk oraz zawroty głowy, może też być bezobjawowa;
- **zawał serca** – obszar martwicy mięśnia sercowego powstający w wyniku jego niedotlenienia po całkowitym zamknięciu światła naczynia wieńcowego; **objawy**: ból promieniujący za mostkiem, duszność, pocenie się, kołatanie serca, zawroty głowy, zachwianie równowagi, może także przebiegać bezobjawowo;

- **miażdżycy tętnic (arterioskleroza)** – powstawanie złogów cholesterolu i wapnia na wewnętrznych ścianach tętnic, co skutkuje utratą elastyczności, ogranicza przepływ krwi i może powodować skrzepy krwi (zakrzepica); **objawy:** początkowo przebiega bezobjawowo, następnie ból w klatce piersiowej promieniujący do rąk, szyi, szczęki, drętwienie rąk, chwilowa utrata przytomności, zaburzenia wzroku i mowy; **powikłania:** zawał, udar mózgu, zgorzel;
- **żylaki kończyn dolnych** – poszerzenie i poskręcanie żył powierzchownych; **objawy:** widoczne zmiany żył, ból łydek;
- **żylaki odbytu (hemoroidy)** – rozszerzenie żył odbytu, **objawy:** ból i krwawienie;
- **białaczka (leukemia)** – choroba nowotworowa układu krwiotwórczego; **objawy:** zwiększony poziom leukocytów we krwi, powiększenie węzłów chłonnych, śledziony, niedokrwistość; **leczenie:** przeszczep szpiku kostnego;
- **niedokrwistość (anemia)** – zmniejszenie liczby krwinek czerwonych (erytrocytów) lub ilości zawartej w nich hemoglobiny poniżej normy, a w następstwie niedotlenienie komórek i tkanek ustroju; główną przyczyną jest niedobór żelaza.

Układ limfatyczny

Układ limfatyczny (chłonny) jest układem otwartym. Zbudowany jest z:

- włosowatych naczyń limfatycznych zbierających płyn tkankowy oraz naczyń chłonnych przechodzących w główny przewód piersiowy; łączy się on z układem krwionośnym, gdzie dochodzi do ciągłej wymiany substancji między limfą a krwią (naczynia limfatyczne posiadają zastawki);
- węzłów chłonnych (produkują leukocyty, są miejscem niszczenia antygenów);
- grudek chłonnych;
- śledziony (magazynuje i w razie potrzeby uwalnia krew, produkuje limfocyty B, jej komórki fagocytują antygeny);

- szpiku kostnego (produkuje erytrocyty i leukocyty);
- grasicy (miejsce produkcji limfocytów T);
- migdałków.

Funkcje układu limfatycznego

- doprowadzanie limfy do krwi;
- rola odpornościowa;
- wytwarzanie leukocytów;
- transport lipidów wchłoniętych w przewodzie pokarmowym.

Skład limfy

- część płynna: woda, białka, cholesterol, tłuszcze, żelazo;
- część komórkowa: 95–97% limfocytów.

Sprawdź się!

1. Uzupełnij tabelę.

cecha	tętnica	żyła
kierunek przepływu krwi		
ciśnienie krwi		
zastawki		
warstwa mięśniowa		

2. Określ rolę małego i dużego obiegu krwi.

3. Podaj przyczyny wysokiego poziomu cholesterolu we krwi i możliwe skutki zdrowotne.

4. Uzupełnij brakujące dane w tabeli.

część serca	pauza	A	B
przedsionki	C	skurcz	D
zastawki przedsionkowo-komorowe	otwarte	E	F
komory	G	H	skurcz
zastawki półksiężycowata	I	J	otwarte

5. Oceń prawdziwość zdań:

- A. Naczynia limfatyczne otwierają się bezpośrednio do przestrzeni międzykomórkowej, co oznacza, że układ limfatyczny jest układem zamkniętym.
- B. Częstą drogą szerzenia się nowotworów złośliwych są naczynia limfatyczne.
- C. W naczyniach chłonnych znajdują się zastawki.

5. A. fałsz, B. prawda, C. prawda.

F – zamknięte, G – rozkurcz, H – rozkurcz, I – zamknięte, J – zamknięte.

4. A – skurcz przedsionków, B – skurcz komór, C – rozkurcz, D – rozkurcz, E – otwarte,

nadciśnienia.

śledzący tryb życia. Skutki: miażdżycą mogąca prowadzić do zawału, udaru mózgu,

3. Przyczyny: złe nawyki żywieniowe – głównie dieta bogata w tłuszcze zwierzęce,

hormonów itp., odbieranie produktów przemiany materii.

płucnych). Duży obieg krwi: dostarczanie tkanom substancji odżywczych, tlenu,

oddechowych (krew ulega utlenowaniu, a dwutlenek węgla dyfunduje do pęcherzyków

2. Mały obieg krwi: w naczyniach włosowatych płuc dochodzi do dyfuzji gazów

żyła (od góry): doprowadza krew do serca; niskie; obecne; cienka.

1. Tętnica (kolejno od góry): odprowadza krew od serca; wysokie; brak; gruba.

Układ immunologiczny (odpornościowy)

Patogeny wnikają do organizmu ludzkiego m.in. wraz z wdychanym powietrzem, spożywanym pokarmem, wodą, przez uszkodzenia skóry. Organizm ma zdolność do obrony przed nimi, co nazywamy **odpornością**. Odpowiedzialny za nią jest **układ immunologiczny**.

Rodzaje odporności

Odporność nieswoista to odpowiedź niespecyficzna, skierowana przeciw wszystkim antygenom. Należą do niej m.in.: fagocytoza, podwyższona temperatura, integralność powłok ciała, np. skóry, błon śluzowych, nabłonków dróg pokarmowych i oddechowych, pot, łój, lizozym (rozkłada ściany komórkowe bakterii), interferon (ochrona przed wirusami), reakcja zapalna, kichanie, kaszel, wymioty.

Odporność swoista to odpowiedź specyficzna, skierowana przeciwko konkretnemu antygenowi:

- **komórkowa** – limfocyty T atakujące patogeny (bakterie, wirusy zagnieżdżone w komórkach gospodarza, pierwotniaki, grzyby, robaki, komórki nowotworowe, przeszczepione tkanki);
- **humoralna** – limfocyty B pobudzają limfocyty B do produkcji przeciwciał (ochrona przed wirusami, bakteriami i ich toksynami):
 - ♦ **odporność naturalna: bierna** – przekazywanie gotowych przeciwciał przez łożysko oraz z mlekiem matki;
 - czynna** – produkcja przeciwciał przez organizm po kontakcie z antygenem w wyniku zakażenia;
 - ♦ **odporność sztuczna: bierna** – surowica odpornościowa zawierająca gotowe przeciwciała; **czynna** – szczepionki zawierające martwe lub unieczynnione antygeny, przeciwko którym organizm sam wyprodukuje przeciwciała.

Antygen – każda obca dla organizmu substancja zdolna wywołać odpowiedź immunologiczną.

Przeciwciała (immunoglobuliny, Ig) – białka odpornościowe produkowane przez limfocyty B (komórki plazmatyczne) w odpowiedzi na pojawienie się antygeny. Wyróżniamy następujące klasy przeciwciał:

- **IgA** – lokalna obrona przed infekcjami;
- **IgD** – udział w różnicowaniu limfocytów;
- **IgE** – udział w reakcji alergicznej;
- **IgG** – główne przeciwciało wtórnej odpowiedzi immunologicznej;
- **IgM** – główne przeciwciało odpowiedzi pierwotnej oraz aktywacja dopełniacza.

Grupy krwi

Układ odpornościowy rozpoznaje własne krwinki czerwone dzięki znajdującym się w ich błonach komórkowych glikoproteinom nazywanym **aglutynogenami**. W zależności od tego, które z nich są obecne, krwinki są

zaliczane do określonej grupy krwi. Aglutynogeny są rozpoznawane przez znajdujące się w osoczu **przeciwciała**, tzw. aglutyniny, które powodują aglutynację krwinek. W osoczu znajdują się przeciwciała przeciw innym aglutynogenom niż te, które występują na jego erytrocytach.

Główne grupy krwi: A, B, AB, O.

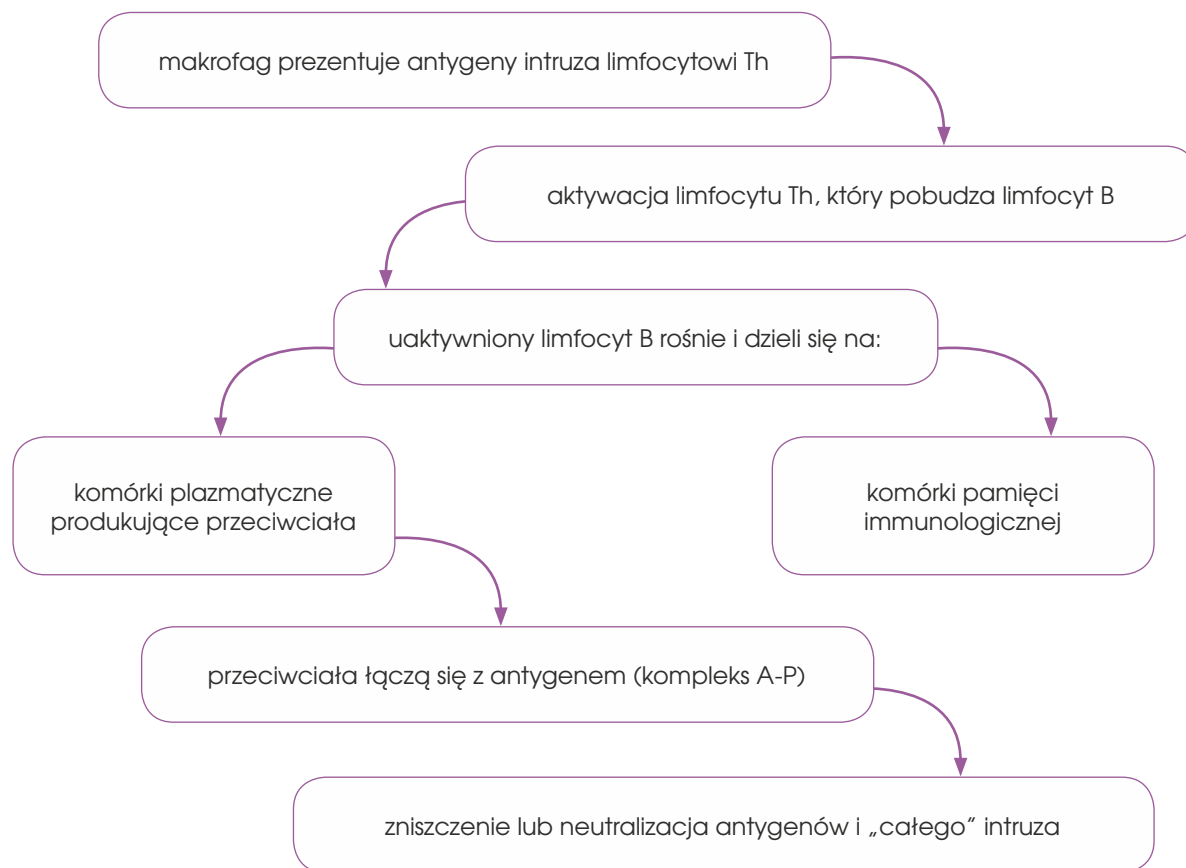
Czynnik Rh (Rh+ jeżeli w krwinkach obecne są aglutynogeny D, jeśli ich nie ma Rh-). W osoczu nie ma przeciwciał

związanych z aglutynogenem D. Pojawiają się dopiero wtedy, gdy osobnikowi o grupie Rh- zostanie podana krew grupy Rh+. Ponowne przetoczenie krwi Rh+ spowoduje gwałtowną aglutynację krwinek, czyli tzw. konflikt serologiczny.

Uniwersalny dawca to osobnik o krwi z grupą 0, biorca – o krwi z grupą AB.

Przy **transfuzji** niezgodność grup krwi prowadzi do aglutynacji.

WYTWARZANIE PRZECIWCIAŁ



Układ wydalniczy

Funkcje układu wydalniczego

- **wydalanie** zbędnych produktów przemiany materii;
- regulacja gospodarki wodno-mineralnej (**osmoregulacja**);
- regulacja ciśnienia krwi.

Bilans wodny

- **dodatni** – ilość pobranej wody przewyższa jej straty;
- **ujemny** – straty są większe niż pobór wody;
- **zerowy** – ilość wody pobieranej równa się ilości wody traconej.

Straty wody – w zależności od wysiłku, temperatury otoczenia, stanu zdrowia, organizm traci w ciągu doby około 2,5 l wody, z czego 0,5 l z potem, 0,4 l w wyniku parowania z dróg oddechowych, około 0,2 l wydalone jest z kałem, a 1,4 l z moczem. Odwodnieniu organizmu sprzyja stosowanie diet odchudzających, picie dużych ilości alkoholu, kawy i herbaty.

Pobieranie wody: płyny – około 1,2 l, spożywane pokarmy – około 1 l, reakcje metaboliczne około 0,3 l.

Budowa układu wydalniczego człowieka

- **nerki** – organizm człowieka posiada dwie nerki kształtu fasolowatego, położone po obu stronach kręgosłupa w odcinku

lędźwiowym; zewnętrzną część nerki stanowi **kora**, w której znajdują się kłębuszki nerkowe będące spletem włosowatych naczyń krwionośnych otoczonych torebką nefronu; wewnątrz to **rdzeń nerki**, w którym znajdują się kanaliki nerkowe uchodzące do **piramid nerkowych**, a te do **miedniczek nerkowych**; podstawową jednostką strukturalną i czynnościową nerki są **nefrony**, w których produkowany jest mocz;

- **moczowody** – parzyste przewody łączące miedniczkę nerkową z pęcherzem moczowym, długości około 30 cm; ich ściany zbudowane są z tkanki mięśniowej gładkiej, a od wewnątrz wyścielone są błoną śluzową;
- **pęcherz moczowy** – zbudowany z mięśni gładkich, gromadzi mocz, jego pojemność wynosi 300–700 cm³;
- **cewka moczowa** – zbudowana z mięśni gładkich, wewnątrz wysłana błoną śluzową, między pęcherzem a cewką moczową występuje mięsień **zwieracz**, u kobiet cewka jest krótka i prosta, u mężczyzn dłuższa i kręta, powiązana z układem rozrodczym; jej zadaniem jest wyprowadzanie moczu na zewnątrz organizmu.

Budowa nefronu

Nefron zbudowany jest z ciała nerkowego i kanalika nerkowego.

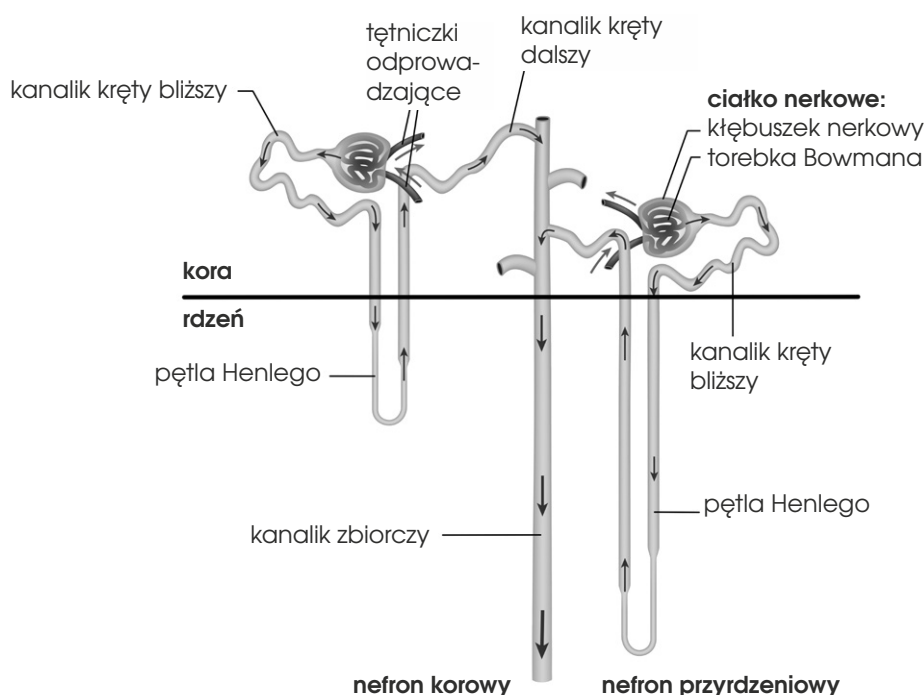
Mechanizm powstawania moczu

Tętniczka doprowadzająca krew do ciała nefronu jest szersza niż tętniczka odprowadzająca. Nadciśnienie hydrostatyczne w kłębuszku naczyniowym wyciska płynne składniki osocza do światła torebki nefronu.

Etapy powstawania moczu

- **filtracja** – zachodzi w ciałku nerkowym; z krwi odfiltrowywane są substancje proste (woda, glukoza, aminokwasy, jony itp.) oraz produkty metabolizmu; powstaje mocz pierwotny o składzie zbliżonym do osocza krwi, ale bez krwinek i białek, około 200 dm³;
- **resorpcja** – wchłanianie zwrotne substancji potrzebnych organizmowi:
 - ♦ **resorpcja obowiązkowa** – zachodzi w kanaliku krętym bliższym; ulegają jej jony sodu, potasu, magnezu, wapnia, chloru, glukoza, woda; w pętli Henlego: woda (w ramieniu zstępującym) i jony, głównie sodu (w ramieniu wstępującym);
 - ♦ **resorpcja nadobowiązkowa** – zachodzi w kanaliku krętym dalszym, w zależności od potrzeb organizmu; resorbowana jest woda i jony;
- **sekrecja** – zachodzi w kanaliku krętym dalszym, sekrecji ulegają: NH₃ (amoniak) na drodze dyfuzji, jony wodoru, potasu, barwniki, leki na drodze transportu aktywnego;

SCHEMAT BUDOWY I DZIAŁANIA NEFRONU



- w wyniku procesów resorpcji i sekrecji powstaje **mocz ostateczny** (około 1–2 dm³ na dobę).

Cechy moczu ostatecznego

- **ciężar właściwy** – norma: 1,010 do 1,025 g/ml; zbyt niski: dużo wypitych płynów, niewydolność nerek, cukrzyca, za wysoki: odwodnienie;
- **barwa** – jasnożółta; ciemna: odwodnienie; brązowa: żółtaczka;
- **przejrzystość** – przejrzysty; mętny: przy zakażeniu dróg moczowych, kamicy nerkowej;
- **odczyn** – lekko kwaśny; obojętny lub zasadowy przy zakażeniach dróg moczowych, kamicy nerkowej;
- **urobilinogen** – barwnik; duża ilość wydalana jest m.in. w żółtaczce, zapaleniu wątroby;
- **białko** – nie powinno go być; obecność (**białkomocz**) świadczy np. o kłębuszkowym zapaleniu nerek, zapaleniu dróg moczowych, silnych zatruciach (czasem pojawia się w ciąży, przy gorączce, dużym wysiłku);
- **glukoza** – nie powinno jej być; obecność (**cukromocz**) w cukrzycy;
- **bilirubina** – nie powinno jej być; obecność świadczy o chorobie wątroby lub dróg żółciowych;
- **ciała ketonowe** – nie powinno ich być; występują przy wysokiej gorączce, ciężkiej niewydolności nerek;
- **leukocyty** – norma: 1–3 w polu widzenia; powyżej 10 świadczy o zapaleniu bakteryjnym;
- **erytrocyty** – norma: pojedyncze w polu widzenia; powyżej 3 (**krwiomocz**) świadczy o uszkodzeniu nerek, dróg moczowych;
- **bakterie** – nie powinno ich być; obecność (**bakteriomocz**) świadczy o zakażeniu dróg moczowych;
- **mocznik** – powstaje w cyklu mocznikowym w wątrobie; **amoniak** – produkt rozpadu aminokwasów;
- **kwas moczowy** – produkt rozpadu kwasów nukleinowych; większa ilość może świadczyć o białaczce;
- **sole mineralne, woda**.

Skóra

Funkcje skóry

- ochrona przed utratą wody;
- ochrona przed urazami mechanicznymi;
- uczestnictwo w termoregulacji;
- ochrona przed wnikaniem drobnoustrojów chorobotwórczych;
- ochrona przed szkodliwym promieniowaniem UV;
- funkcje czuciowe;
- uczestnictwo w wydalaniu (wraz z potem: woda, mocznik).

Budowa skóry (1,5–2 m²)

Naskórek

- jest wodoszczelny;
- zewnętrzna warstwa komórek – **rogowa** (komórki produkują keratynę, ulegają rogowaceniu, obumierają i złuszcza się);
- wewnętrzna warstwa komórek – **podstawowa** (intensywne podziały mitotyczne komórek, niektóre komórki zawierają **melaninę** – brązowy barwnik chroniący przed promieniowaniem UV);
- jego wytworami są: gruczoły skórne, włosy, paznokcie.

Skóra właściwa

- zbudowana jest z tkanki łącznej;
- zawiera dużo **włókien kolagenowych** (nadają elastyczność i wytrzymałość mechaniczną);
- zawiera naczynia krwionośne i zakończenia nerwowe (czucie dotyku, ucisku, zimna, ciepła, bólu);
- zawiera torebki włosów;
- zawiera wydzielnicze części gruczołów potowych i łojowych:
 - ♦ **pot** – zawiera wodę, chlorek sodu, mocznik; bierze udział w termoregulacji i mechanizmach obronnych (przekształconymi gruczołami potowymi są gruczoły mleczne);
 - ♦ **łój** – mieszanina kwasów tłuszczowych, wosków, cukrów; natłuszcza naskórek i włosy, pełni funkcję bakteriobójczą.

Warstwa podskórna

- zbudowana z tkanki łącznej luźnej oraz tkanki tłuszczowej (pełni funkcję ochronną, zapasową, termoizolacyjną).

Skóra uczestniczy w utrzymaniu stałej temperatury.

Reakcja na spadek temperatury

- ssaki pokryte sierścią stroszą ją (mechanizm pilomotoryczny), ptaki stroszą pióra (mechanizm pteromotoryczny) – pogrubienie warstwy termoizolacyjnej powietrza uwiecznionego w bezpośrednim sąsiedztwie skóry;
- u ssaków wodnych występuje mechanizm naczynioruchowy – prawie wszystkie tętnice dochodzące do skóry mają anastomozy, którymi krew może być kierowana bezpośrednio do żył (nie schładza się więc w skórze); ssaki te posiadają także grubą warstwę tkanki tłuszczowej;
- u człowieka:
 - ♦ „gęsia skórka” – zwężenie naczyń krwionośnych skóry, drżenie mięśni (termogeneza drżeniowa);
 - ♦ zwiększenie tempa metabolizmu m.in. przez wzrost poziomu hormonów tarczycy, zmniejszenie wydzielania potu;
- jeśli mechanizmy wyrównawcze nie wystarczają, dochodzi do hipotermii (wychłodzenia organizmu) i śmierci.

Reakcja na wzrost temperatury

- rozszerzenie skórných naczyń krwionośnych;

- pogłębienie oddechu, nieznaczny wzrost tempa pracy serca;
- wydzielanie potu, który ochładza ciało, parując;
- zmniejszenie tempa metabolizmu przez m.in. spadek wydzielania hormonów tarczycy;
- jeśli mechanizmy wyrównawcze nie wystarczają, dochodzi do hipertermii (przegrzania organizmu) i śmierci.

Kontrola termoregulacji – w **podwzgórzu** znajdują się ośrodki termoregulacyjne, w **śródmózgowiu** – ośrodek drżenia mięśni szkieletowych.

Temperatura ciała podlega wahaniom:

- **dobowym** – 1–1,2°C; najniższa jest wczesnie rano (nie mniej niż 35,5°C), a najwyższa wieczorem (nie więcej niż 37,4°C);
- w **cyklu miesięcznym** u kobiet;
- w wyniku infekcji (37,5–38°C to stan podgorączkowy);
- powyżej 38°C – gorączka, czasem zaburzenia świadomości, pobudzenie, drgawki, zaostrzenie objawów chorób (padaczka, stwardnienie rozsiane); podczas gorączki uaktywnia się układ odpornościowy, a patogeny gorzej się rozmnażają.

Układ ruchu

Do układu ruchu człowieka zaliczamy: układ szkieletowy (część bierna) i układ mięśniowy (część czynna).

Układ szkieletowy

Rola układu szkieletowego

- podpora ciała;
- przyczep dla mięśni;
- magazynowanie soli mineralnych;
- funkcja krwiotwórcza (w szpiku kostnym);
- ochrona narządów wewnętrznych.

Rodzaje kości

Szkielet człowieka buduje 206 kości. Podzielono je na:

- **długie** (np. kość udowa, ramieniowa, łokciowa, strzałkowa);

- **krótkie** (np. kości nadgarstka, stępu);
- **płaskie** (np. łopatką, kości móżgoczaszki);
- **różnokształtne** (np. żuchwa, kręgi kręgosłupa).

Wzrost kości: do około 16.–21. roku życia wzrost kości jest możliwy dzięki wzrostowi chrząstki nasadowej, po tym okresie chrząstka kostnieje.

Połączenia w szkielecie

Połączenia nieruchome

- **więzozrosty** – połączenia tkanką łączną włóknistą, np. szwy w czaszce, zęby w zębodołach;
- **chrząstkozrosty** – połączenia tkanką chrzęstną, np. połączenia żeber z mostkiem;

- kośćozrosty – na skutek skostnienia tkanki chrzęstnej, np. połączenia kręgów krzyżowych w kość krzyżową.

Połączenia ruchome (stawy)

- stawy jednoosiowe:
 - ♦ staw zawiasowy, np. staw łokciowy;
 - ♦ staw obrotowy, np. staw promieniowo-łokciowy;
- stawy dwuosiowe:
 - ♦ staw eliptyczny, np. staw promieniowo-nadgarstkowy;
 - ♦ staw siodełkowaty, np. staw nadgarstkowo-śródręczny kciuka;
- stawy wieloosiowe:
 - ♦ staw kulisty, np. barkowy, biodrowy.

Szkielet człowieka

Szkielet osiowy

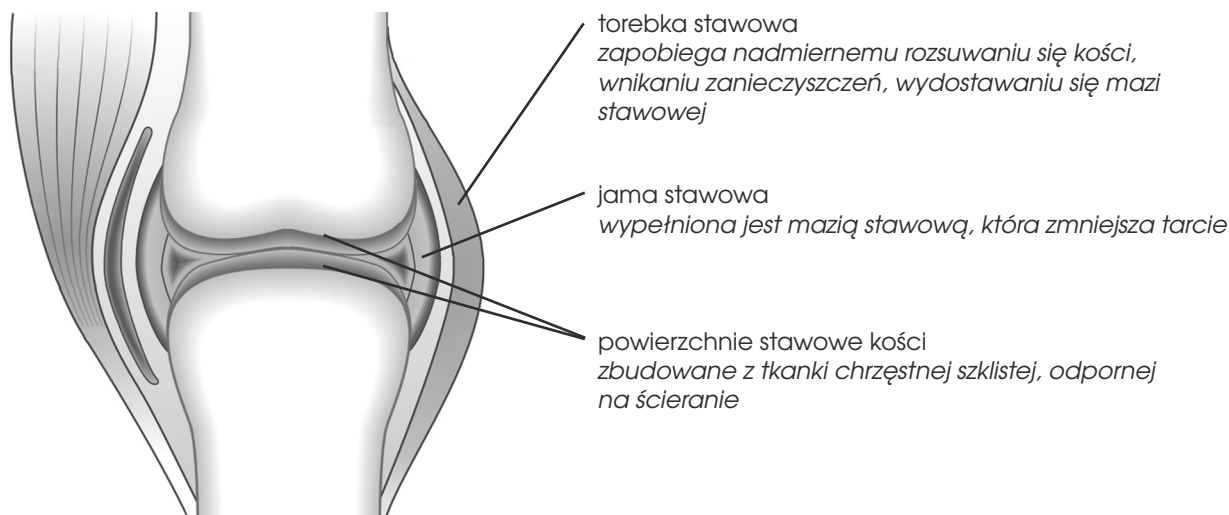
- **czaszka:**
 - ♦ mózgoczaszka: kość czołowa, ciemieniowa, skroniowa, potyliczna, sitowa, klinowa;

- ♦ twarzoczaszka: kości jarzmowe, nosowe, szczęki, podniebienne, łzowe, łemiesz, żuchwa (jedyna ruchoma część czaszki, połączona stawem żuchwowym z kością skroniową);

• kręgosłup:

- ♦ zbudowany jest z 33–34 kręgów: 7 szyjnych (pierwszy – dźwigacz, drugi – obrotnik; lordoza), 12 piersiowych (łączy się z żebrami; kifoza), 5 lędźwiowych (lordoza), 5 krzyżowych zrośniętych w kość krzyżową (kifoza), 4–5 ogonowych zrośniętych w kość guziczną;
- ♦ kręgosłup jest ochroną dla rdzenia kręgowego przechodzącego przez kanał kręgowy;
- ♦ między kręgami znajdują się chrzęstne dyski, które umożliwiają zginanie kręgosłupa i amortyzują wstrząsy;
- ♦ ma kształt litery S dzięki krzywiznom fizjologicznym: lordozie (do przodu),

BUDOWA STAWU



kifozie (do tyłu); kształt ten jest przystosowaniem do chodu dwunożnego i dźwigania głowy;

- **klatka piersiowa** jest zbudowana z **kręgów piersiowych**, **żeber** i **mostka**; chroni narządy wewnętrzne (serce, płuca, grasicę, śledzionę, wątrobę), umożliwia wymianę gazową.

Szkielet obręczy barkowej, biodrowej

i kończyn

- **obręcz barkowa** – tworzą ją łopatka i obojczyk (połączony z kością ramieniową);
- **kończyna górna** – kość ramieniowa, kości przedramienia: promieniowa i łokciowa, 8 kości nadgarstka, 5 kości śródręcza, 5 kości palców, z których każdy zbudowany jest z 3 paliczków (kciuk z 2 paliczków);
- **obręcz miednicowa** składa się z kości biodrowych, kulszowych, łonowych (połączone są z kością udową);
- **kończyna dolna** – kość udowa, kości podudzia: piszczelowa i strzałkowa, 7 kości stępu, 5 kości śródstopia, 5 kości palców (3 paliczki, w paluchu 2).

Układ mięśniowy

Mięsień szkieletowy składa się z brzuśca (jednego lub wielu, zbudowanego z włókien mięśniowych zawierających mioglobinę) i ścięgien (przyczepiają mięśnie do kości, zbudowane z tkanki łącznej włóknistej). Mięśnie są dobrze unerwione i unaczynione.

Działanie mięśni

- **antagonistyczne**, np. zginacze (mięsień dwugłowy ramienia) i prostowniki (mięsień trójgłowy ramienia);
- **synergistyczne**, np. mięśnie międzyżebrowe umożliwiające ruchy oddechowe.

Ważniejsze mięśnie człowieka

- mimiczne (mięsień okrężny oka, mięsień okrężny ust);
- mostkowo-obojczykowo-sutkowy;
- międzyżebrowe;
- przepona;
- prosty brzucha;
- skośne brzucha;
- czworoboczny;
- prostownik grzbietu;
- naramienny;
- dwugłowy ramienia;
- trójgłowy ramienia;
- pośladkowe;
- krawiecki;
- czworogłowy uda;
- dwugłowy uda;
- brzuchaty łydki.

Praca mięśni

Wewnątrz komórki mięśniowej biegną pęczki włókienek białkowych zwanych **miofibrylami**. Pęczki miofibryli oddzielone są od siebie siateczką śródplazmatyczną, wewnątrz której gromadzone są jony wapnia potrzebne do skurczu. Miofibryle zbudowane są z **filamentów białkowych**: cienkich (z aktyny) i grubych (z miozyny). Podstawową jednostką

czynnościową miofibryli jest **sarkomer** (obszar zawarty między dwiema liniami Z).

Model ślizgowy zakłada, że skurcz jest efektem wsuwania się filamentów aktynowych między miozynowe. Impuls nerwowy dochodzi do mięśnia za pośrednictwem synapsy nerwowo-mięśniowej, której neuroprzebieżnikiem jest acetylocholina. Do skurczu mięśnia potrzebne są także jony wapnia i energia pochodząca z hydrolizy ATP.

Źródła energii

- **fosfokreatyna** – aminokwas, do którego dołączona jest reszta fosforanowa: fosfokreatyna + ADP → kreatyna + ATP;
- **oddychanie tlenowe** – podstawowym źródłem jest glukoza, gdy jej zabraknie uruchamiane są zapasy – glikogen i kwasy tłuszczowe;
- **oddychanie beztlenowe** – fermentacja mlekowa (u osób o słabej kondycji, przy niedostatecznej wydolności układu oddechowego i krwionośnego), produktem jest kwas mlekowy powodujący zakwasy.

Mięśnie szkieletowe zbudowane są z dwóch rodzajów włókien:

- **białych** (miofibryle ciasno ułożone, ruchy szybkie i krótkotrwałe);
- **czerwonych** (zawierają dużo mioglobiny, praca długotrwała).

Schorzenia układu ruchu

Podstawowe schorzenia układu ruchu to:

- **skolioza** (boczne skrzywienie kręgosłupa; przyczyna: nieprawidłowa postawa siedząca, jednostronne obciążanie barku);
- **płaskostopie** (przyczyna: otyłość, niewłaściwe obuwie);
- **krzywica** (przyczyna: niedobór witaminy D);
- **osteoporoza**, **zrzesztnienie kości** (ubytki tkanki kostnej, zwiększające ryzyko złamań; przyczyna: niedobór wapnia, spadek estrogenów w okresie przekwitania u kobiet);
- **reumatyzm** (obrzęk i zniekształcenia stawów; przyczyna: autoagresja, przebyte choroby);
- **urazy mechaniczne kości** (zwichnięcie, skręcenie, złamanie);
- **urazy mechaniczne mięśni** (stłuczenie, naderwanie, naciągnięcie).

Układ rozrodczy

Sposoby rozmnażania organizmów

Rozmnażanie bezpłciowe

Potomstwo jest identyczne genetycznie z organizmem rodzicielskim. Jest to niekorzystne pod względem adaptacji gatunku do zmieniających się warunków środowiska, ale pozwala na wydanie na świat potomstwa bez potrzeby szukania partnera do rozrodu:

- podział komórki (podłużny, poprzeczny) – mitozą, amitozą (np. pierwotniaki, bakterie);
- fragmentacja – rozpad osobnika macierzystego na kawałki (np. parzydełkowce, rozwielitki, płazińce);
- pączkowanie – nowy osobnik wyrasta ze starego (np. drożdże, stulbia, koralowce);
- powielanie organów wegetatywnych roślin.

Rozmnażanie płciowe

Osobnik potomny powstaje w wyniku połączenia gamet, ma geny obojga rodziców:

- hermafrodytyzm (obojnactwo), np. pierścienice (samozapłodnienie, zapłodnienie krzyżowe);
- partenogeneza (dzieworództwo) – rozwój komórki jajowej bez zapłodnienia;
- rozdzielnopłciowość – do rozrodu potrzebne są dwa osobniki różnej płci wytwarzające komórki rozrodcze;

- poliembryonia – jedna zapłodniona komórka jajowa daje początek wielu zarodkom:

- ♦ bliźnięta monozygotyczne (jednojajowe) – zygota dzieli się na dwa zarodki, rodzeństwo jest identyczne genetycznie;
- ♦ bliźnięta bazygotyczne (dwujajowe) – każdy z bliźniaków jest odrębnym genetycznie organizmem; taka ciąża jest wynikiem jednoczesnego jajeczkowania w obu jajnikach lub pęknięcia dwóch pęcherzyków Graafa w jednym jajniku, każda z komórek jajowych zostaje zapłodniona przez inny plemnik.

Budowa układu rozrodczego człowieka

Budowa układu męskiego

Narządy wewnętrzne

- **jądra** – dwa, w mosznie, produkują plemniki i testosteron;
- **najądrza** – magazynują plemniki;
- **nasieniowody** – przewody, którymi plemniki opuszczają jądra; w nasieniowodach plemniki zostają wymieszane z wydzielanymi gruczołu krokowego, pęcherzyków nasiennych i innych gruczołów, tworząc nasienie (spermę), które przez cewkę moczową wydostaje się na zewnątrz podczas wytrysku (**ejakulacji**) w akcie płciowym;

- **gruczoł krokowy** (prostata);
- **pęcherzyki nasienne**.

Narządy zewnętrzne

- **moszna** – worek skórny, w którym znajdują się jądra; taka ich lokalizacja umożliwia spermatogenezę, która wymaga niższej temperatury (o ok. 4–5°C) niż w jamie brzusznej;
- **prącie** – narząd kopulacyjny zbudowany z trzonu, żołędzi osłoniętej napletkiem; wewnątrz członka znajdują się ciała jamiaste, które, wypełniając się krwią, umożliwiają erekcję.

Budowa układu żeńskiego

Narządy wewnętrzne

- **jajniki** – długość około 2,5 cm, odpowiadają za powstawanie i dojrzewanie komórek jajowych; produkują estrogeny i progesteron;
- **jajowód** – przewód transportujący komórkę jajową od jajników do macicy, miejsce zapłodnienia;
- **macica** – umięśniony narząd wyścielony błoną śluzową (endometrium) służącą do odżywiania rozwijającego się w macicy zarodka;
- **pochwa** – elastyczne ujście prowadzące od szyjki macicy na zewnątrz, wejście jest częściowo zakryte przez błonę dziewiczą.

Narządy zewnętrzne (srom)

- **wzgórek łonowy**;
- **wargi sromowe** większe i mniejsze;
- **łechtaczka**.

Cechy płciowe (różnice między płciami)

Męskie

- **cechy płciowe pierwszorzędowe** – rozwój jąder i pozostałych narządów rozrodczych;
- **cechy płciowe drugorzędowe** – szeroka klatka piersiowa, owłosienie twarzy, klatki piersiowej, niski głos itp.;

Żeńskie

- **cechy płciowe pierwszorzędowe** – rozwój jajników i pozostałych narządów rozrodczych;
- **cechy płciowe drugorzędowe** – szerokie biodra, rozwój piersi, wysoki głos itp.

Cykl miesięczkowy

- trwa około 28 dni;
- głównymi ośrodkami regulacji są podwzgórze i przedni płat przysadki:
 - ♦ **podwzgórze** wydziela **gonadoliberynę (GnRH)**, hormon odpowiedzialny za prawidłowe funkcjonowanie gonad męskich i żeńskich;
 - ♦ **GnRH** wraz z krwią trafia do przedniego płata przysadki, gdzie pod jej wpływem wydzielane są hormony: **folikulotropina (FSH)** i **hormon luteinizujący (LH)**, które powodują cykliczne zmiany w jajnikach i macicy;
- **faza miesięczkowa (1.–5. dzień)** – występuje, jeśli nie doszło do zapłodnienia; przerośnięta błona śluzowa ulega złuszczeniu i wydostaje się na zewnątrz w postaci krwistego płynu; przysadka mózgowa uwalnia hormon folikulotropowy, który

pobudza rozwój pęcherzyka Graafa oraz wydzielanie estrogenów;

- **faza przedowulacyjna (6.–13. dzień)** – estrogeny pobudzają namnażanie się komórek w błonie śluzowej macicy i tworzenie nowych naczyń krwionośnych (przygotowanie na przyjęcie zarodka), dojrzewanie pęcherzyka Graafa;
- **faza owulacyjna (jajeczkowanie, 14. dzień)** – hormony luteinizujący i folikulotropowy doprowadzają do pęknięcia dojrzałego pęcherzyka Graafa i uwolnienia komórki jajowej, która przedostaje się do jajowodu; w jajniku z pękniętego pęcherzyka formuje się tzw. ciało żółte;
- **faza poowulacyjna (15.–28. dzień)** – pod wpływem progesteronu produkowanego przez ciało żółte błona śluzowa macicy grubieje i zaczyna wydzielać płyn bogaty

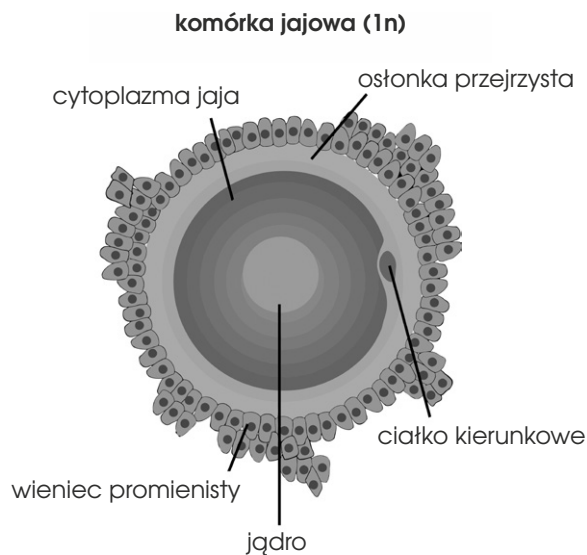
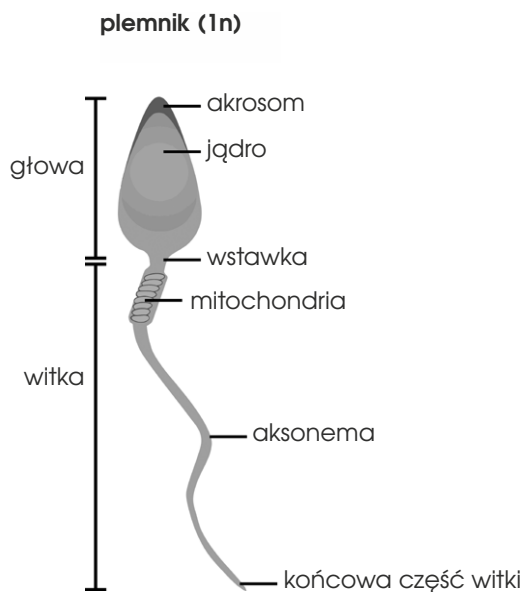
w substancje odżywcze (ma on odżywiać płód przed zagnieżdżeniem); jeśli nie dojdzie do zapłodnienia, ciało żółte degeneruje w ciało białawe; wskutek spadku poziomu progesteronu komórki śluzówki macicy obumierają; komórka jajowa rozpada się i zostaje wchłonięta przez organizm.

Zapłodnienie

$$\text{plemnik (1n)} + \text{komórka jajowa (1n)} = \text{zygota (2n)}$$

- po zetknięciu komórek płciowych plemnik wydziela enzymy rozpuszczające osłonki jajowe;
- komórka jajowa w miejscu kontaktu z plemnikiem wytwarza uwypuklenie zwane wzgórkem przyjęcia; następuje w nim połączenie błon komórkowych jaja i plemnika;

BUDOWA GAMET



- plemnik odrzuca wic, a jego główka wnika do wnętrza jaja, kierując się do jego jądra;
- po zetknięciu jąder obu komórek następuje **syngamia** (kariogamia, zlanie jąder);
- zarodek wydziela hormon – **gonadotropinę kosmówkową**, która podtrzymuje aktywność ciała żółtego i hamuje kolejne jajczkowanie.

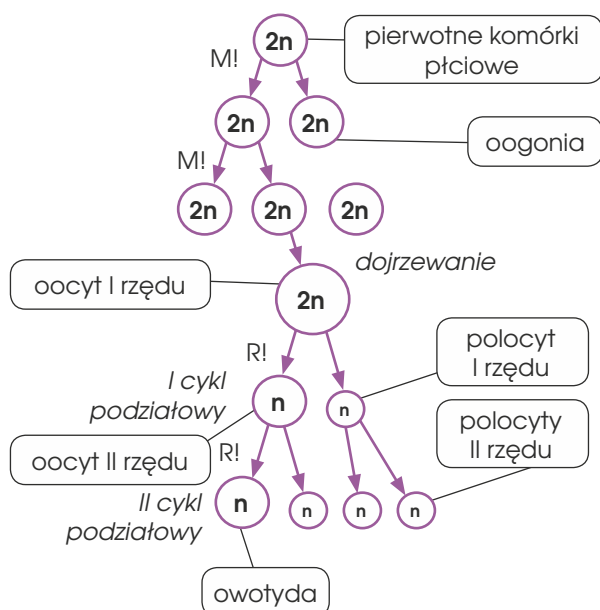
Etapy rozwoju prenatalnego człowieka

- **brzdkowanie** – u człowieka całkowite, równomierne:
 - ♦ podziały mitotyczne zygoty na komórki potomne zwane blastomerami (2.–3. doba od zapłodnienia);

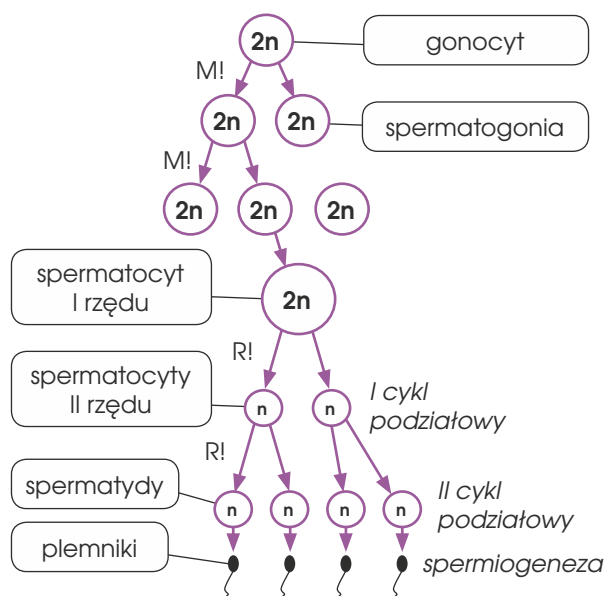
- ♦ w wyniku szeregu podziałów powstaje morula – grudka identycznych komórek przypominająca wyglądem owoc morwy;
- ♦ komórki w wyniku przemieszczenia tworzą jednowarstwowy pęcherzyk zwany blastulą lub blastocystą; ścianę blastocysty tworzy pojedyncza warstwa komórek – trofoblast, a wypełnia ją płyn;
- **implantacja** – około 7. dnia po zapłodnieniu zarodek zagnieżdża się w ścianie macicy;
- **gastrulacja** – faza formowania się listków zarodkowych:

GAMETOGENEZA

oogeneza – powstawanie komórek jajowych (w jajnikach):



spermatogeneza – powstawanie plemników (w jądrach):



- ♦ ektoderma – zewnętrzna warstwa komórek zarodkowych;
- ♦ endoderma – wewnętrzna warstwa komórek zarodkowych;
- ♦ mezoderma – warstwa rozwijająca się między ektoderma a endoderma;
- **organogeneza** – faza rozwoju narządów ostatecznych z pierwotnych listków zarodkowych.

Łożysko

Łożysko to narząd powstający z połączenia tkanek zarodka i matki. Część maciczna powstaje z tkanki łącznej błony śluzowej macicy, a część płodowa z kosmówki. Obie części są silnie unaczynione, ale krew maciczna nie łączy się z krwią płodu.

Funkcje łożyska

- wymiana gazów między krwią matki i płodu;
- usuwanie szkodliwych metabolitów (np. mocznika) z płodu do krwioobiegu matki;
- przekazywanie przeciwciał (odporność naturalna bierna);
- ochrona płodu przed czynnikami zewnętrznymi, np. drobnoustrojami (przez łożysko przenikają leki, alkohol, niektóre wirusy, np. HIV, różyczki i wiele trucizn);
- odżywianie płodu – dostarczanie substancji budulcowych i energetycznych;
- od 4. miesiąca produkcja progesteronu.

Błony płodowe

- **kosmówka** współtworzy łożysko (powstaje z trofoblastu i częściowo mezodermy);

- **owodnia** wypełniona jest płynem owodniowym, który tworzy optymalne środowisko życia zarodka (ściana owodni zbudowana jest z brzeżnych komórek ektodermy tarczy zarodkowej i z mezodermy);
- **omocznia** rozwija się między kosmówką i owodnią; u człowieka współtworzy pępowinę i naczynia krwionośne łożyska w części płodowej (powstaje z endodermalnych komórek rynienki prajelita i częściowo z mezodermy).

Poród

Około 280 dni (38 tygodni) od ostatniej miesiączki rozpoczyna się poród. Pod wpływem hormonów płodu maciczna część łożyska zaczyna wydzielać prostaglandynę. Hamuje ona wydzielanie progesteronu łożyskowego. Drażnienie szyjki macicy skutkuje wydzielaniem podwzgórzowego hormonu – oksytocyny wywołującej falowe skurcze mięśni gładkich ścian macicy oraz pobudza gruczoły mleczne do produkcji mleka (laktacji).

Etapy porodu

- **rozwieranie się szyjki macicy** (od 2 do 20 godzin) – worek owodniowy może pęknąć i uwolnić wody płodowe, wydzielana oksytocyna stymuluje skurcze macicy prowadzące do rozwarcia szyjki macicy i wypchnięcia dziecka na zewnątrz, skurcze te są przyczyną bóli porodowych;
- **parcie** (trwa od 2 do 100 minut) – rozpoczyna się pełnym rozwarciem szyjki macicy i trwa do przyjścia dziecka na świat;

- **poród łożyska** (rozpoczyna się od 5 do 45 minut po urodzeniu się dziecka) – po wydaleniu łożyska łożyskowe naczynia krwionośne zwężają się, aby powstrzymać krwawienie.

Rozwój postnatalny człowieka

- **okres noworodkowy** – od narodzin do końca 1. miesiąca życia;
- **okres niemowlęcy** – koniec 1. miesiąca życia do 2. roku życia;
- **okres dziecięcy** – od 2. roku życia do wieku dojrzewania (około 11–14 lat);
- **okres młodzieńczy** – od wieku dojrzewania do pełnej dojrzałości (18–20 lat);
- **okres dojrzałości** – do około 40. roku życia;
- **okres wieku średniego** (przekwitania) – do około 65. roku życia (u kobiet klimakterium – menopauza, bóle i zawroty głowy, wzrost i zmienność ciśnienia krwi, osteoporoza, uderzenia krwi

do głowy, u mężczyzn: andropauza, nadciśnienie tętnicze, osteopenia, potliwość, osłabienie);

- **okres starości** – od 65. roku życia.

Metody antykoncepcji

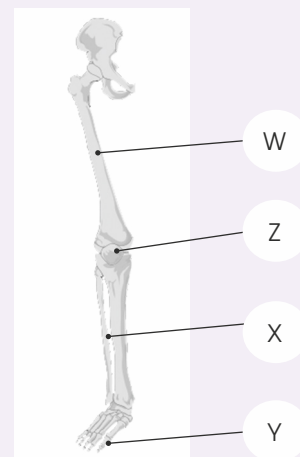
- **naturalne** – kalendarzyk małżeński, metoda termiczna, metoda objawowo-termiczna, metoda obserwacji śluzu (Billingsów) – mają na celu określenie momentu jajczkowania, polegają na wstrzemięźliwości seksualnej kilka dni przed owulacją, w dniu owulacji i dwa dni po owulacji;
- **sztuczne**
 - ♦ mechaniczne (prezerwatywy, kaputki, spirale itp.);
 - ♦ chemiczne (tabletki, globulki, kremy i maści plemnikobójcze itp.);
 - ♦ hormonalne (tabletki, plastry z hormonami hamującymi owulację).

POCHODZENIE NARZĄDÓW CZŁOWIEKA Z LISTKÓW ZARODKOWYCH

z ektodermy	z mezodermy	z endodermy
• naskórek i jego pochodne (włosy, paznokcie) • gruczoły potowe i łojowe • nabłonek jamy ustnej i odbytu • szkliwo zębów • elementy oczu: rogówka, soczewka, siatkówka • układ nerwowy • część nerwowa przysadki • rdzeń nadnerczy	• tkanka łączna • mięśnie • układ krążenia • układ limfatyczny • kora nadnerczy • nerki • narządy płciowe	• nabłonek przewodu pokarmowego • trzustka • wątroba • nabłonek układu oddechowego • nabłonek pęcherza moczowego i cewek moczowych • nabłonek pochwy • tarczyca i przytarczycy

Sprawdź się!

1. W usuwaniu zbędnych i szkodliwych produktów przemiany materii z organizmu do otoczenia uczestniczą różne struktury organizmu. Wymień je wraz z produktami metabolizmu, które usuwają.
2. Przedstaw mechanizm utrzymania stałej temperatury człowieka w sytuacji nadmiaru ciepła przy udziale:
 - A. gruczołów potowych
 - B. układu krwionośnego
 - C. hormonów tarczycy.
3. Określ nazwy poszczególnych kości kończyny dolnej.
Podaj rolę elementu oznaczonego Z.



1. Układ wydalniczy (nerki) – m.in. mocznik, woda. Układ oddechowy (płuca) – dwutlenek węgla, woda, skóra (gruczoły potowe) – produkuje pot zawierający m.in. mocznik i wodę.
2. A. Zwiększenie wydzielania potu, który, parując, ochładza ciało, B. rozszerzenie skóry naczyń krwionośnych, co ułatwia oddanie nadmiaru ciepła, C. zmniejszenie wydzielania hormonów tarczycy, przez co maleje tempo metabolizmu i produkcja ciepła.
3. W – kość udowa, X – kość strzałkowa, Y – paliczki, Z – rzepka (ogranicza ruchomość stawu kolannowego i przeginań podudzia do przodu, co ułatwia chodzenie).

Układy kontrolne

Do układów sterujących pracą organizmu ludzkiego należą: **układ nerwowy** (przekazujący sygnały elektryczne) i **hormonalny** (przekazujący sygnały chemiczne).

W porównaniu z układem nerwowym działanie układu dokrewnego jest wolniejsze, ale jego skutki są długotrwałe.

Układ nerwowy

Rola

- odbiera, przetwarza i przewodzi informacje ze środowiska zewnętrznego i wewnętrznego;
- reguluje i kontroluje działanie poszczególnych narządów i układów;
- koordynuje działanie wszystkich narządów;
- umożliwia reakcje ruchowe.

Budowa

- rozwija się z ektodermy;
- podstawową jednostką układu nerwowego zdolną do szybkiego przekazywania sygnałów jest neuron (komórka nerwowa);

Czy wiesz, że...



Mózg człowieka składa się z około 100 mld neuronów, a każdy z nich ma kilkanaście tysięcy połączeń z innymi komórkami.

- wyróżniamy układ nerwowy **ośrodkowy** (OUN) oraz **obwodowy** (ObUN):

- ♦ OUN składa się z mózgowia i rdzenia kręgowego;
- ♦ ObUN to 12 par nerwów czaszkowych i 31 par nerwów rdzeniowych.

Ośrodkowy układ nerwowy (OUN)

Ośrodkowy układ nerwowy to centrum decyzyjne ludzkiego organizmu, dlatego musi być dobrze chronione.

Funkcję ochronną pełnią **kości** (mózgoczaszka, kręgosłup), **płyn mózgowo-rdzeniowy** (amortyzuje wstrząsy, wyrównuje ciśnienie wewnątrz czaszki) oraz **opony mózgowo-rdzeniowe**:

- **opona twarda** – wyściela mózgowczaszkę i kanał rdzeniowy;
- **pajęczynówka** – ogranicza przestrzeń podpajęczynówkową wypełnioną płynem mózgowo-rdzeniowym;
- **naczyniówka** – opona miękka, przylega do mózgu i rdzenia kręgowego, odpowiada za barierę krew–mózg.

W OUN ciała komórek nerwowych tworzą istotę szarą, a skupienia włókien nerwowych tworzących drogi nerwowe – **istotę białą**.

OUN składa się z dwóch części: mózgowia i rdzenia kręgowego.

Mózgowie

- **kresomózgowie**:
 - ♦ największa część mózgowia;

- ♦ zbudowane z dwóch połączonych półkul mózgowych połączonych spoidłem wielkim, w którym przebiegają drogi nerwowe łączące obie półkule;
 - ♦ zewnętrzna część istoty szarej to kora mózgowa zbudowana z sześciu warstw komórek nerwowych (tzw. kora nowa);
 - ♦ wyróżniamy płaty: **czołowy** [ośrodki ruchowe (np. sterowanie ruchami dowolnymi, ośrodek ruchowy mowy – kontroluje prace mięśni umożliwiających wydawanie dźwięków artykułowanych, ośrodek ruchów pisarskich ręki), ośrodki kojarzeniowe odpowiadające za złożone formy zachowań, inteligencję]; **ciemieniowy**: ośrodki czuciowe [dotyku, smaku, bólu, zmiany temperatury]; **skroniowy**: ośrodek słuchu, ośrodek słuchowy mowy (rozumienia wrażeń słuchowych), ośrodek węchu; **potyliczny**: ośrodek wzrokowy, ośrodek wzrokowy mowy;
 - ♦ na styku płatów: ciemieniowego, skroniowego i potylicznego znajduje się nadrzędny ośrodek mowy;
 - **międzymózgowie**:
 - ♦ centrum koordynacji nerwowej i hormonalnej;
 - ♦ znajdują się tu ośrodki motywacyjne: pokarmowy (głodu i sytości), pragnienia, rozrodczy (popęd płciowy), agresji i ucieczki, termoregulacji;
 - ♦ reguluje stany motywacyjne: zdobywania i unikania;
 - ♦ w nim zlokalizowana jest szyszynka i podwzgórze;
 - **śródmózgowie**:
 - ♦ koordynacja pracy mięśni gałki ocznej;
 - **tyłomózgowie wtórne**:
 - ♦ mózdzek – zbudowany z dwóch półkul; koordynuje pracę mięśni szkieletowych, odpowiada za utrzymanie równowagi i wyprostowanej postawy ciała; wytwarza niewielkie impulsy odpowiedzialne za tonus mięśni szkieletowych; jego uszkodzenia powodują m.in. ataksję (zaburzenia koordynacji pracy mięśni szkieletowych) i astenię (szybkie męczenie się mięśni);
 - ♦ most Varola – przewodzi impulsy z jednej półkuli mózdzku do drugiej, co zapewnia skoordynowanie lewej i prawej strony ciała;
 - **rdzeń przedłużony**:
 - ♦ łączy się z mostem i rdzeniem kręgowym;
 - ♦ lokalizacja dróg nerwowych wstępujących i zstępujących;
 - ♦ w nim zlokalizowane są ośrodki kontrolujące odruchowe funkcje życiowe: połykanie, żucie, ssanie, ruchy oddechowe, częściowo pracę serca.
- Rdzeń kręgowy**
- biegnie w kanale kręgowym kręgosłupa;

- na zewnątrz – istota biała zawierająca liczne włókna tworzące drogi nerwowe wstępujące (prowadzące impulsy do mózgowia) i zstępujące (prowadzące impulsy z mózgowia do receptorów);
- wewnątrz – istota szara – podzielona na rogi przednie brzuszne (skupienia ciał neuronów czuciowych, których wypustki wychodzą z rdzenia, współtworząc nerwy rdzeniowe) i rogi tylne grzbietowe (gdzie wnikają wypustki neuronów czuciowych).

Obwodowy układ nerwowy (ObUN)

- **12 par nerwów czaszkowych:**
 - ♦ nerwy czuciowe (np. węchowy, wzrokowy);
 - ♦ nerwy ruchowe (np. nerwy poruszające gałkami ocznymi);
 - ♦ nerwy mieszane (np. nerwy błędne);
- **31 par nerwów rdzeniowych:** nerwy mieszane.

Nerw to zespół długich wypustek komórek nerwowych (aksonów) otoczonych wspólną osłonką łącznotkankową.

- polaryzacja spoczynkowa – stan gotowości neuronu do reagowania (jest wynikiem działania pompy Na/K, wymagającej nakładów ATP);
 - ♦ potencjał spoczynkowy jest równy -70 mV ;
- zadziałanie bodźca, powoduje otwarcie kanału jonowego (jony Na^+ wnikają do wnętrza komórki, K^+ przedostają się na zewnątrz);

- depolaryzacja
 - ♦ potencjał czynnościowy wynosi $+40\text{ mV}$;
- rozprzestrzenianie się fali depolaryzacyjnej;
- repolaryzacja błony neuronu (zamknięcie kanału jonowego);

Zasada „wszystko albo nic” – jeśli bodziec osiągnie wartość progową, włókno nerwowe będzie przewodzić impulsy nerwowe; poniżej tej wartości brak przewodzenia.

Kodowanie impulsów nerwowych – im wyższe natężenie bodźca, tym większa częstotliwość określonych impulsów nerwowych w receptorze.

Bodziec progowy (próg pobudliwości) to najmniejsza wartość bodźca wywołująca odpowiedź organizmu, tkanki czy komórki.

Układ nerwowy somatyczny i autonomiczny

- współdziałają ze sobą, tworząc czynnościową całość;
- **układ somatyczny (OUN i ObUN):**
 - ♦ neuroprzekaźnikiem jest acetylocholina;
 - ♦ integruje bodźce docierające ze środowiska zewnętrznego;
 - ♦ efektorami są głównie mięśnie szkieletowe;
 - ♦ drogi odśrodkowe (ruchowe) są zawsze jednoneuronowe;
- **układ autonomiczny (wegetatywny):**
 - ♦ kieruje pracą narządów wewnętrznych i regulacją metabolizmu;

- ♦ unerwia m.in. mięśnie gładkie narządów wewnętrznych, serce, gruczoły;
- ♦ ośrodki znajdują się w śródmózgowiu, rdzeniu przedłużonym i rdzeniu kręgowym;
- ♦ brak włókien dwuosłonkowych (szybkich);
- ♦ drogi odśrodkowe (ruchowe) są dwuneuronowe;
- ♦ zbudowany z pni nerwowych biegnących równolegle do kręgosłupa i zawierających zwoje nerwowe;
- ♦ dzieli się na układ: **współczulny** (sympatyczny, neuroprzekaźnikiem jest adrenalina, mobilizuje organizm w warunkach stresu) oraz **przywspółczulny** (parasympatyczny – neuroprzekaźnikiem jest acetylocholina, wprowadza organizm w stan odprężenia).

Odruchy

- podstawowe jednostki czynnościowe układu nerwowego;
- **łuk odruchowy** – droga, jaką impuls nerwowy przebywa od receptora do efektor: receptor → włókna neuronu czuciowego → ośrodek nerwowy (np. w rdzeniu kręgowym) → włókna pośredniczące → włókna neuronu ruchowego → efektor;
- odruchy **bezwarunkowe** (wrodzone):
 - ♦ są zdeterminowane genetycznie, zachodzą automatycznie, niezależne od woli, nie zmieniają się w ciągu życia, stanowią podstawę instynktów, ich rolą jest ochrona życia i zdrowia;
- przykłady: odruch kolanowy, źreniczny, cofnięcie kończyny górnej np. po ułuciu, wydzielanie śliny w wyniku drażnienia błony śluzowej jamy ustnej, wykrztuśny, wymiotny, kaszlu;
- odruchy **warunkowe** (nabyte):
 - ♦ wyuczone, nabyte w ciągu życia reakcje na bodźce;
 - ♦ powstają na podłożu odruchów bezwarunkowych, przy udziale kory mózgu;
 - ♦ są zmienne;
 - ♦ mogą być podporządkowane woli;
 - ♦ są podstawowym elementem uczenia się i zapamiętywania;
 - ♦ przykłady: wydzielenie śliny na widok lub zapach pokarmu, zatrzymanie przed czerwonym światłem, tresura zwierząt;
- odruchy **klasyczne** (Iwan Pawłow):
 - ♦ odruch bezwarunkowy – wydzielanie śliny w wyniku podrażnienia przez pokarm receptorów jamy gębowej;
 - ♦ powstanie odruchu warunkowego przy jednoczesnym działaniu dwóch bodźców: pokarmowego (pierwotny bodziec kluczowy) i świetlnego lub dźwiękowego (bodziec obojętny);
 - ♦ utrwalony odruch warunkowy – sygnały świetlne lub dźwiękowe

powodują wydzielanie śliny (wtórny bodziec kluczowy):

bodziec obojętny (lampka, dzwonek)
 →
 wzmocnienie (pokarm)
 →
 reakcja (wydzielanie śliny)

- odruchy instrumentalne (Edward Thorndike):

bodziec obojętny (ruch ręką, komenda słowna)
 →
 reakcja (podanie łapy)
 →
 wzmocnienie (pokarm)

- ♦ warunkowanie instrumentalne może być oparte na popędach: apetytywnych (dążenie do nagrody); awersyjnych (unikanie kary).

Pamięć

Zapamiętywanie zachodzi w dwóch etapach:

- tworzenie się **pamięci świeżej** – impulsy elektryczne krążą w wieloneuronowych łańcuchach zwrotnego pobudzenia, m.in. wzgórza i kory mózgowej;
- tworzenie się **pamięci trwałej** – podczas wielokrotnego przechodzenia impulsów przez te same łańcuchy neuronów kolejne pętle przechodzenia impulsów przebiegają coraz łatwiej, ponieważ następuje biochemiczna modyfikacja synaps, po których krążą impulsy.

Receptory

Receptory to wyspecjalizowane komórki i ich zespoły o zwiększonej pobudliwości na określoną formę energii.

Podział ze względu na stopień złożoności budowy

- jednokomórkowe;
- skupiska komórek czuciowych;
- narząd zmysłów.

Podział ze względu na rodzaj odbieranej energii

- chemoreceptory;
- fotoreceptory;
- mechanoreceptory;
- nocyreceptory (ból).

Podział ze względu na pochodzenie informacji

- eksteroreceptory – informacja ze środowiska zewnętrznego, np. wzroku, słuchu, kubki smakowe języka, nabłonek węchowy nosa, skórne zmiany temperatury, bólu;
- interoreceptory – informacja z wnętrza ciała:
 - ♦ proprioreceptory – receptory stawowo-mięśniowe w ścięgnach, stawach i mięśniach;
 - ♦ wisceroreceptory – informacja o stanie narządów wewnętrznych, narząd równowagi.

Podział ze względu na odległość

od źródła bodźca

- receptory zewnętrzne – bodźce działają bezpośrednio na powierzchnię ciała, np. ciała czuciowe skóry;
- teloreceptory – rejestrują bodźce, których źródło znajduje się w pewnej odległości od organizmu.

Odbiór bodźców polega na zamianie sygnałów optycznych, akustycznych, mechanicznych, chemicznych na impulsy nerwowe, które są przewodzone przez neurony. Bodziec charakterystyczny dla danego receptora nazywa się **adekwatnym (swoistym)**.

Narząd zmysłu – receptory i towarzyszące im komórki, które stanowią aparat pomocniczy ułatwiający percepcję bodźca.

Analizator – narząd zmysłu wraz z drogami nerwowymi i ośrodkami w korze mózgowej.

Narząd wzroku człowieka

Budowa

Gałka oczna

- **błona włóknista:**
 - ♦ **rogówka** – przezroczysta, zdolna do regeneracji, chroni przed urazami mechanicznymi;
 - ♦ **twardówka** – nieprzezroczysta, pełni funkcje ochronne;
- **błona naczyniowa:**
 - ♦ **tęczówka** – zawiera barwnik decydujący o kolorze oczu, działa jak przesłona regulująca wielkość źrenicy;

- ♦ **ciało rzęskowe** – umożliwia zmiany kształtu soczewki;
- ♦ **naczyniówka** – zawiera liczne naczynia krwionośne, pełni funkcje odżywcze;
- **siatkówka** – warstwa światłoczuła zawierająca dwa rodzaje fotoreceptorów:
 - ♦ **pręciki** – około 120 mln, zawierają rodopsynę, są bardzo czułe, odpowiadają za widzenie czarno-białe, przy słabym świetle umożliwiają postrzeganie kształtów i ruchu;
 - ♦ **czopki** – około 6 mln, umożliwiają tworzenie ostrych i barwnych obrazów, występują głównie w plamce żółtej – miejscu najprecyzyjniejszego widzenia, zawierają rodopsynę, czopki różnią się wrażliwością na fale światła: niebieskie, zielone i czerwone; kombinacja pobudzeń różnych czopków daje wrażenie odbioru barw, natomiast równomierne pobudzenie wszystkich – wrażenie bieli;
 - ♦ zawiera plamkę żółtą i plamkę ślepą (miejsce wyjścia nerwu wzrokowego);
- **komora przednia** – zawiera wodnistą ciecz, znajduje się między rogowką i tęczówką;
- **źrenica** – otwór w tęczówce o zmiennej średnicy zależnej od ilości dopływającego światła;

- **soczewka** – przezroczysta, warunkuje ostrość widzenia dzięki skupianiu promieni świetlnych na siatkówce;
- **ciało szkliste** – położone między soczewką a siatkówką, ma konsystencję galaretowatą;
- **nerw wzrokowy** – przekazuje impulsy z fotoreceptorów do ośrodka wzrokowego w płacie potylicznym, gdzie powstaje obraz trójwymiarowy.

Narządy dodatkowe oka

- brwi;
- powieki;
- spojówki;
- narząd łzowy;
- aparat ruchowy oka (mięśnie proste i skośne oka).

Mechanizm widzenia

- obserwowane przedmioty odbijają światło, które przechodzi przez układ załamujący i skupiający promienie świetlne, tzw. układ optyczny oka:

rogówka →
→ komora przednia oka →
→ źrenica → soczewka →
→ ciało szkliste →
→ siatkówka

- powstaje obraz rzeczywisty, pomniejszony, odwrócony;
- zakres fal światła widzialnego dla człowieka to ok. 400–700 nm.

Akomodacja oka – zdolność do ostrego widzenia zarówno z bliska, jak i z daleka,

dzięki zmianie krzywizny soczewki (ogniskowej). Zdolność ta zmniejsza się z wiekiem.

- **punkt dali** (6 m) – gdy obiekt znajduje się dalej, oko nie akomoduje; w mniejszej odległości mięsień ciała rzęskowego powoduje, że soczewka staje się bardziej kulista, aby obraz był cały czas skupiony na siatkówce;
- **punkt bliży** (10 cm) – po jego przekroczeniu obraz staje się nieostry.

Chemizm widzenia

W zewnętrznych częściach komórek wrażliwych na światło znajduje się rodopsyna. Pod wpływem światła, rozpada się na **opsynę** i **retinen**, który wywołuje impulsy elektryczne w błonie komórkowej receptora przesyłane nerwem wzrokowym do ośrodka wzrokowego w płacie potylicznym.

Schorzenia oka

- **krótkowzroczność** – siła refrakcyjna oka jest zbyt duża, promienie świetlne skupiane są przed siatkówką; do korekty stosuje się soczewki wklęsłe, rozbieżne lub laserową modyfikację krzywizny rogówki;
- **dalekowzroczność** – siła refrakcyjna oka jest zbyt mała i promienie świetlne skupiane są za siatkówką; korekta polega na stosowaniu soczewek wypukłych, skupiających;
- **astygmatyzm** – siła łamiąca oka nie jest równomierna, np. wskutek

nieprawidłowej krzywizny rogówki, promienie skupiają się w kilku miejscach, obraz powstający na siatkówce jest rozmazany; wadę tę koryguje się soczewkami cylindrycznymi (wycinek walca) lub torycznymi (wycinek beczki);

- **zaćma (katarakta)** – zmętnienie soczewki oka (wynik starzenia się lub urazu); korekta polega na operacyjnej wymianie soczewki;
- **jaskra** – zniszczenie nerwu wzrokowego zmniejszające pole widzenia i ostrość, prowadzące do nieodwracalnej ślepoty; powoduje ją podwyższone ciśnienie śródgałkowe (wynik starzenia się organizmu lub stanów zapalnych oka), które wiąże się z krążeniem cieczy wodnistej i wielkością kąta przesączania; jaskra z otwartym kątem bywa bezobjawowa, jaskrze z wąskim kątem towarzyszy ból i zamazane widzenie; jaskra z zamkniętym kątem objawia się między innymi silnym bólem oka i głowy oraz wymiotami; leczenie polega na przyjmowaniu leków obniżających ciśnienie płynów w gałce ocznej, czasem na interwencji chirurgicznej;
- **kurza ślepota (ślepota zmierzchowa)** – spowodowana niedoborem witaminy A;
- **daltonizm** – choroba genetycznie sprzężona z płcią, najczęściej brak widzenia barw: czerwonej, zielonej i błękitnej.

Ucho – narząd słuchu i równowagi

Budowa

Ucho zewnętrzne

- **małżowina uszna** – lokalizacja źródła dźwięku, skupianie fal dźwiękowych;
- **przewód słuchowy zewnętrzny** – przekazuje, wzmacnia, ukierunkowuje drgania fali dźwiękowej na błonę bębenkową, wyściełany jest nabłonkiem urzęsionym, zawierającym gruczoły łojowe i woskowinowe, których wydzielina tworzy warstwę ochronną;
- **błona bębenkowa** – elastyczna błona zbudowana z tkanki łącznej, oddziela ucho zewnętrzne od ucha środkowego, jest wprowadzana w drgania przez falę dźwiękową, którą przekazuje na kośćeczki słuchowe.

Ucho środkowe

- **jama ucha środkowego**;
- **kośćeczki słuchowe (młoteczek, kowadełko, strzemiączko)** – połączone stawowo, przekazują drgania z błony bębenkowej do ucha wewnętrznego (na okienko owalne), wzmacniają fale dźwiękowe;
- **trąbka Eustachiusza** – łączy ucho środkowe z gardłem, wyrównuje ciśnienie po obu stronach błony bębenkowej.

Ucho wewnętrzne (błędnik)

- **błędnik kostny**: ślimak, przesionek, trzy kanały półkoliste;

- **błędnik błoniasty:**
 - ♦ w **ślimaku** znajduje się **przewód ślimakowy** zawierający **narząd spiralny (Cortiego)** zawierający właściwe receptory słuchu;
 - ♦ w **przedsionku** są **woreczek** i **łagiewka**;
 - ♦ w **kanałach półkolistych** znajdują się **przewody półkoliste**.

Stres

Stres to fizjologiczny stan, „podwyższonej gotowości bojowej” organizmu w odpowiedzi na określoną sytuację zewnętrzną. Umiarkowany stres pozwala radzić sobie z wymaganiami adaptacyjnymi otoczenia, umożliwia rozwój psychiczny i jest czynnikiem rozwoju.

Reakcje na stres

- **dystres (negatywny)** – reakcja organizmu na zagrożenie, utrudnienie lub niemożność realizacji ważnych celów i zadań człowieka; pojawia się w momencie zadziałania stresora; ma niekorzystny wpływ na zdrowie, samopoczucie, wydajność w pracy i nauce; długotrwały, nie ulegający rozładowaniu stres wywołuje przykre dolegliwości i choroby (zawał serca, wrzody żołądka, osłabienie pamięci, ból głowy);
 - ♦ etapy:

faza mobilizacji → faza krytyczna →
→ faza destrukcji
- **eustres (pozytywny)** – stres pozytywnie mobilizujący do działania, jest krótkotrwały;

- ♦ etapy:

faza mobilizacji → odpoczynek →
→ powrót do normy

- **neustres** – bodziec neutralny dla danej osoby, dla innych może być eustresowy lub dystresowy.

Fazy stresu

- mobilizacyjna – zaskoczenie, niepokój, przygotowuje organizm do walki lub ucieczki, pobudza do działania:
 - ♦ rdzeń nadnerczy uwalnia **adrenalinę** i **noradrenalinę**, co powoduje m.in. rozszerzenie naczyń krwionośnych w mięśniach szkieletowych (co zwiększa napięcie mięśniowe), zwężenie naczyń krwionośnych w skórze (bładość) i jamie brzusznej, wzrost akcji serca, rozszerzenie oskrzeli, wzrost liczby oddechów, wzrost stężenia glukozy we krwi, przyspieszony rozkład tłuszczów, rozszerzenie źrenic, poprawę ukrwienia mózgowia, pocenie się (zmniejsza tarcie, ułatwia wyrwanie się, utrudnia pochwycenie);
 - ♦ **kortyzol** – wzmacnia działanie adrenaliny i noradrenaliny, utrzymuje wysoki poziom glukozy we krwi przez rozkład glikogenu w wątrobie, zmniejsza sprawność układu immunologicznego;
- **krytyczna** – natężenie stresu osiąga próg odporności organizmu; organizm

produkuje hormony stresu w nadmiarze i podejmuje próbę dostosowania się do sytuacji stresowej:

- ♦ serce bije szybko i nieregularnie;
- ♦ zmniejsza się krzepliwość krwi;
- ♦ maleje wydolność płuc;
- ♦ gruczoły żołądkowe zaczynają produkować więcej HCl;
- ♦ zwiększa się napięcie mięśni szkieletowych;
- ♦ pojawiają się kłopoty z koncentracją;
- ♦ maleje zdolność przewidywania;
- ♦ rozwiązywanie problemów sprawia trudności.

Faza destrukcji

- przybiera formę agresji lub autoagresji;
- pojawiają się choroby psychosomatyczne;
- może prowadzić nawet do śmierci.

Typy osobowości

- A – mała odporność na stres;
- B – duża odporność na stres.

Stresory – bodźce reakcji stresowej

- sytuacja zagrożenia życia lub zdrowia, pozycji społecznej;
- wydarzenia traumatyczne o rozmiarach katastrof obejmujące całe grupy ludzi (np. wojny, klęski żywiołowe);
- sytuacja przeciążenia;
- zakłócenia (brak czasu, informacji, narzędzi itp.);
- deprywacja – utrata bliskiej osoby, opuszczenie domu rodzinnego.

Sposoby walki ze stresem

- ćwiczenia relaksacyjne;
- spacer, gimnastyka, pływanie, bieganie, tenis, gry zespołowe lub towarzyskie itp.;
- relaksujące czynności, np. czytanie, pielęgnacja kwiatów;
- czas spędzony z bliskimi;
- dieta bogata w witaminy, magnez;
- regularne i spokojne posiłki;
- picie dużej ilości wody (oczyszcza organizm);
- regularny odpoczynek;
- unikanie kofeiny, tytoniu i innych używek.

Sen

Sen to odwracalny stan nieświadomości, który charakteryzuje się zmienną aktywnością kory mózgowej. Za dobową rytmikę snu oraz czuwania odpowiada podwzgórze i inne struktury pnia mózgu.

Fazy snu

Sen wolnofalowy (NREM)

- spada tempo metabolizmu, maleje liczba oddechów, zmniejsza się rytm serca, nerki produkują mniej moczu, pokarm przesuwa się wolniej, temperatura ciała spada o ok. 0,5°C, szybciej goją się rany;
- kora mózgowa generuje fale Δ (delta).

Sen paradoksalny (REM)

- szybki ruch gałek ocznych, mruczenie, mówienie przez sen, oddech i puls nieregularne, marzenia senne;

- kora mózgowa generuje nieregularne fale β (beta).

Choroby układu nerwowego

- **miażdżycy naczyń mózgowych;**
- **choroba Alzheimera** – choroba otępienna (zanik pamięci, zdolności wykonywania podstawowych czynności, bezwładne ruchy), powstaje przez odkładanie w mózgu starczych blaszek złożonych z β -amyloidu i zwyrodnienie włóknkowe, w którym główną rolę odgrywa zmienione białko tau (stopniowy zanik kory mózgowej);
- **choroba Parkinsona** – choroba zwyrodnieniowa polegająca na uszkodzeniu neuronów śródmózgowia i w konsekwencji niedoborze dopaminy, objawiająca się m.in. drżeniem rąk, upośledzeniem koordynacji ruchowej, trudnościami w chodzeniu;
- **stwardnienie rozsiane** – choroba autoimmunizacyjna polegająca na obecności rozsianych ognisk demielinizacji w mózgu i rdzeniu kręgowym, zaburzenia czucia obrotowego, parestezje kończyn, tułowia, głowy, osłabienie określonych grup mięśni, kłopoty z chodzeniem, wzmożone napięcie mięśniowe, przykurcze;
- **padaczka (epilepsja)** – objawia się napadami padaczkowymi, polegającymi na nadmiernych i samorzutnych wyładowaniach bioelektrycznych w komórkach nerwowych;
- **rwa kulszowa** – spowodowana uciskiem na nerwy rdzeniowe, objawy: osłabienie mięśni, drętwienie, ból w okolicy lędźwiowej;
- **choroba Creutzfeldta-Jakoba** (choroba szalonych krów) – choroba zwyrodnieniowa, charakteryzuje się odkładaniem w OUN i innych tkankach nieprawidłowej formy białka – prionu; objawia się otępieniem, nocnym miokloniem (zrywaniem mięśniowym) oraz typowym obrazem w badaniu elektroencefalograficznym; klasyczna postać choroby prowadzi do śmierci chorego w ciągu roku z powodu postępujących zmian neurologicznych oraz otępienia; leczenie tylko objawowe, np. leki przeciw drgawkom; nie ma na razie leczenia przyczynowego, można jednakże zapobiegać chorobie, zakładając rękawiczki ochronne przy kontakcie z krwią i moczem pacjentów; chorzy nie muszą być izolowani;
- **udar mózgu** (nazywany dawniej apopleksją) to nagłe ogniskowe lub ogólne zaburzenie pracy mózgu wywołane uszkodzeniami naczyniowymi; utrzymuje się ono ponad dobę lub prowadzi do śmierci; wyróżnia się udar niedokrwienny mózgu, udar krwotoczny mózgu i krwotok podpajęczynówkowy; w pierwszym przypadku udar następuje, gdy dochodzi do gwałtownego zatrzymania dopływu krwi do mózgu (85% wszystkich udarów mózgu), co zachodzi, gdy tętnica zaopatrująca

staje się niedrożna i do mózgu nie dochodzi wystarczająca ilość krwi; udar może wystąpić w wyniku zmian zakrzepowo-zatorowych wywołanych miażdżycą; zator spowodować mogą także wady serca, niektóre zawały czy migotanie przedsionków; udary krwotoczne stanowią 20% przypadków; ponad połowa jest spowodowana pęknięciem tętniaka naczynia mózgowego, a 30% udarów krwotocznych towarzyszy nadciśnieniom tętniczym, które są związane z miażdżycą naczyń mózgowych;

- **zapalenie opon mózgowych** – wywoływane przez bakterie, wirusy, rzadziej grzyby; zakażenie bakteryjne charakteryzuje się bardzo ciężkimi, szybko narastającymi dolegliwościami, wirusowe przebiega łagodniej; do zakażenia najczęściej dochodzi drogą krwionośną, np. z zakażonych zatok czy ucha środkowego; objawami są ostre bóle głowy zlokalizowane w części czołowej i promieniujące do szyi i pleców, wymioty, drgawki, światłowstręt, wysoka gorączka, sztywność karku (nie można przyciągnąć brody do mostka), zaburzenia świadomości; najczęściej chorują kilkuletnie dzieci oraz dorośli z upośledzoną odpornością – w Polsce ok. 3 tys. zachorowań rocznie; profilaktyka polega na eliminacji wszystkich źródeł zakażenia w organizmie – chorych zębów, zapalenia zatok; dzieci warto szczepić przeciwko

bakterii *Haemophilus influenzae*, która jest najczęstszą przyczyną ropnego zapalenia opon;

- **nerwice** – poczucie niepokoju i zagrożenia spowodowane długotrwałym stresem, nagłymi zmianami w życiu; **newica lękowa** to fobia, np. klaustrofobia, agrofobia, arachnofobia;
- **depresja** – zaniżona samoocena, zły nastrój, kłopoty z koncentracją spowodowane m.in. silnym stresem.

Układ hormonalny

Układ dokrewny – tworzą go pojedyncze komórki, tkanki oraz gruczoły wewnątrzwydzielnicze, które wydzielają hormony do płynów ustrojowych (krwi, limfy, płynu tkankowego) docierające do komórek, tkanek i narządów docelowych.

Hormony – endogenne związki organiczne wytwarzane w bardzo małych ilościach, wywierają swoiste działanie na komórki, tkanki lub narządy, regulując ich funkcje. Hormony utrzymują organizm w warunkach homeostazy (nawet najmniejsza zmiana stężenia hormonów zaburza równowagę organizmu):

- **hormony gruczołowe** – produkowane przez gruczoły dokrewne (czyste – produkują hormony, np. tarczyca; mieszane – produkują hormony i inne substancje, enzymy, komórki rozrodcze, np. trzustka, gonady);

- **hormony tkankowe** – produkowane przez komórki rozsiane w różnych układach;
- **neurohormony** – komórki neurosekrecyjne OUN, np. hormony podwzgórzowe;
- **mediatory lokalne** – produkowane w komórkach ciała, np. histamina.

Chemiczna struktura hormonów

- **hormony sterydowe** (pochodne cholesterolu): testosteron, estradiol, progesteron, kortykosteron, kortyzol (hydrokortyzon); receptor dla hormonu sterydowego znajduje się wewnątrz komórki; hormon musi przeniknąć przez błonę komórkową i dotrzeć do receptora; dopasowuje się, tworząc kompleks hormon–receptor; powstanie kompleksu powoduje aktywację genu (zaangażowanie jądra), co skutkuje powstaniem nowego białka enzymatycznego; dopiero enzym zsyntetyzowany pod wpływem działania genu wpływa na zmianę metabolizmu;
- **pochodne aminokwasów:**
 - ♦ tyrozyny: tyroksyna, trójiodotyronina, adrenalina, noradrenalina;
 - ♦ tryptofanu: melatonina;
- **hormony peptydowe:** wazopresyna, oksytocyna, sekretyna, adrenokortykotropina, glukagon, kalcytonina;
- **hormony białkowe:** hormon wzrostu, prolaktyna, tyreotropina, gonadotropiny, insulina;
- **hormony glikoproteinowe:** tyreotropina, folikulotropina; receptor hormonu białkowego znajduje się w błonie komórkowej; powstaje kompleks hormon–receptor, który rozpoczyna reakcję aktywacji enzymu, czyli przekształcenia go z formy nieaktywnej w aktywną (czynną) i przemianę metabolizmu;
- **pochodne nienasyconych kwasów tłuszczowych:** prostaglandyny.

Hormony tkankowe

- **prostaglandyny** – produkowane przez komórki całego organizmu (np. płuc, wątroby, naczyń krwionośnych), są hormonami parakrynowymi, regulują procesy fizjologiczne, pobudzają lub hamują skurcze mięśni gładkich: macicy, przewodu pokarmowego, przewodu oddechowego, naczyń krwionośnych, hamują wydzielanie soku żołądkowego, pobudzają ruchliwość plemników, są mediatorami stanu zapalnego;
- **histamina** – produkowana przez komórki tuczne tkanki łącznej, bierze udział w reakcjach odpornościowych, zwiększa przepuszczalność naczyń krwionośnych, pobudza wydzielanie HCl przez żołądek, obniża ciśnienie krwi;
- **serotonina** – produkowana między innymi w jelitach (pobudza perystaltykę), OUN (neuroprzekaźnik pobudzający), trombocytach (hamuje krwawienie przez skurcz mięśniówki naczyń krwionośnych);

- **gastryna** – produkowana w żołądku, zwiększa wydzielanie pepsynogenu i HCl, pobudza motorykę żołądka;
 - **cholecystokinina** – produkowana w dwunastnicy, stymuluje pęcherzyk żółciowy do skurczów i wydzielania żółci, pobudza trzustkę do wydzielania soku trzustkowego;
 - **sekretyna** – produkowana w dwunastnicy, pobudza wydzielanie soku trzustkowego, jelitowego i żółci, pobudza hepatocyty do produkcji żółci, zmniejsza wydzielanie HCl i gastryny, hamuje motorykę żołądka, wzmacnia działanie cholecystokininy;
 - **erytropoetyna** – produkowana w nerkach, stymuluje produkcję erytrocytów w szpiku kostnym;
 - **renina** – produkowana w nerkach, powoduje przekształcanie nieaktywnej angiotensyny w postać aktywną – angiotensynę II;
 - **angiotensyna II** – produkowana w osoczu, wywołuje skurcze tętnic, podwyższa ciśnienie krwi, wpływa na wydzielanie hormonów nadnerczy i funkcjonowanie nerek.
- **samoregulacja wydzielania hormonów na zasadzie sprzężeń zwrotnych ujemnych** dotyczy hormonów wydzielanych przez gruczoły kontrolowane przez przysadkę mózgową za pomocą hormonów tropowych; gruczoły te to:
 - ♦ tarczyca – jej praca jest stymulowana przez hormon tyreotropowy (TSH);
 - ♦ kora nadnerczy – pobudzana przez hormon kortykotropowy (ACTH);
 - ♦ jajniki i jądra – pobudzane przez hormony gonadotropowe, hormon pęcherzykowy (FSH) i luteinizujący (LH);
 - ♦ przysadka mózgową poddana jest kontroli podwzgórza, które pobudza lub hamuje jej działanie, pośrednio wpływając na pracę gruczołów;
 - ♦ obecność danego hormonu działa hamująco na przysadkę mózgową; hamuje ona wtedy wydzielanie hormonu pobudzającego gruczoł produkujący określony hormon; dzięki temu prostemu mechanizmowi nie dochodzi do nadprodukcji hormonu;

- **kontrola nerwowa.**

Kontrola wydzielania hormonów

- **antagonizm działania hormonów:**
 - ♦ **kalcytonina** – obniża stężenie wapnia w osoczu, **parathormon** – podnosi stężenie wapnia w osoczu;
 - ♦ **insulina** – obniża poziom cukru we krwi, **glukagon** – podnosi poziom cukru we krwi;

DZIAŁANIE HORMONÓW GRUCZOŁÓW DOKREWNYCH

PODWZGÓRZE

- reguluje aktywność wewnątrzwydzielniczą organizmu
- neurosekrecja: wydzielanie substancji dokrewnych przez komórki nerwowe (neurohormony)
- komórki neurosekrecyjne podwzgórza produkują dwie grupy neurohormonów

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
liberyny (RH)	hormony pobudzające czynność wydzielniczą przysadki	zaburzenia w wydzielaniu hormonów tropowych i w konsekwencji hormonów gruczolowych	
statyny (IH)	hormony hamujące wydzielanie hormonów tylnego płata przysadki (tropowych)		
wazopresyna (hormon antydiuretyczny, ADH) – magazynowana w tylnym płacie przysadki mózgowej)	regulacja gospodarki wodnej organizmu, zatrzymywanie wody w organizmie, pobudza skurcze mięśni gładkich ścian naczyń krwionośnych, powodując wzrost ciśnienia krwi	moczówka prosta, nadmierne wydalenie wody, odwodnienie, wzmożone pragnienie	nagromadzenie wody w organizmie, obrzęki, zatrzymanie moczu
oksytocyna (OC) – magazynowana w tylnym płacie przysadki mózgowej	pobudza skurcze macicy i gruczołów mlekowych, podczas stosunku płciowego ułatwia transport plemników w kierunku jajowodów	brak skurczów macicy podczas porodu, problemy przy karmieniu piersią	

SZYSZYŃKA

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
melatonina	reguluje rytm snu i czuwania, obkurcza melanofory w skórze, zapobiega przedwczesnemu dojrzewaniu przez hamowanie wydzielania gonadotropin w dzieciństwie; wydzielanie melatoniny jest hamowane przez światło docierające do siatkówki – mniejsza ilość światła w nocy powoduje zwiększone wydzielanie melatoniny, co ułatwia zapadanie w sen	zaburzenia snu, opóźnienie dojrzewania płciowego	przyspieszenie dojrzewania płciowego, kłopoty ze snem

GRASICA

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
tymozyna	pobudza powstawanie i przyspiesza dojrzewanie limfocytów, kontroluje wytwarzanie limfokin i interferonu przez limfocyty, hamuje przewodzenie impulsów nerwowych do mięśni	upośledzenie odporności, wzrost siły skurczu mięśni szkieletowych	zahamowanie odporności komórkowej, przejście większości limfocytów T do grasicy, zmniejszenie siły skurczu i osłabienie mięśni, zanik komórek krwiotwórczych układu kostnego

PRZEDNI PŁAT PRZYSADKI MÓZGOWEJ

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
hormon wzrostu (somatotropina, GH) – hormon działający bezpośrednio na tkanki	pobudza tkanki i narządy do wzrostu i rozwoju, powoduje wzrost ilości białek i przyrost masy ciała, wpływa na wzrost i rozwój kości długich, zatrzymuje jony wapniowe i fosforanowe niezbędne do wzrostu kości, zmniejsza ilość tkanki tłuszczowej, przyspiesza tempo metabolizmu	w okresie wzrostu – zahamowanie wzrostu kości długich (karłowatość)	w okresie wzrostu – nadmierny wzrost (gigantyzm), po zakończeniu okresu wzrostu – nieproporcjonalny rozrost kości dłoni i stóp, żuchwy (akromegalia)
prolaktyna (PRL) – hormon działający bezpośrednio na tkanki	rozpoczyna laktację, hamuje wydzielanie FSH i LH, zatrzymując owulację i menstruację w czasie karmienia piersią	problemy z laktacją	zaburzenia cyklu miesięczkowego, obniżenie popędu płciowego
lipotropina (LPH) – hormon tropowy	pobudza rozkład tłuszczów zapasowych, zwiększając stężenie wolnych kwasów tłuszczowych we krwi		
hormon tyreotropowy (tyreotropina, TSH) – hormon tropowy	pobudza wydzielanie hormonów przez tarczycę, zwrotnie hamuje wydzielanie hormonów podwzgórza pobudzających czynność wydzielniczą tarczycy	niedoczynność tarczycy	nadczynność tarczycy
hormon adrenokortykotropowy (adrenokortykotropina, ACTH) – hormon tropowy	pobudza wydzielanie hormonów przez korę nadnerczy, hamuje zwrotnie wydzielanie hormonów podwzgórza pobudzających czynność wydzielniczą kory nadnerczy	niedoczynność kory nadnerczy	nadczynność kory nadnerczy
hormon luteinizujący (lutropina, LH) – hormon tropowy	u kobiet stymuluje owulację, powstawanie ciałka żółtego oraz wydzielanie estrogenów i progesteronu; u mężczyzn stymuluje wydzielanie testosteronu		
hormon folikulotropowy (FSH) – hormon tropowy	u kobiet pobudza wzrost i dojrzewanie pęcherzyka jajnikowego oraz wydzielanie estrogenów; u mężczyzn pobudza proces spermatogenezy	niedoczynność gonad	nadczynność gonad

PRZYTARCZYCE

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
parathormon	wpływa na przekształcenie witaminy D ₃ w witaminę D, zwiększa stężenie wapnia we krwi (uwalnia jony wapnia i fosforany z kości, pobudza zwrotne wchłanianie jonów wapnia w kanalikach nerkowych i wchłanianie w jelitach)	spadek poziomu wapnia we krwi, wzrost pobudliwości układu nerwowego i mięśniowego (tężyłka – długotrwałe skurcze mięśni, zaburzenia czucia, duszności)	zbyt wysoki poziom wapnia we krwi, jednocześnie obniżenie stężenia jonów fosforu, wzrost stężenia jonów wapnia i fosforu w moczu (powstanie kamieni nerkowych), zwiększone wydalanie moczu, osłabienie kości

TARCZYCA			
hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
kalcytonina	obniża stężenie jonów wapnia we krwi, sprzyja jego odkładaniu w kościach	podwyższenie poziomu wapnia we krwi	tężyca, nadmierna pobudliwość mięśni i nerwów
tyroksyna (T_4), trójiodotyronina (T_3)	zwiększa liczbę mitochondriów i aktywność enzymów oddychania wewnątrzkomórkowego, zużycie tlenu, tempo metabolizmu, pobudza wzrost, przyspiesza dojrzewanie płciowe, warunkuje rozwój psychiczny i fizyczny	- w młodym wieku zahamowanie wzrostu (karłowatość), zahamowanie rozwoju narządów płciowych i rozwoju psychicznego (kretynizm), sucha skóra - u starszych obrzęk śluzowaty	Choroba Gravesa- -Basedowa (wytrzeszcz oczu, wrażliwość na światło), zbyt szybka przemiana materii, nadpobudliwość, osłabienie, chudnięcie, zaburzenia rytmu pracy serca, potliwość, zwiększone pragnienie, drżenie rąk, powiększenie gruczołu (najczęściej prawego płuca) tzw. wole endemiczne

TRZUSTKA – KOMÓRKI α WYSP TRZUSTKOWYCH LANGERHANSZA			
hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
glukagon	zwiększa stężenie glukozy we krwi, pobudza przemianę glikogenu w wątrobie, zwiększa rozkład białek w mięśniach i uwalnianie aminokwasów, przyspiesza wchłanianie glukozy w jelitach	śpiączka	utrata przytomności

TRZUSTKA – KOMÓRKI β WYSP TRZUSTKOWYCH LANGERHANSZA			
hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
insulina	pobudza procesy anaboliczne, hamuje kataboliczne, aktywuje syntezę glikogenu w wątrobie i mięśniach, obniża poziom cukru we krwi, hamuje rozpad glikogenu, ułatwia wchłanianie glukozy, aminokwasów, jonów potasowych i fosforanowych do komórek mięśniowych	hiperglikemia prowadząca do cukrzycy typu I (insulinozależnej)	hipoglikemia , wstrząs hipoglikemiczny – drżenie rąk, głód, poty, osłabienie, niepokój, zaburzenie widzenia, nudności, przyspieszenie pracy serca

JAJNIKI – PĘCHERZYKI JAJNIKOWE GRAAFA

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
estrogeny: estradiol, estriol, estron	odpowiada za rozrost błony śluzowej macicy i umożliwienie zapłodnienia (faza folikularna), zwiększa wydzielanie śluzu (faza owulacyjna i lutealna), powoduje rozrost mięśni gładkich macicy i jajowodu, zwiększa wrażliwość na działanie oksytocyny	męska budowa ciała, zbyt wąskie biodra, osłabienie popędu płciowego, niepłodność	–

JAJNIKI – CIAŁKO ŻÓŁTE

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
progesteron	wpływa na rozrost pochwy i gruczołów sutkowych, zwiększa produkcję hormonów przez łożysko, kontroluje przebieg ciąży, odpowiada za rozwój instynktu macierzyńskiego	poronienie	–
relaksyna	odpowiada za utrzymanie ciąży, złuszczenie błony śluzowej (gdy nie dochodzi do zapłodnienia), hamuje skurcze mięśni macicy, rozluźnia spojenie łonowe w czasie porodu	–	–

KOMÓRKI ŚRÓDMIĄSZOWE JĄDER (LEIDIGA)

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
androgeny (głównie testosteron)	– u mężczyzn odpowiada za rozwój II- i III-rzędowych cech płciowych, zwiększoną erytropoezę, regulację czynności komórek jądra, powstawanie, dojrzewanie i ruchliwość plemników – u kobiet powoduje syntezę białek, zatrzymanie w organizmie wody i elektrolitów (wspólnie z androgenami kory nadnerczy)	demaskulinizacja , brak męskiej budowy ciała, wysoki głos, brak owłosienia twarzy, bezpłodność, uczucie zmęczenia, bezsenność, nerwowość, osteoporoza, zanik mięśni, przyrost tkanki tłuszczowej	nadczynność wynikająca z zażywania hormonów w postaci tabletek lub zastrzyków powoduje zaburzenia rozwoju kanalików nasiennych, bezpłodność, nadmiar testosteronu jest przekształcany w wątrobie, część jest wydalana z moczem, a część ulega przekształceniu do żeńskich hormonów płciowych – estrogenów; u mężczyzn nadmierne odkładanie tkanki tłuszczowej w okolicach klatki piersiowej i rozwój charakterystycznych żeńskich sutków (ginekomastia)

NADNERCZA – KORA

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
mineralokortykoidy (głównie aldosteron)	uczestniczą w regulacji objętości płynu zewnątrzkomórkowego krwi, utrzymaniu równowagi elektrolitowej, zwiększają wchłanianie zwrotne jonów sodu głównie w kanalikach dystalnych nefronu, zwiększają wydzielanie jonów K^+ i H^+ przez kanalikki nerkowe	choroba Addisona – osłabienie i zawroty głowy, obniżone ciśnienie, niski poziom jonów sodu i cukru we krwi, spadek odporności, ciemnienie skóry	zwiększone wydalenie potasu (osłabienie mięśni, zaburzenie pracy serca), zatrzymanie sodu (nadciśnienie, wzmożone pragnienie, bóle głowy, zatrzymanie wody w tkankach), zespół Cushinga – zwiększony apetyt, osłabienie mięśni, wysokie ciśnienie, odkładanie tłuszczu w tkance podskórnej skóry twarzy
glikokortykoidy (np. kortyzol, kortykosteron)	hamują syntezę białek (osłabienie odporności), nasilają rozkład białek (spadek masy mięśniowej), pobudzają rozkład glikogenu i uwalnianie wapnia z kości (osteoporoza), zmniejszają wrażliwość komórek na działanie insuliny, wzmagają działanie mineralokortykoidów, kontrolują produkcję adrenaliny	–	–

NADNERCZA – RDZEŃ

hormon	działanie	objawy	
		niedoboru	nadczynności
androgeny (męskie hormony płciowe), np. dehydroepiandrosteron (DHEA)	odpowiadają za rozwój drugorzędowych męskich cech płciowych, przyrost masy mięśniowej (zwiększona synteza białek), zwiększone odkładanie wapnia w kościach	obniżenie syntezy białek	przedwczesne dojrzewanie u chłopców, pojawienie się drugorzędowych cech płciowych męskich u dziewczynek (np. niski głos)
adrenalina	zwiększenie tempa metabolizmu, stężenia glukozy we krwi, ciśnienia tętniczego, zwężenie naczyń skórnych, rozszerza oskrzela, zwiększa tempo oddechów, hamuje motorykę jelit, przyspiesza rozkład glikogenu, rozszerza źrenice, poprawia przytomność umysłu (gotowość do obrony)	–	–
noradrenalina	powoduje skurcz wszystkich naczyń z wyjątkiem skórnych, utrzymuje wysokie ciśnienie krwi, zwiększa pobudliwość nerwową	–	–

Sprawdź się!

1. Przedstaw sposób, w jaki fala dźwiękowa przedostaje się z ucha zewnętrznego do wewnętrznego.
2. Oceń prawdziwość stwierdzeń i popraw fałszywe:
 - A. Komórki α wysp Langerhansa w trzustce produkują insulinę, a komórki β – glukagon.
 - B. Glukagon podnosi poziom glukozy we krwi, a insulina obniża.
 - C. Insulina wywołuje glikogenezę w wątrobie, co obniża poziom glukozy we krwi.
3. W przypadku narażenia oka na silne światło, źrenica oka zwęża się u człowieka bez względu na wiek. Podaj nazwę odruchu, którego przykładem jest opisana reakcja. Uzasadnij.

1. Fala dźwiękowa przechodzi przez kanał słuchowy i wpada do bębniaka, który przylega do błony bębenkowej, powodując strzemiączko przylega do okienka owalnego, które oddziela ucho środkowe od wewnętrznego i wprowadza je do organa.
2. A. fałsz (komórki β produkują insulinę, a komórki α – glukagon); B. prawda; C. fałsz (insulina pobudza wytwarzanie glikogenu w wątrobie i mięśniach).
3. Opisana reakcja jest przykładem odruchu bezwarunkowego, gdyż jest wrodzona, niezmienna w ciągu życia, automatyczna, niezależna od woli.

Zdrowie człowieka i jego zaburzenia

Zdrowie to dobre samopoczucie fizyczne, psychiczne i społeczne, sprawne działanie mechanizmów homeostatycznych. Zaburzenie homeostazy to choroba.

Czynniki chorobotwórcze

- **biologiczne** – wirusy, bakterie, grzyby, pyłki kwiatowe, jad zwierząt, priony (infekcyjne samopowielające się cząsteczki białka nie zawierające kwasu nukleinowego, nie wykazujące metabolizmu, powodujące choroby układu nerwowego, np. scrapie u owiec; chorobę szalonych krów – BSE, chorobę Creutzfeldta-Jacoba, kuru u ludzi);
- **fizykochemiczne** – substancje w powietrzu, glebie, wodzie, atmosferze, pożywieniu, hałas, promieniowanie itp.;
- **społeczne** – zła atmosfera w domu, pracy, brak akceptacji przez społeczeństwo, złe warunki bytowe itp.
- **dziedziczne** (genetyczne) – np. albinizm, daltonizm, hemofilia, karłowatość, fenyloketonuria;
- **pasożytnicze** (inwazyjne) – np. tasiemczyce, glistnica, włośnica, owsica, świerzb, lamblioza;
- **zawodowe** – np. afonia (u nauczycieli), pylica (u górników), rozedma płuc (u trenerów), astma (u piekarzy);
- **urazy** – np. spowodowane ostrymi narzędziami, termiczne (oparzenia, odmrożenia), elektryczne, psychiczne.

Profilaktyka to działania i środki zmierzające do zapobiegania chorobom lub do ich ujawniania w stadiach wczesnych. Takimi działaniami mogą być:

- szczepienia;
- przestrzeganie zasad higieny;
- racjonalne odżywianie;
- czynny i bierny odpoczynek;
- badania profilaktyczne, diagnostyczne.

Klasyfikacja chorób człowieka

- **cywilizacyjne** – alergie, choroby układu ciśnienia (np. nadciśnienie), nerwice, choroby psychiczne;
- **społeczne** – np. gruźlica, choroby weneryczne, układu krążenia, otyłość, alkoholizm;
- **zakaźne** – infekcyjne, np. grypa, odra, cholera, ospa lub niezaraźliwe, np. tężec;

Czy wiesz, że...



W Europie najwięcej zgonów spowodowanych jest przez choroby układu krążenia i choroby nowotworowe.

Ważne jest także poznanie zasad **pierwszej pomocy**, aby móc uratować życie komuś, kto ulegnie wypadkowi.

Organizacją ONZ, której naczelnym zadaniem jest ochrona zdrowia, jest **Światowa Organizacja Zdrowia** (WHO, *World Health Organization*) z siedzibą w Genewie.

Choroby nowotworowe. Czynniki kancerogenne

- **egzogenne**: chemiczne (dym tytoniowy, azbest, benzen), fizyczne (promieniowanie UV, jonizujące), biologiczne (niektóre wirusy: HIV, HBV, opryszczki narządów rodnych);
- **endogenne**: np. zaburzenia hormonalne.

Czynniki ryzyka: niewłaściwe nawyki żywieniowe (smażone, spleśniałe, wędzone, konserwowane pokarmy), palenie papierosów, częsta zmiana partnera, nadmierne opalanie się, stres, odpady emitujące promieniowanie.

Rodzaje

- **nowotwór łagodny** – rośnie powoli, jego komórki tworzą zbitą masę otoczoną przez tkankę łączną, nie powoduje przerzutów;
- **nowotwór złośliwy** – rośnie szybciej, powoduje naciekanie tkanek i powstawanie przerzutów; wyróżniamy nowotwory układu krwiotwórczego (białaczka), chrząstek, kości, mięśni (mięsak), tkanki chłonnej (chłoniak), tkanki nabłonkowej (rak).

Powstawanie nowotworów

- działanie czynników kancerogennych;
- mutacja w materiale genetycznym;

- intensywne podziały mitotyczne zmienionych tkanek;
- angiogeneza – tworzenie nowych naczyń krwionośnych zaopatrujących nowotwór w tlen i substancje odżywcze;
- tworzenie przerzutów.

Przyczyną zmian nowotworowych może być zmiana białka Ras, które przenosi informację genetyczną od czynników wzrostowych do komórek. W wyniku jego modyfikacji, komórki są stale pobudzane do proliferacji.

Objawy: są zależne od umiejscowienia nowotworu, mogą być nimi m.in. bóle głowy, chrypka, kaszel, krew w kale, moczu, utrata wagi i apetytu, guzy wyczuwalne w piersiach, jądrach, powiększenie węzłów chłonnych.

Diagnostyka: w zależności od nowotworu, m.in. badania cytologiczne, mammograficzne, morfologia krwi, zdjęcia RTG, oznaczanie we krwi poziomu antygenu PSA swoistego dla prostaty.

Leczenie: chirurgiczne (kriochirurgia, chirurgia laserowa, chirurgia endoskopowa), radioterapia (leczenie promieniowaniem jonizującym: rentgenowskim, gamma, radu), chemioterapia (stosowanie środków cytostatycznych hamujących rozwój nowotworu: sole metali ciężkich, inhibitory syntezy białek), hormonoterapia (podawanie hormonów np. przy raku sutka, gruczołu krokowego), immunoterapia (stosowanie przeciwciał), terapia genowa (wprowadzanie odpowiednich genów).

NOTATKI:

Rozdział 8.

GENETYKA

GENETYKA

Kwasy nukleinowe 224

DNA (kwas deoksyrybonukleinowy)	
– podstawowy nośnik informacji genetycznej	224
Reguła komplementarności zasad	224
Wiązania chemiczne występujące w DNA	224
Struktura przestrzenna DNA – model	
Watsona i Cricka, 1953 r.	224
RNA (kwas rybonukleinowy)	225
Rodzaje RNA	225
Budowa tRNA („liść koniczyny”)	225
Replikacja DNA – powielanie informacji genetycznej	225
Etapy replikacji	225
Budowa kodu genetycznego	226
Transkrypcja – proces powstawania mRNA	226
Etapy transkrypcji	226
Obróbka posttranskrypcyjna	227
Translacja – przetłumaczenie kolejności nukleotydów na kolejność aminokwasów	227
Etapy translacji	227

Regulacja ekspresji genów 228

Ważniejsze pojęcia genetyczne	235
Dziedziczenie według Mendla	236
Krzyżówka testowa (wsteczna)	237
Odstępstwa od praw Mendla	238
Mapowanie genów	240
Chromosomowo-genowa teoria dziedziczności Thomasa Morgana	240

Biotechnologia i inżynieria genetyczna 241

Enzymy stosowane w inżynierii genetycznej	241
Techniki inżynierii genetycznej	242
Zastosowanie inżynierii genetycznej	242
Klonowanie – kontrowersyjny problem współczesnego świata	245
Sposoby i cele otrzymywania komórek macierzystych	246
Projekt poznania ludzkiego genomu (HUGO, Human Genome Project)	247

GENETYKA

Kwasy nukleinowe

DNA (kwas deoksyrybonukleinowy) – podstawowy nośnik informacji genetycznej

Podstawową jednostką budującą kwasy nukleinowe jest nukleotyd (5'-fosforan nukleozydu), który składa się z:

- cukru pięciowęglowego, deoksyrybozy;
- zasady azotowej:
 - ♦ purynowej (zbudowanej z dwóch pierścieni) – A (adenina), G (guanina);
 - ♦ pirymidynowej (zbudowanej z jednego pierścienia) – C (cytozyna), T (tymina);
- reszty kwasu fosforowego (V) PO_4^{3-} .

Reguła komplementarności zasad

Zasady azotowe nukleotydów należących do dwóch różnych nici łączą się ze sobą:

- adenina z tyminą podwójnym wiązaniem wodorowym;
- cytozyna z guaniną potrójnym wiązaniem wodorowym.

Wiązania chemiczne występujące w DNA

- **wodorowe** – między zasadami azotowymi nukleotydów sąsiednich nici;
- **fosfodiesterowe** – łączą nukleotydy jednej nici;
- **N-glikozydowe** – występują między zasadą azotową a cukrem.

Struktura przestrzenna DNA

– model Watsona i Cricka, 1953 r.

- DNA jest cząsteczką o kształcie komplementarnie skręconej, dwuniciowej helisy (α -helisa);
- nici ułożone są antyrównolegle względem siebie – naprzeciw końca 5' (z wolnym piątym atomem węgla deoksyrybozy) jednej nici znajduje się koniec 3' (z wolnym trzecim atomem węgla deoksyrybozy) drugiego łańcucha polinukleotydowego;
- łańcuchy DNA łączą się ze sobą wiązaniami wodorowymi między zasadami;
- helisa ma stałą średnicę – 2 nm;
- w jednym pełnym skręcie helisy znajduje się 10 par nukleotydów leżących w stałej odległości 0,34 nm;
- informacja genetyczna zakodowana jest w sekwencji nukleotydów DNA na **nici kodującej**; z **nici matrycowej** informacja genetyczna jest przepisywana na mRNA.

DNA występuje w jądrze komórkowym, mitochondriach (mitDNA), chloroplastach (chlDNA).

Rola

- nośnik informacji genetycznej;
- mitDNA steruje podziałami mitochondriów;
- chlDNA steruje podziałami chloroplastów.

RNA (kwas rybonukleinowy)

Nukleotyd RNA zbudowany jest z:

- pięciowęglowego cukru, rybozy (zawiera dodatkowy atom tlenu przy drugim atomie węgla);
- zasady azotowej:
 - ♦ purynowej – adenina, guanina;
 - ♦ pirymidynowej – cytozyna, U (uracyl);
- reszty kwasu fosforowego (V) PO_4^{3-} ;
- RNA ma strukturę jednoniciową;
- nie jest magazynem informacji genetycznej (wyjątek: retrowirusy);
- cząsteczki RNA są krótsze od DNA.

Rodzaje RNA

- **mRNA (matrycowy)** – powstaje na matrycy jądrowego DNA w procesie transkrypcji, przenosi informację genetyczną do cytoplazmy, gdzie bierze udział w biosyntezie białek;
- **rRNA (rybosomowy)** – wchodzi w skład rybosomów;
- **tRNA (transportujący)** – transportuje aminokwasy niezbędne do syntezy białek w procesie translacji.

Niektóre cząsteczki RNA mają właściwości katalityczne – **rybozomy**.

Budowa tRNA („liść koniczyzny”)

- wolny koniec 3'-OH, do którego przyłączany jest aminokwas;
- koniec 3' ma we wszystkich tRNA stałą sekwencję nukleotydów – ACC;
- pętla T ψ C (pseudouracylowa);
- ramię zmienne;

- pętla antykodonowa – 7 nukleotydów, z których 3 środkowe tworzą antykodon umożliwiający rozpoznawanie kodonów mRNA;
- pętla DHU (pętla dihydrouracylowa).

Replikacja DNA – powielanie informacji genetycznej

Replikacja DNA jest semikonserwatywna – w każdej z dwóch nowopowstałych podwójnych nici DNA jedna nić pochodzi z macierzystej cząsteczki DNA, a jedna jest nowa.

Etapy replikacji

Inicjacja

- odnalezienie miejsca inicjacji replikacji;
- w miejscach *ori* (ang. *origin* – początek) pod wpływem **helikazy** nici DNA rozdzielają się i tworzą oczko replikacyjne;
- od miejsca *ori* replikacja przebiega równocześnie w dwóch kierunkach w widelkach replikacyjnych, do momentu połączenia wszystkich oczek replikacyjnych.

Elongacja

- enzym **prymaza** syntetyzuje primer (starter) – krótki fragment RNA umożliwiający rozpoczęcie replikacji;
- **polimeraza DNA** przyłącza nowy nukleotyd, tworząc wiązanie fosfodiesterowe między wolną grupą OH^- przy węglu 3' ostatniego nukleotydu w nowej nici i grupą fosforanową kolejnego wstawianego nukleotydu (od strony 5'); polimeraza DNA wydłuża nową nić w kierunku 5' $\rightarrow$ 3'; na nici 3' $\rightarrow$ 5' synteza zachodzi w sposób ciągły

i powstaje **nić wiodąca**; **nić opóźniona** powstaje we fragmentach Okazaki, które są potem łączone przez **ligazę**;

- polimeraza DNA ma zdolność kontroli poprawności wstawionego nukleotydu (błąd około 1 na miliard).

Terminacja

- między zasadami tworzą się wiązania, zostaje odtworzona struktura przestrzenna dwuniciowej helisy.

Wynik replikacji – z jednej cząsteczki DNA powstają dwie identyczne kopie.

Znaczenie replikacji

- zapewnia wierne przekazywanie informacji zawartej w DNA z komórki macierzystej do komórek potomnych w procesie mitozy i z pokolenia na pokolenie w procesie mejozy;
- błędy replikacji umożliwiają zachodzenie ewolucji.

Budowa kodu genetycznego

- **trójkowy** – jeden aminokwas kodowany jest przez trzy kolejne nukleotydy (kodon);
- **uniwersalny** – u prawie wszystkich organizmów te same kodony oznaczają te same aminokwasy;
- **zdegenerowany** – jeden aminokwas może być kodowany przez więcej niż jeden kodon, np. histydyna (CAU, CAC);
- **jednoznaczny** – dany kodon koduje tylko jeden określony aminokwas, np. CAU – koduje tylko histydynę;

- **bezprzecinkowy** – nie istnieją nukleotydy pełniące rolę znaku przestankowego oddzielającego kodony;
- **niezachodzący** – jeden nukleotyd jest składnikiem tylko jednego kodonu;
- **kolinearny** – kodony ułożone są jeden za drugim;
- **kodony start** – AUG (metionina);
- **kodony stop** – UAA, UAG, UGA.

Transkrypcja – proces powstawania mRNA

Transkrypcja zachodzi w jądrze komórkowym. W jej wyniku powstaje mRNA, który jest roboczą kopią DNA. Przenosi on informację genetyczną z jądra do cytoplazmy na rybosomy, gdzie bierze udział w biosyntezie białek.

Etapy transkrypcji

- **inicjacja** (w obecności białek – czynników transkrypcyjnych):
 - ♦ polimeraza RNA wiąże się na matrycy DNA z promotorem;
- **elongacja**:
 - ♦ polimeraza RNA wstawia odpowiednie rybonukleotydy zgodnie z zasadą komplementarności (w kierunku 5' → 3');
- **terminacja**:
 - ♦ transkrypcja kończy się, gdy polimeraza RNA dotrze do sekwencji kończącej – terminatora;

- ♦ kompleks polimeraza RNA–DNA–RNA rozpada się;
- ♦ nowo powstały produkt nazywamy pierwotnym transkryptem (pre-mRNA).

Obróbka posttranskrypcyjna

- u eukariontów pierwotny transkrypt składa się z:
 - ♦ **eksonów** – sekwencji kodujących białko;
 - ♦ **intronów** – sekwencji niekodujących białka;
- **splicing** – wycinanie intronów i łączenie eksonów;
- dojrzewanie pre-mRNA – do końca 5' zostaje dodana tzw. czapeczka (ułatwia wiązanie małej podjednostki rybosomu), a do końca 3' sekwencja 150–200 nukleotydów adeninowych zwana ogonem poli(A) (zabezpiecza mRNA przed działaniem egzonukleaz RNA).

Translacja – przetłumaczenie kolejności nukleotydów na kolejność aminokwasów

- zachodzi w cytoplazmie na rybosomach (u prokariotów transkrypcja i translacja zachodzą jednocześnie, u eukariotów są rozdzielone w czasie i przestrzeni);
- reakcja dołączania aminokwasów do tRNA katalizowana jest przez syntetazy aminoacylo-tRNA (jest ich tyle, ile aminokwasów, czyli 20).

Etapy translacji

inicjacja

- odnalezienie trójki startowej mRNA (AUG);
- złożenie kompleksu inicjującego: podjednostka mniejsza rybosomu – tRNA^{Met} – podjednostka większa rybosomu;
- inicjatorowy tRNA^{Met} zajmuje miejsce P (peptydowe) na rybosomie;

Elongacja

- w miejsce A (aminoacylowe) na rybosomie wsuwa się odpowiedni aa-tRNA (aminoacylo-tRNA) zgodnie z zasadą komplementarności kodonu z antykodonom;
- między dwoma aminokwasami powstaje wiązanie peptydowe (peptydylotransferaza zrywa wiązanie wysokoenergetyczne między aminokwasem a jego tRNA i tworzy wiązanie peptydowe);
- wolny tRNA przesuwa się w miejsce E (wyjścia) i wraca do cytoplazmy;
- mRNA jednocześnie przesuwa się o trzy nukleotydy; dzięki temu w miejsce A wsuwa się kolejna trójka kodująca mRNA i w wolne miejsce A może wejść nowy, odpowiedni aa-tRNA;
- kierunek wydłużania się łańcucha peptydowego: od N-końca do C-końca;

Terminacja

- w miejsce A rybosomu wsuwa się trójka STOP: UAA (ochre) , UAG (amber), UGA (opal);

- kodon STOP łączy się z białkowym czynnikiem uwalniającym, który kończy translację;
- polipeptyd uwalnia się, tRNA oddziela się od mRNA, rybosom dysocjuje na podjednostki.

Aby proces translacji był efektywniejszy, zachodzi ona najczęściej na poliribosomach (polisomach) – cząsteczki mRNA związane są z licznymi rybosomami.

Obróbka potranslacyjna obejmuje szereg procesów, dzięki którym białko przybiera

odpowiednią konformację przestrzenną i może pełnić w komórce specyficzne funkcje. Procesami tymi mogą być:

- usunięcie początkowych aminokwasów (zwłaszcza metioniny);
- dodanie reszt cukrowych (glikozylacja);
- przybranie odpowiedniej konformacji przestrzennej (struktura II-, III-, IV-rzędowa);
- fosforylacja (przyłączenie reszty fosforanowej);
- dołączenie odpowiednich grup prostetycznych i powstanie białek złożonych.

Regulacja ekspresji genów

Wszystkie komórki mają te same geny, ale różne geny aktywne są w różnych komórkach lub na różnych etapach życia komórki, dzięki czemu komórki różnią się od siebie i mogą pełnić różne funkcje. Ekspresja genów u prokariotów i eukariotów przebiega podobnie, choć pojawiają się różnice, np. u prokariotów transkrypcja i translacja zachodzą jednocześnie, geny danego szlaku metabolicznego są położone obok siebie, podczas gdy u eukariotów procesy te są rozdzielone w czasie i przestrzeni, a geny są nieciągłe. U prokariotów jednym z mechanizmów regulacji ekspresji genów

są **operony** – zbiór wspólnie transkrybowanych i regulowanych genów. Transkrypcja jednego operonu daje pojedynczą cząsteczkę policistronowego mRNA¹.

Operon zbudowany jest z:

- **genów struktury** – kodują białka;
- **promotora** – miejsce przyłączenia polimerazy RNA;
- **operatora** – miejsce przyłączenia regulatora transkrypcji.

Operon laktozowy (regulacja szlaku katabolicznego)

- promotor;
- operator;

¹ Cistron – stara nazwa genu, funkcjonuje w odniesieniu do mRNA (eukarionty mają mRNA monocistronowy – każdy gen ma swój promotor).

- geny struktury kodujące enzymy rozkładające laktozę:
 - ♦ **β -galaktozydaza** (laktoza $\rightarrow$ glukoza + galaktoza);
 - ♦ **permeaza** (transportuje cukier przez błonę komórkową);
 - ♦ **transacetylaza** – gen regulatorowy kodujący represor;
- źródłem energii dla bakterii jest glukoza, więc enzymy kodowane przez operon są niepotrzebne; do operatora przyłączany jest represor, który uniemożliwia polimerazie RNA transkrypcję genów operonu laktozowego;
- jeśli w pożywce znajdzie się laktoza, łączy się ona z represorem, umożliwiając transkrypcję (laktoza jest aktywatorem operonu).

Operon tryptofanowy (regulacja szlaku anabolicznego)

- zbudowany jest z promotora, operatora, genów struktury kodujących enzymy potrzebne do syntezy tryptofanu;
- tryptofan jest bakteriom stale potrzebny, geny ciągle ulegają transkrypcji, represor jest nieaktywny;
- gdy stężenie tryptofanu w komórce jest wysokie, tryptofan łączy się z represorem, uaktywniając go (tryptofan jest korepresorem);
- represor blokuje operator, następuje „wyłączenie” genów operonu tryptofanowego aż do spadku stężenia tryptofanu.

Czy wiesz, że...



W każdej Twojej komórce (posiadającej jądro komórkowe) jest około 2 m DNA.

Regulacja genów w komórkach eukariotycznych

- brak operonów (każdy gen ma swój promotor i ulega transkrypcji oddzielnie);
- regulowanie dostępności całych regionów DNA:
 - ♦ **chromatyna aktywna (euchromatyna)** – jest rozluźniona, geny łatwo dostępne;
 - ♦ **chromatyna nieaktywna (heterochromatyna)** – skondensowana, geny w jej obrębie nie ulegają transkrypcji, np. ciało Barra (nieaktywny chromosom X w komórkach samic ssaków);
- nie wszystkie czynniki transkrypcyjne są obecne w każdej komórce;
- obróbka postranskrypcyjna;
- regulacja inicjacji translacji.

Organizacja materiału genetycznego w komórkach człowieka

Chromatyna to DNA nawinięte wokół **histonów** (białek zasadowych). Cztery histony z nawiniętym DNA tworzą **nukleosom**. Wolne odcinki DNA wiązane są przez piąty histon. Nukleosomy wraz z łącznikami układają się spiralnie, tworząc **solenoid**,

którego wydłużone pętle tworzą ramiona chromosomu.

Chromosomy powstają w wyniku kondensacji i spiralizacji chromatyny w czasie podziału komórki. Każdy organizm ma ściśle określoną liczbę chromosomów, np. muszka owocowa *Drosophila melanogaster*: $2n = 8$, *Caenorhabditis elegans*: $2n = 12$, człowiek: $2n = 46$.

Genom – kompletny zapis informacji genetycznej:

- **wirusów** – najmniejszy, zbudowany z dwuniciowego lub jednociowego DNA lub RNA;
- **wiroidy** – twory zbudowane tylko z kolistego RNA, które nie zawierają żadnych genów, powodują choroby roślin;
- **bakterii** – pojedyncza, dwuniciowa, kolistą cząsteczka DNA; często obecne dodatkowe małe, kolisty cząsteczki DNA – **plazmidy**, które replikują się niezależnie i zawierają geny, np. odporności na antybiotyki;
- **eukariontów** – dwuniciowe, liniowe cząsteczki DNA znajdujące się w jądrze komórkowym i podczas podziałów tworzące chromosomy; niewielką część genomu stanowią pojedyncze cząsteczki DNA występujące w mitochondriach i chloroplastach, najczęściej kolisty.

Genom człowieka

- 22 pary autosomów i 1 para chromosomów płci (heterochromosomów):
 - ♦ płę żeńska XX;
 - ♦ męska XY;

- pojedynczy genom: haploidalny ($1n = 23$) występuje w gametach, komórki somatyczne są diploidalne ($2n = 46$);
- w komórkach kobiet jeden przypadkowy chromosom X ulega inaktywacji – przekształca się w ciałko Barra (chromatinę płciową), geny na nim zlokalizowane stają się na zawsze nieaktywne.

Kariotyp to kompletny zestaw chromosomów komórki somatycznej organizmu o charakterystycznej liczbie i morfologii.

Zmienność genetyczna

- **rekombinacyjna** – występuje u organizmów rozmnażających się płciowo, może być wynikiem losowego łączenia się gamet, losowego rozchodzenia się chromosomów w czasie podziału komórki lub *crossing-over*;
- **zmienność mutacyjna** – jest wynikiem zmian w DNA.

Rodzaje mutacji

W zależności od skutków

- pozytywne, negatywne, neutralne.

W zależności od komórek, w których zachodzą

- **somatyczne** – zachodzą w komórkach somatycznych, nie są dziedziczone (np. winogrona bez nasion);
- **generatywne** – zachodzą w komórkach generatywnych (gametach), są dziedziczone.

W zależności od wielkości mutacji

- **jednogenowe (punktowe)** – dotyczą zmian sekwencji nukleotydów w obrębie genu; w ich wyniku powstaje nowy allel genu;

- ♦ substytucja:
tranzycja – zmiana zasady purynowej w inną purynową, a pirymidynowej w inną pirymidynową (puryna $\leftrightarrow$ puryna, pirymidyna $\leftrightarrow$ pirymidyna, A $\leftrightarrow$ G, C $\leftrightarrow$ T);
transwersja – zmiana zasady purynowej w pirymidynową i odwrotnie (A, G $\leftrightarrow$ C, T);
- ♦ delecja – wypadnięcie jednego nukleotydu;
- ♦ insercja – wstawienie dodatkowego nukleotydu.
- ♦ **Podział mutacji punktowych: milczące (synonimiczne)** – wymianie ulega zasada azotowa, która zajmuje trzecie miejsce w kodonie, ale sens kodonu nie ulega zmianie, np. GUU $\rightarrow$ GUC (oba triplety kodują walinę), substytucja – tranzycja, transwersja; **zmiany sensu** – zmiana zasady w kodonie powoduje zmianę jego sensu, np. w anemii sierpowatej GAA (triplet kodujący kwas glutaminowy) $\rightarrow$ GUA (triplet kodujący walinę); **nonsensowne** – na skutek zmiany jednej zasady w trójce powstaje triplet nonsensowny, który zatrzymuje syntezę białka, np. w jednej z odmian talasemii (choroba krwi związana z nieprawidłową budową hemoglobiny) AAG (lizyna) $\rightarrow$ UAG (kodon nonsensowny); **zmiany ramki odczytu** (zmiany fazy odczytu) polegają na delecji lub insercji pary nukleotydów w obrębie cząsteczki DNA; insercja lub delecja zasady w sekwencji DNA powoduje zmianę ramki odczytu; mutacje zmiany ramki odczytu mogą powodować różnorodne efekty w zależności od miejsca insercji lub delecji w genie;
- **mutacje chromosomowe (strukturalne)** – dotyczą zmian struktury chromosomów:
 - ♦ **delecja** – wypadnięcie odcinka chromosomu;
 - ♦ **inwersja** – odwrócenie odcinka chromosomu o 180°;
 - ♦ **duplikacja** – podwojenie odcinka chromosomu (dołączony zostaje dodatkowy odcinek chromosomu homologicznego);
 - ♦ **translokacja** – dołączenie odcinka chromosomu niehomologicznego;
- **mutacje genomowe (chromosomowe liczbowe)** – dotyczą zmiany liczby chromosomów:
 - ♦ **aneuploidy** – komórki lub osobniki wykazujące odchylenia od liczby 2n chromosomów, dotyczące poszczególnych par chromosomów homologicznych; wystąpienie dodatkowego chromosomu ($2n + 1$ = trisomik), lub brak jednego chromosomu ($2n - 1$ = monosomik);
 - ♦ **euploidy** – komórki lub osobniki wykazujące odchylenia od liczby 2n chromosomów polegające na zwielenokrotnieniu całej podstawowej liczby chromosomów (genomu) np. 3n, 4n, 10n itd.

– poliploidy; pożądane w praktyce rolniczej np. pszenica, tytoń, ziemniaki, tulipany, narcyzy o kilku okółkach płatków w koronie – rośliny te są często większe, plenniejsze, zawierają więcej substancji odżywczych.

W zależności od przyczyn mutacji

- **samorzutne** – zachodzą rzadko, przyczyną są błędy replikacji;
- **indukowane** – zachodzą częściej, są wynikiem działania mutagenów.

Działanie mutagenów

- mutagenne;
- kancerogenne;
- teratogenne (powstawanie wad rozwojowych).

Rodzaje mutagenów

- **chemiczne** – np. kolchicina, dym tytoniowy, węglowodory aromatyczne, kwas azotawy, mykotoksyny;
- **fizyczne** – np. promieniowanie jonizujące, promieniowanie UV;
- **biologiczne** – wirusy (np. różyczki, cytomegalii, opryszczki), pierwotniaki np. *Toxoplasma gondii*.

Badanie i diagnostyka chorób

dziedzicznych

- analiza rodowodów;
- porównywanie występowania choroby u bliźniąt jednojajowych;
- badania kariotypu płodu;
- badania nosicielstwa.

CHOROBY GENETYCZNE CZŁOWIEKA

CHOROBY AUTOSOMALNE SPOWODOWANE MUTACJAMI GENOWYMI			
choroba	mutacja	przyczyny	objawy
albinizm	gen recesywny	niedobór tyrozyny (enzymu umożliwiającego przejście dwuhydroksyfenyloalaniny w melaninę – barwnik skóry)	melanina powoduje zabarwienie skóry, włosów, tęczówki oka – stąd też albinosi mają jasne włosy, bardzo jasną karnację i czerwone oczy; albinizm nie jest chorobą, ale często utrudnia przystosowanie się do normalnych warunków (np. duża wrażliwość na promienie UV)
alkaptonuria	gen recesywny, prawdopodobnie związany z płcią męską	niedobór oksydazy kwasu homogentyzynowego, nadmiar tego kwasu odkłada się w stawach, prowadząc do ich zniszczenia, a także wydala się wraz z moczem	przy zetknięciu z tlenem atmosferycznym mocz przybiera ciemną barwę, ciemna barwa skóry, stany zapalne różnych narządów

CHOROBY AUTOSOMALNE SPOWODOWANE MUTACJAMI GENOWYMI

choroba	mutacja	przyczyny	objawy
fenyloketonuria	gen recesywny	brak oksydazy fenyloalaninowej, enzymu przekształcającego fenyloalaninę w tyrozynę, przemiana fenyloalaniny odbywa się torem alternatywnym, tworząc silnie trujące kwasy: fenylopirogronowy i fenylolekowy, które uszkadzają układ nerwowy i wydalone są w dużej ilości z moczem	nieleczona fenyloketonuria prowadzi do upośledzenia umysłowego i śmierci leczenie: pokarmem ubogim w fenyloalaninę wykrywanie: test przesiewowy Guthriego
anemia sierpowata	gen recesywny	mutacja punktowa w genie β -globiny powoduje zmianę pojedynczego aminokwasu w sekwencji białka (z kwasu glutaminowego na walinę); hemoglobinę z taką mutacją określa się jako hemoglobinę S (HbS), w przeciwieństwie do normalnej hemoglobiny A (HbA) u dorosłych; heterozygoty są również w dużym stopniu odporne na malarię; zjawisko takie nazywa się przewagą heterozygot lub naddominacją; naddominacja powoduje, że na terenach występowania malarii mutacja powodująca anemię sierpowatą utrzymuje się w populacji	krwinki homozygot przybierają postać półksiężyców i szybko ulegają zniszczeniu; homozygoty umierają we wczesnym dzieciństwie; heterozygoty mają krwinki o normalnym kształcie, jednak w przypadku obniżenia ciśnienia parcjalnego tlenu stają się one sierpowate i ulegają rozpadowi; heterozygoty nie mogą przebywać w górach (na nizinach nie różnią się od zdrowych ludzi)
choroba Huntingtona (dawniej: pląsawica, taniec świętego Wita)	choroba dominująca (połowa potomstwa chorego na pląsawicę dziedziczy zmutowany allel powodujący chorobę)	mutacja w genie kodującym białko huntingtynę, położonym na chromosomie 4	choroba atakuje ośrodkowy układ nerwowy, powodując niekontrolowane ruchy oraz upośledzenie intelektualne; ujawnia się ona w późnym wieku (na ogół u osób w wieku 35–50 lat); młodzieńcza odmiana choroby ujawnia się przed 20. rokiem życia; od momentu rozpoznania średni czas przeżycia wynosi 16 lat

CHOROBY GENOMOWE (ANEUPLOIDY)		
choroba	przyczyny	objawy
zespół Turnera	brak jednego chromosomu X (X0) ($2n - 1 = 45$)	tylko u kobiet: bezpłodność (niedorozwinięte jajniki), przeważnie upośledzenie umysłowe, niski wzrost, krępa budowa ciała
zespół Klinefeltera	$2n + 1 = 47$ (XXY)	tylko u mężczyzn: bezpłodność (niedorozwój jąder), objawy ginekomastii (rozwój sutków w typie kobiecym), także inne cechy kobiece, takie jak brzmienie głosu, charakter owłosienia, układ tkanki tłuszczowej; przeważnie normalny poziom inteligencji, ale możliwe zaburzenia i anomalie seksualne, a także agresja
zespół Downa	$2n + 1 = 47$, trisomia chromosomów 21 pary	nazywany także mongolizmem (osoby z tym zespołem przypominają rysami twarzy rasę mongolską), silny niedorozwój umysłowy, zmiany proporcji budowy ciała, inny kształt dłoni, nienormalność w budowie języka; występowanie zespołu Downa zwiększa się wraz z wiekiem matki, przeważnie po 40. roku życia
zespół Edwardsa	$2n + 1 = 47$; trisomia chromosomu 18 pary	głuchota, zmiany szkieletu, niedorozwój umysłowy i fizyczny, mogą wystąpić mongolskie rysy twarzy, dzieci umierają przed ukończeniem 1. roku życia

CHOROBY SPRZĘŻONE Z PŁCIĄ SPOWODOWANE MUTACJAMI GENOWYMI		
choroba	przyczyny	objawy
daltonizm	dziedziczenie recesywne, mutacja genu związanego z wrażliwością czopków na fale światła różnej długości	zaburzenie widzenia barw
hemofilia	mutacja genu kodującego jeden z czynników krzepliwości krwi	zaburzenia krzepnięcia, leczy się, podając czynnik krzepliwości krwi
dystrofia mięśniowa Duchenne'a	dziedziczenie recesywne	zanik mięśni, utrudnione poruszanie się, śmierć przez uduszenie (brak pracujących mięśni oddechowych); chorują chłopcy

WYBRANE CECHY CZŁOWIEKA DZIEDZICZONE WIELOGENOWO	
cecha dominująca	cecha recesywna
włosy falujące	włosy proste
piegi	brak piegów
długie rzęsy	krótkie rzęsy
garbaty nos	prosty nos
zwijanie języka w trąbkę	nieumiejętność zwijania języka w trąbkę

Ważniejsze pojęcia genetyczne

- **Gen** – odcinek DNA zawierający informację o sekwencji aminokwasów w pojedynczym łańcuchu polipeptydowym.
- **Allel** – wariant jednego genu warunkujący przeciwstawność danej cechy (A, a).
- **Allel dominujący** – allel ujawniający się w heterozygocie (A).
- **Allel recesywny** – allel nieujawniający się w heterozygocie (a).
- **Locus** – miejsce genu w chromosomie (l. mn loci).
- **Genotyp** – ogół genów danego osobnika.
- **Genom** – materiał genetyczny zawarty w podstawowym (haploidalnym) zespole chromosomów.
- **Fenotyp** – ogół uzewnętrzniających się cech morfologicznych, fizjologicznych i biochemicznych osobnika (np. wzrost, grupa krwi). Cechy fenotypowe powstają na skutek działania różnych genów, częściowo modyfikowanego przez wpływ środowiska.
- **Haploidalność** – posiadanie pojedynczego genomu. Organizm, komórka haploidalna ma $1n$ chromosomów.
- **Diploidalność** – posiadanie podwójnego genomu. Organizm, komórka diploidalna ma $2n$ chromosomów (po dwa allele każdego genu).
- **Homozygota** – osobnik posiadający dwa jednakowe allele danego genu w chromosomach homologicznych.
- **Homozygota dominująca** – oba allele danego genu są dominujące (AA).
- **Homozygota recesywna** – oba allele danego genu są recesywne (aa).
- **Heterozygota** – osobnik posiadający różne allele danego genu w chromosomach homologicznych (Aa).
- **Dominacja zupełna** – uwidacznia się w heterozygotach, jeśli z dwóch różnych alleli jeden całkowicie maskuje obecność drugiego (A–czerwony, a–biały AA–czerwony, aa–biały, Aa–czerwony).

Dziedziczenie według Mendla

Grzegorz Mendel, czeski zakonnik, w swoim przyklasztornym ogródku badał groch jadalny (łatwy w uprawie, kwiaty obupłciowe, samopylne). Wyselekcjonował tzw. linie czyste (organizmy, które skrzyżowane same ze sobą dają zawsze takie samo potomstwo).

Na podstawie jego obserwacji sformułowano prawa dziedziczenia.

I prawo Mendla. Rozwiązywanie krzyżówek jednogenowych (dziedziczenie jednej cechy): **Krzyżówki jednogenowe zachodzą między osobnikami różniącymi się allelami w obrębie pojedynczego locus.**

PRZYKŁAD

A – allel dominujący, warunkujący czerwoną barwę kwiatów

a – allel recesywny, warunkujący białą barwę kwiatów

P – pokolenie rodzicielskie

P: AA (czerwone) × aa (białe)

↓

G: A, A

↓

a, a

F1: Aa (czerwone) Aa (czerwone)

↓

G: A, a

↓

A, a

F2: AA (czerwone), Aa (czerwone), Aa (czerwone), aa (białe)

Proporcje fenotypowe: 3 (czerwone) : 1 (białe)

Proporcje genotypowe: 1 (AA) : 2 (Aa) : 1 (aa)

Szachownica Punnetta:

G	p=0,5 A	p=0,5 a
p=0,5 A	AA (czerwone)	Aa (czerwone)
p=0,5 a	Aa (czerwone)	aa (białe)

G – gamety

F1 – pokolenie pierwsze

F2 – pokolenie drugie

TYPY DETERMINACJI PŁCI ORGANIZMÓW

heterogametyczność	chromosomy płci		przykłady
	samca	samicy	
męska	XY	XX	muszka owocowa, ssaki
	X0	XX	pluskwiaki, konik polny
żeńska	ZZ	ZW	większość motyli, część ryb, płazy, gady, ptaki
	ZZ	Z0	niektóre motyle, np. z rodzaju <i>Fumea</i>

Krzyżówka testowa (wsteczna)

Krzyżówka heterozygoty Aa z homozygotą recesywną aa, pozwalająca stwierdzić heterozygotyczność danego układu.

PRZYKŁAD

Sprawdzamy czy osobnik ?? był homozygotą dominującą czy heterozygotą. Istnieją dwie możliwości:

(z F1) ?? × (z P) aa

G: ?, ? a, a

F2: Aa (czerwone), zatem ?? to AA

(z F1) ?? × (z P) aa

G: ?, ? a, a

F2: Aa (czerwone) aa (białe), zatem ?? to Aa

I Prawo Mendla (prawo czystości gamet):

Do każdej gamety wchodzi tylko jeden allel danego genu.

II Prawo Mendla. Rozwiązywanie krzyżówek dwugenowych (dziedziczenie dwóch i więcej cech): Krzyżówki dwugenowe zachodzą między osobnikami różniącymi się allelami w obrębie dwóch *loci*.

PRZYKŁAD

B – allel dominujący, warunkujący żółtą barwę nasion

b – allel recesywny, warunkujący zieloną barwę nasion

D – allel dominujący, warunkujący nasiona gładkie

d – allel recesywny warunkujący nasiona pomarszczone

P: BBDD × bbdd
(żółte, gładkie) (zielone, pomarszcz.)

G: BD bd

F1: BbDd × BbDd
(żółte, gładkie) (żółte, gładkie)

F2:

Proporcje fenotypowe: 9 (żółte, gładkie): 3 (żółte, pomarszczone): 3 (zielone, gładkie): 1 (zielone, pomarszczone)

Proporcje genotypowe: 1 (BBDD): 2 (BBDd): 1 (BBdd): 2 (BbDD): 4 (BbDd): 2 (Bbdd): 1 (bbDD): 2 (bbDd): 1 (bbdd)

Prawdopodobieństwo wystąpienia:

- nasion żółtych gładkich: $9/16 = 56,25\%$
- nasion zielonych gładkich: $3/16 = 18,75\%$
- nasion żółtych pomarszczonych: $3/16 = 18,75\%$
- nasion zielonych pomarszczonych: $1/16 = 6,25\%$

G	BD	Bd	bD	bd
BD	BBDD ż, gł	BBDd ż, gł	BbDD ż, gł	BbDd ż, gł
Bd	BBDd ż, gł	BBdd ż, pom	BbDd ż, gł	Bbdd ż, pom
bD	BbDD ż, gł	BbDd ż, gł	bbDD ziel, gł	bbDd ziel, gł
bd	BbDd ż, gł	Bbdd ż, pom	bbDd ziel, gł	bbdd ziel, pom

II Prawo Mendla (prawo niezależnego dziedziczenia):

Każdy organizm produkuje gamety w ten sposób, że allele z jednej pary genów wchodzi do gamet, niezależnie od alleli innych par genów.

Warunkiem słuszności tego prawa jest położenie analizowanych genów **na różnych chromosomach**.

Odstępstwa od praw Mendla

Dominowanie niezupełne

PRZYKŁAD

(dziwaczek, wyżlin, lwia paszcza)

A – allel warunkujący czerwoną barwę kwiatów

a – allel warunkujący białą barwę kwiatów

P: AA (czerwone) × aa (białe)

G: A a

F1: Aa (różowe) × Aa (różowe)

F2:

G	A	a
A	AA czerwone	Aa różowe
a	Aa różowe	aa białe

Proporcje fenotypowe:

1 (czerw): 2 (róż): 1 (białe)

Proporcje genotypowe: 1 (AA): 2 (Aa): 1 (aa)

Jest to dziedziczenie jednogenowe z niepełną dominacją – allel barwy czerwonej kwiatu A dominuje niecałkowicie nad allelem barwy białej a.

Kodominacja

(współdominowanie)

Oba allele ujawniają się.

PRZYKŁAD

I^A – allel warunkujący kwiaty czerwone

I^B – allel warunkujący kwiaty białe

P: $I^A I^A$ (czerwone) × $I^B I^B$ (białe)

G: I^A I^B

F1: $I^A I^B$ (czerwono-białe)

Allele wielokrotne

- u osobnika $2n$ są dwa allele danego genu, ale w całej populacji tych alleli jest znacznie więcej;
- np. dziedziczenie grup krwi u człowieka.

grupa krwi	genotypy
A	$I^A I^A, I^A i$
B	$I^B I^B, I^B i$
AB	$I^A I^B$
0	ii

I^A – allel warunkujący obecność antygenu A na powierzchni erytrocytów,

I^B – allel warunkujący obecność antygenu B na powierzchni erytrocytów,

i – allel warunkujący brak antygenów na powierzchni erytrocytów.

Allele I^A i I^B wykazują kodominację, czyli będą się ujawniać w układzie heterozygotycznym, wywołując jednocześnie swoje fenotypy w jednym osobniku (grupa AB).

PRZYKŁAD

Jakie może być potomstwo, gdy skrzyżujemy osobniki o grupie krwi 0 i A?

1) P: $J^A J^A \times i^0 i^0$

G: $J^A \quad i^0$

F1: $J^A i^0$

Odpowiedź: 100% dzieci o grupie A.

2) P: $J^A i^0 \times i^0 i^0$

G: $J^A, i^0 \quad i^0$

F1: $J^A i^0$ (gr. A) $i^0 i^0$ (gr. 0)

Odpowiedź: 50% dzieci o grupie A;
50% dzieci o grupie 0.

Dziedziczenie grup krwi to dziedziczenie jednogenowe ze zróżnicowaną dominacją. Allele J^A , J^B dominują nad allelem i^0 , a J^A i J^B wykazują kodominację. *Locus* genu warunkującego grupy krwi znajduje się na autosomie.

Sprzężenie genów

- łączne przekazywanie genów znajdujących się na tym samym chromosomie, im bliżej siebie położone są geny, tym ich sprzężenie jest ściślejsze, sprzężenie to może być rozerwane przez *crossing-over*;
- **geny sprzężone z płcią** – dany gen leży na chromosomach płci, np. dziedziczenie hemofilii, daltonizmu.

PRZYKŁAD

Hemofilia (krwawiczków) – choroba powodująca obniżenie krzepnięcia krwi, spowodowana dziedzicznym brakiem jednego z czynników krzepnięcia.

Jakie jest prawdopodobieństwo urodzenia chorych dzieci i jaka będzie ich płeć, jeśli kobieta jest nosicielką, a ojciec nie choruje na hemofilię?

H – gen normalnego krzepnięcia krwi

h – gen hemofilii

P: $XHXh \times XHY^-$

(matka nie choruje, (ojciec
jest nosicielką – nie choruje)
nieznacznie obniżona
krzepliwość krwi)

G: $XH, Xh \quad XH, Y^-$

F1:

G	XH	Xh
XH	XH XH córka zdrowa	XH Xh córka nosicielka
Y ⁻	XH Y ⁻ syn zdrowy	Xh Y ⁻ syn chory

Odpowiedź: Prawdopodobieństwo urodzenia chorych dzieci wynosi 25%.
Płeć chorych dzieci będzie męska.

- jest to dziedziczenie jednogenowe recesywne sprzężone z płcią (allel H dominuje nad h);
- *locus* genu H znajduje się na chromosomie X;
- chorują głównie mężczyźni, kobiety niezwykle rzadko (są nosicielkami);
- **geny związane z płcią** – dany gen leży w autosomie, lecz jego ekspresja zależy od płci;

- ♦ gen determinujący łysienie znajduje się w autosomach, otrzymują go i mężczyźni, i kobiety, ale do jego ujawnienia się potrzebny jest odpowiednio wysoki poziom męskich hormonów płciowych we krwi:
 A – allel warunkujący łysienie
 a – allel warunkujący brak łysienia
 AA – kobiety i mężczyźni łysieją
 aa – kobiety i mężczyźni nie łysieją
 Aa – kobiety nie łysieją; mężczyźni łysieją
- ♦ gen warunkujący bezrożność i obecność rogów u bydła:
 B – allel warunkujący bezrożność,
 b – allel warunkujący rogatość,
 BB – bezrożne samice i samce,
 bb – rogate samice i samce
 Bb – samice bezrożne, samce rogate.

U ssaków w zarodkach samic (XX) następuje inaktywacja i częściowa kondensacja jednego z chromosomów X (ciałko Barra). Istotną rolę w determinacji płci odgrywa chromosom Y zawierający gen (u człowieka SRY) odpowiadający za determinację płci męskiej. W wykształceniu płci u kręgowców dużą rolę odgrywają hormony (estrogeny, testosteron).

Płeć człowieka: genetyczna, gonadalna, hormonalna, psychiczna.

Mapowanie genów

Mapowanie polega na ustalaniu kolejności genów w chromosomie oraz określeniu

względnej odległości między genami. Mapę chromosomu tworzy się w oparciu o doświadczalne krzyżówki testowe i analizę częstości zachodzenia rekombinacji.

Dla genów położonych daleko od siebie, częstość *crossing-over* będzie duża, natomiast dla genów bliskich – mała. 1% zrekombinowanych gamet oznacza 1 jednostkę mapową (1 j.m.). Jeśli więc heterozygota (np. AaBb) wytworzyła 8,3% gamet zrekombinowanych, to geny A i B znajdują się w odległości 8,3 j.m.

Chromosomowo-genowa teoria dziedziczności Thomasa Morgana

Thomas Morgan badał muszkę owocową *Drosophila melanogaster* (łatwość obserwowania cech fenotypowych, małe wymagania życiowe, krótki cykl rozwojowy, 2–3 tyg., duża płodność – ok. 200 osobników potomnych, dymorfizm płciowy, duża zmienność, dobra widoczność chromosomów pod mikroskopem, łatwa dostępność muszek, niskie koszty doświadczeń):

- 4 pary chromosomów i 3 pary autosomów (występujących u obu płci)
- 1 para chromosomów płci (heterochromosomy) – u samic XX, u samców XY
- kariotyp samicy: $2n = 6A + XX = 8$
- kariotyp samca: $2n = 6A + XY = 8$

Założenia teorii

- organizmy dziedziczą cechy z pokolenia na pokolenie za pomocą genów;

- geny potomne są identyczne z wyjściowymi;
- geny mieszczą się w chromosomach;
- geny ułożone są w chromosomie liniowo;
- w chromosomach homologicznych geny występują w tej samej kolejności;
- każdy z genów ma swoje miejsce występowania na chromosomie, tzw. *locus*;
- allele znajdują się w tych samych miejscach pary chromosomów homologicznych;
- podczas koniugacji chromosomów homologicznych może zachodzić wymiana odcinków chromatyd, czyli *crossing-over*;
- podczas *crossing-over* (i tylko wtedy) może wystąpić zjawisko wymiany genów między chromosomami homologicznymi;
- w wyniku *crossing-over* powstają rekombinanty (osobniki o innej kombinacji układu genów);
- dwa geny dziedziczą się niezależnie, jeżeli położone są na dwóch oddzielnych chromosomach;
- geny leżące na jednym chromosomie, blisko siebie, są sprzężone i dziedziczą się zależnie (są mniej podatne na *crossing-over*);
- geny leżące w jednym chromosomie, daleko od siebie, z reguły nie są sprzężone i dziedziczą się niezależnie (są bardziej podatne na *crossing-over*).

Biotechnologia i inżynieria genetyczna

Biotechnologia to dyscyplina naukowa zajmująca się technikami i procesami wykorzystującymi organizmy, wirusy lub ich składniki w produkcji przemysłowej:

- **tradycyjna** – wykorzystuje organizmy naturalnie występujące w przyrodzie lub produkowane przez nie substancje, ich dobór odbywa się przez selekcję sztuczną; zastosowanie: przemysł spożywczy, ochrona środowiska, w mniejszym stopniu medycyna, rolnictwo, górnictwo, przemysł odzieżowy;
- **nowoczesna** – wykorzystuje organizmy, komórki, enzymy modyfikowane za pomocą

technik inżynierii genetycznej (szybsza i precyzyjniejsza niż dobór sztuczny); zastosowanie: medycyna, farmacja, rolnictwo, przemysł spożywczy, chemiczny, ochrona środowiska.

Enzymy stosowane w inżynierii genetycznej

- **enzymy restrykcyjne** – przecinają DNA w miejscach o ściśle określonej sekwencji nukleotydów;
- **ligazy** – stosowane do łączenia dwóch fragmentów kwasów nukleinowych, np. DNA z wektorem;

- **polimeraza DNA** – wykorzystywana w **łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR)** do powielania danego genu:
 - ♦ reakcję tę przeprowadza się w termocyklach, które umożliwiają wielokrotne, szybkie zmiany temperatury próbki w określonych momentach;
 - ♦ każdy etap reakcji: rozdzielenie nici DNA, przyłączenie starterów (krótkie odcinki DNA, około 20 nukleotydów, które przyłączają się do pojedynczej nici DNA zgodnie z zasadą komplementarności, do nich polimeraza DNA dobudowuje kolejne nukleotydy), dobudowanie nukleotydów przez polimerazę, wymaga innej wartości temperatury;
 - ♦ po pierwszym pełnym cyklu zmian temperatury z jednej cząsteczki DNA powstają dwie, po dwóch cyklach cztery, itd. (liczba cząsteczek po każdym cyklu rośnie wykładniczo);
 - ♦ do przeprowadzenia PCR stosuje się polimerazę odporną na działanie wysokich temperatur, pochodzącą z archebakterii *Thermus aquaticus* żyjących w gorących źródłach Parku Narodowego Yellowstone;
 - ♦ o tym, który fragment zostanie skopiowany, decydują naukowcy, produkując startery o odpowiedniej sekwencji;

- ♦ 95°C – rozdzielanie się nici DNA;
- 50–60°C – przyłączenie starterów;
- 72°C – powielanie DNA przez polimerazę.

Techniki inżynierii genetycznej

Używanie enzymów restrykcyjnych i wektorów

- enzymy restrykcyjne rozpoznają różne sekwencje nukleotydów, tną DNA zawsze w tym samym miejscu; w wyniku ich działania powstają nukleotydy o „tępych” lub „lepkich” końcach (jednoniciowe, komplementarne do siebie odcinki DNA liczące kilka nukleotydów);
- każdy fragment DNA z lepkimi końcami łączy się z wektorem, którym może być wirus lub plazmid (kolista cząsteczka DNA bakterii) pocięty tym samym enzymem restrykcyjnym; oba fragmenty łączone są przez enzym – ligazę.

Transformacja

- wprowadzenie wektora z DNA do bakterii.

Wyszukiwanie obcego DNA w koloniach bakterii

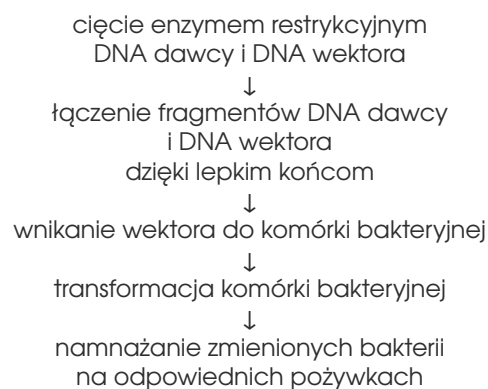
- w celu izolacji wybranego genu stosuje się pożywki selekcjonujące; przykładowo, poszukując genu odporności na antybiotyki, należy wysiać bakterie na pożywce zawierającej ten antybiotyk; wyrosną na niej tylko bakterie posiadające gen oporności.

Zastosowanie inżynierii genetycznej

- uzyskiwanie ludzkich białek w komórkach bakterii, np. czynniki krzepliwości krwi (hemofilia), hormon wzrostu, insulina (cukrzyca), szczepionka przeciw żółtaczce zakaźnej (WZWB);
- transplantologia – wprowadzanie zmian genetycznych zapobiegających odrzucaniu przeszczepów;
- otrzymywanie modeli badawczych, np. mysie modele chorób ludzkich;
- farmakogenetyka – badanie wpływu pojedynczego genu na odpowiedź organizmu na lek; obejmuje skuteczność, bezpieczeństwo oraz interakcje między lekami, umożliwia otrzymywanie leków, np. lek przeciw rakowi piersi wywołanemu mutacją genu HER-2;
- diagnozowanie chorób genetycznych;
- terapia genowa;
- kryminalistyka, np. porównywanie materiału genetycznego znalezionej na miejscu przestępstwa z DNA podejrzanych, co wyklucza pomyłkę sądową;
- narzędzie historyków (badanie szczątków członków wielkich rodzin, śledzenie migracji ludzi, badanie pokrewieństwa itp.);
- otrzymywanie organizmów transgenicznych;
- klonowanie genów i całych organizmów.

Organizmy transgeniczne zawierają obcy lub zmodyfikowany gen (GMO, ang. *genetically modified organisms*):

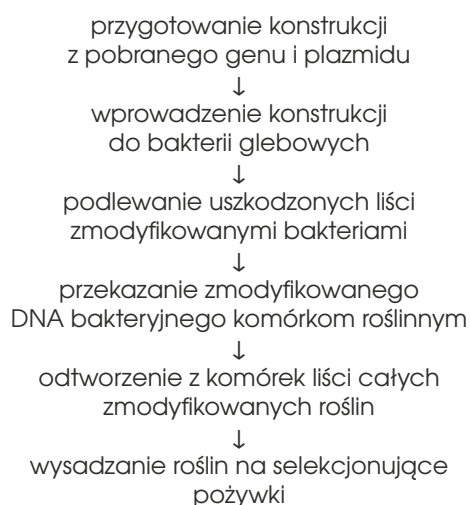
- **bakterie transgeniczne** – stosowane np. do produkcji insuliny, z bakterii zawierających bydlęcy gen kodujący podpuszczkę uzyskuje się enzym do produkcji serów (dotychczas pobierano go z żołądków cielęcych) – podpuszczka u młodych ssaków powoduje ścinanie białek mleka;



- **rośliny zmodyfikowane genetycznie:**
 - ♦ są odporne na choroby, szkodniki, niekorzystne warunki środowiska;
 - ♦ zawierają więcej określonych składników, np. witamin;
 - ♦ mają mniej określonych białek, np. alergenów;
 - ♦ dłużej zachowują świeżość;
 - ♦ wykorzystywane są do produkcji leków, ich składników i szczepionek;
 - ♦ pochłaniają zanieczyszczenia;
 - ♦ przykłady: złoty ryż (dzięki genowi żonkila, zawiera prowitaminę A),

transgeniczne pomidory
o przedłużonej trwałości,
transgeniczny tytoń (odporny
na herbicydy), świecący tytoń
(zawierający gen świetlika), ziemniak
zawierający gen bakterii *Bacillus*
thuringiensis (Bt) (koduje białko
toksyczne dla stonki ziemniaczanej);

- ♦ wektorem jest najczęściej bakteria *Agrobacterium tumefaciens* (która ma zdolność zakażenia roślin) lub wirusy:

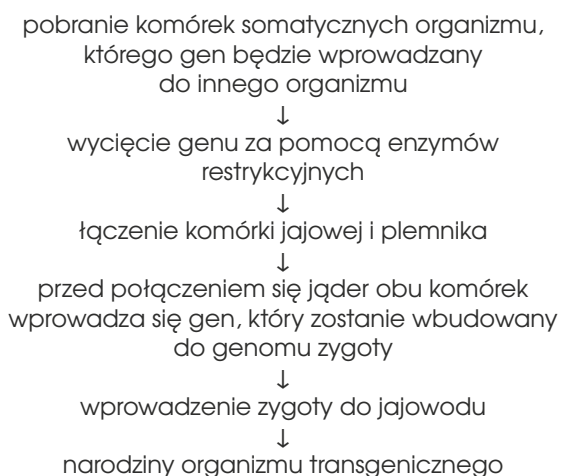


- **zwierzęta zmodyfikowane genetycznie:**

- ♦ wykazują korzystne cechy hodowlane,
np. większa masa ciała, większa
produkcja mleka, zwiększenie jakości
mięsa, wełny;
- ♦ są odporne na choroby;
- ♦ są źródłem białek pozyskiwanych
do celów leczniczych; głównie mleko,
krew i jaja (antytrambina niezbędna
w procesie krzepnięcia krwi,

erytropoetyna w leczeniu anemii,
kolagen, hormon wzrostu);

- ♦ wykorzystywane do otrzymywania
modeli badawczych, np. chorób
ludzkich, testowania nowych metod
leczenia, np. supermysz zawierająca
hormon wzrostu szczura;



Klonowanie – kontrowersyjny problem współczesnego świata

Klonowanie to tworzenie identycznych kopii oryginału.

Argumenty przeciw

- mało efektywne; otrzymane osobniki często chorują i szybko umierają; eliminowanie rodziny jako instytucji powołanej do przekazywania życia i wychowywania dzieci; może prowadzić do podziału ludzi na lepszych lub gorszych w zależności od posiadanych genów czy sposobu przyjścia na świat.

Argumenty za

- szansa na znalezienie sposobu leczenia wielu chorób; dalszy rozwój nauki i techniki; odtworzenie wymarłych gatunków; zwiększenie populacji gatunków zagrożonych wymarciem.

Klonowanie w naturze

- rozmnażanie bezpłciowe: podział komórki, fragmentacja;
- bliźnięta jednojajowe (rozdzielenie komórek zarodka we wczesnym stadium jego rozwoju).

Klonowanie DNA

- fragment DNA jest wstawiany do plazmidu, który wprowadza się do komórki bakteryjnej;
- przed każdym podziałem komórki następuje replikacja DNA, dzięki czemu plazmid ze wstawionym DNA zostaje powielony;

- wykorzystywane do:
 - ♦ badania funkcji genów;
 - ♦ badania procesów, w których bierze udział DNA (replikacja, transkrypcja);
 - ♦ prowadzenia modyfikacji genetycznych;
 - ♦ tworzenia bibliotek genomowych;
 - ♦ długotrwałego przechowywania materiału genetycznego.

Klonowanie komórek

- podziały komórki macierzystej prowadzone w hodowli;
- wykorzystanie:
 - ♦ w przemyśle spożywczym do produkcji aminokwasów, witamin i dodatków do żywności;
 - ♦ w medycynie do produkcji substancji leczniczych i szczepionek;
 - ♦ w medycynie, farmacji, kosmetologii, ochronie środowiska do badań nad toksycznością różnych substancji.

Klonowanie roślin

- rozmnażanie wegetatywne;
- fragment rośliny hoduje się na specjalnej pożywce, zawarte w niej składniki pozwalają pobudzić komórkę do wykształcenia tkanki kallusowej, z której może rozwinąć się cały organizm;
- wykorzystanie: w rolnictwie, ogrodnictwie, aby uzyskać rośliny o cechach użytkowych rośliny macierzystej (np. określony kolor kwiatów, odporność na wirusy, niską temperaturę).

Klonowanie zwierząt

- klonowanie reprodukcyjne – otrzymanie osobnika o tych samych cechach;
- klonowanie terapeutyczne – celem jest terapia jakiegoś schorzenia (pobieranie komórek macierzystych z zarodków);
- stosowana jest metoda transplantacji jąder komórkowych:
 - ♦ etap 1 – usunięcie jądra z komórki biorcy oraz wyizolowanie jądra z komórki dawcy (lub pobranie całej komórki dawcy);
 - ♦ etap 2 – wprowadzenie jądra komórkowego dawcy do pozbawionej jądra komórki biorcy (np. przez połączenie błon komórkowych dawcy i biorcy);
 - ♦ etap 3 – pobudzenie utworzonej komórki do rozwoju w nowy organizm będący klonem dawcy jądra komórkowego.

Historia

- 1958 r., 1962 r. – sklonowanie pierwszego organizmu, żaby *Xenopus laevis*;
- 1996 r. – sklonowanie pierwszego ssaka, owcy Dolly, dawcą komórki jajowej była owca rasy scottish blackface, materiał genetyczny użyty do klonowania pochodził z komórek gruczołu mlekowego owcy rasy finn-dorset.

Wykorzystanie

- klonowanie ssaków z komórek ciała dorosłego osobnika o określonych cechach;

- hodowla ssaków transgenicznych będących źródłem komórek, tkanek lub narządów, a także białkowych substancji leczniczych i szczepionek;
- odtwarzanie gatunków wymarłych (w Japonii próbuje się odtworzyć mamuta włochatego z wykorzystaniem komórki jajowej słonia afrykańskiego);
- zwiększenie populacji gatunków zagrożonych wyginięciem (trwają prace nad klonowaniem pandy wielkiej, tygrysa sumatryjskiego, hipopotama karłowatego).

Sposoby i cele otrzymywania komórek macierzystych

Komórki macierzyste mają zdolność przekształcania się w dowolny typ komórek organizmu. To z nich powstają komórki płodu, uczestniczą także we wzroście i regeneracji organizmu. Cechuje je zdolność do podziałów, brak zróżnicowania oraz możliwość rozwoju w dowolne komórki w odpowiednich warunkach.

Rodzaje komórek macierzystych

- **embrionalne** – najczęściej uzyskuje się je z zapłodnionych komórek jajowych metodą *in vitro*, są pluripotencjalne, czyli mają zdolność przekształcania się w dowolny typ komórek;
- **somatyczne** – uzyskiwane z niezróżnicowanych komórek organizmu, są multipotencjalne, czyli mogą się różnicować w kilka typów komórek.

Zastosowanie komórek macierzystych

- mogą być w przyszłości stosowane do terapii chorób, np. cukrzycy, chorób serca, choroby Alzheimera, Parkinsona, ślepoty, mukowiscydozy (muszą przejść jeszcze wiele testów, by ich stosowanie było bezpieczne);
- wykorzystywane są w celach naukowych (poznawanie rozwoju organizmu, mechanizmów działania czynników wzrostu, podziałów komórkowych itp.);
- wykorzystywane do poznawania skuteczności działania nowych leków,
- mogą być wykorzystywane do klonowania.

Projekt poznania ludzkiego genomu (HUGO, *Human Genome Project*)

- program, który miał na celu poznanie sekwencji wszystkich komplementarnych par zasad ludzkiego genomu zawierającego 3 mld nukleotydów, około 30 tys. genów;
- pracami kierował F. Collins (dyrektor NHGRI, National Human Genome Research Institute) i C. Venter (prezes Celera Genomics);
- 26 stycznia 2000 r., na wspólnej konferencji prasowej, prezydent USA Bill Clinton i premier Wielkiej Brytanii Tony Blair ogłosili, że udało się zsekwencjonować genom: „Bez wątpienia jest to najważniejsza, najbardziej cudowna mapa, którą rodzajowi ludzkiemu udało się stworzyć (...).

Uczymy się dziś języka, przez który Bóg stworzył świat. Zostajemy przeniknięci głębszym niż kiedykolwiek podziwem wobec złożoności, piękna i niezwykłości najświętszego daru Bożego”;

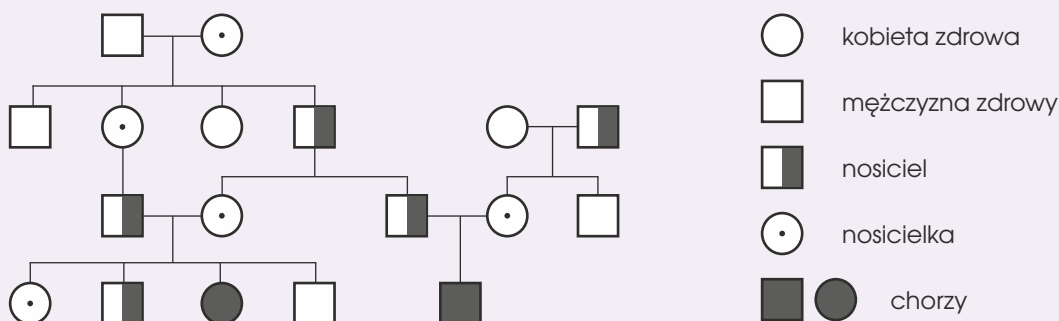
- 14 kwietnia 2003 r. opublikowano dokument stwierdzający zakończenie sekwencjonowania 99% genomu z trafnością 99,99%.

Cel

- poznanie ludzkiego genomu, znalezienie funkcjonalnych genów, lepsze poznanie funkcjonowania człowieka;
- diagnostyka chorób;
- poznanie ewolucji organizmów.

Sprawdź się!

1. Skrzyżowano dwa szczury o szarej sierści. W wyniku tej krzyżówki otrzymano: 25% osobników o sierści czarnej, 50% szarej, 25% białej. Podaj genotypy rodziców i dziadków.
2. Daltonizm u ludzi zależy od recesywnego genu d sprzężonego z płcią. Córka daltonisty poślubiła mężczyznę nie wykazującego tej cechy. Jaka część ich dzieci i jakiej płci będzie daltonistami?
3. Łysienie zależy od autosomalnego dominującego genu B związanego z płcią, którego efekt przejawia się tylko u mężczyzny, hemofilia zaś uwarunkowana jest recesywnym genem h sprzężonym z płcią. Niełysy i niechorujący na hemofilię mężczyzna poślubił kobietę, której ojciec był chory na hemofilię i nie był łysy. Jedyny potomek tej pary był łysym hemofilitykiem. Podaj genotyp kobiety.
4. Pewne białko₁ jest kodowane przez 300 kodonów, a białko₂ – przez 300 nukleotydów. Które białko będzie zbudowane z większej liczby aminokwasów? Odpowiedź uzasadnij.
5. Na podstawie analizy rodowodu określ sposób dziedziczenia choroby występującej w tej rodzinie.



1. R – allel warunkujący sierść czarna
Rodzice: ♂Rr (szary) × ♀Rr (szary)
dziadkowie: RR (czarny) × rr(biały)
G: R, r R, r
F1: Rr (100% szare)

G	R	r
R	RR (cz)	Rr (sz)
r	Rr (sz)	rr (b)

2. D – allel warunkujący brak daltonizmu
P: XDxd × XDY
G: XDxd XD Y

F1:

G	X ^d	Y
X ^d	XD Xd	Xd Y

X^d Y – chłopiec, daltonista

Odp. Potoma chłopców będzie daltonistami.

3. B – allel warunkujący tęsznienie b – allel warunkujący brak tęsznienia
H – allel warunkujący brak hemofilii h – allel warunkujący hemofilie

P: ♂Bb XHY × ♀BB XhXh
G: bXH, bY BXH, BXh, bXH, bXh

F1:

G	BX ^H	BX ^h	bX ^H	bX ^h
BX ^H	BBXHHX ^H	BbXHX ^h	BbXHX ^H	bbXHX ^H
BX ^h	BbXhX ^H	BbXhX ^h	BbXhY	bbXhY

BbXhY – tysi, hemofilik

Odp: Genotyp kobiety: Bb XH Xh

4. Białko 1 będzie zawierało więcej aminokwasów niż białko2, ponieważ 300 kodonów koduje 300 aminokwasów, a 300 nukleotydów – 100 aminokwasów.

5. Jest to choroba genetyczna autosomalna recesywna. Występują nosiciele, którzy mogą mieć w potomstwie osoby chore.

NOTATKI:

Rozdział 9.

EKOLOGIA

EKOLOGIA

Poziomy ekologiczne.....	252
Nisza ekologiczna.....	252
Tolerancja ekologiczna.....	252
Podstawowe prawa ekologii.....	253
Cechy charakteryzujące populację.....	253
Stosunki między populacjami	
w biocenozy.....	254
Struktura troficzna biocenozy.....	256
Przepływ energii w ekosystemie.....	257
Krążenie materii w ekosystemie.....	257

EKOLOGIA

Ekologia to nauka o strukturze i funkcjonowaniu przyrody oraz o prawidłowościach, które nią kierują. Bada zależności między organizmami oraz między nimi a środowiskiem.

Poziomy ekologiczne

- **osobnik** – pojedynczy przedstawiciel danego gatunku, zdolny do samodzielnej egzystencji w środowisku dzięki stałej wymianie materii i energii ze środowiskiem, w którym egzystuje;
- **populacja** – zespół osobników jednego gatunku żyjący na danym terenie, mogący się swobodnie krzyżować, umożliwiając przepływ genów, i wydawać płodne potomstwo (każda populacja ma własną pulę genową);
- **ekosystem** – składa się z:
 - ♦ **biocenozy** – ożywionej części ekosystemu, zespołu populacji wszystkich gatunków: **fitocenoza** (roślinny składnik biocenozy); **zoocenoza** (zwierzęcy składnik biocenozy); **biotopu** (nieożywionej części ekosystemu);
 - ♦ w ekosystemie krąży materia i przepływa energia;
- **biom** – rozległy obszar o podobnym klimacie, obejmujący zespoły ekosystemów wraz z typowymi dla nich warunkami środowiskowymi: tundra; tajga; las liściasty klimatu umiarkowanego; sawanna; step; pustynie i półpustynie; biomy wysokogórskie;

- **biosfera** – strefa życia naszej planety, zawiera wszystkie biomy, obejmuje **troposferę** (dolną część atmosfery do wysokości 10–15 km), **hydrosferę**, **litosferę** (powierzchniową część skorupy ziemskiej do 1 km, w tym głębę do 3 m).

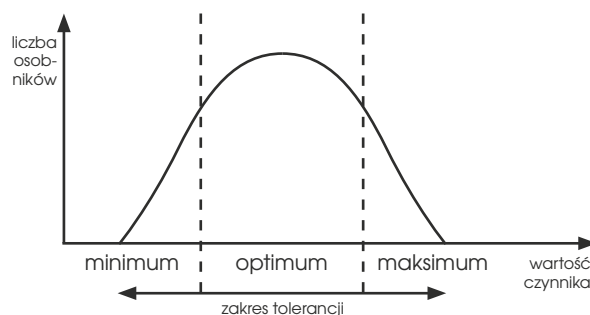
Nisza ekologiczna

Jest to przestrzeń, w obrębie której czynniki abiotyczne i biotyczne środowiska umożliwiają organizmowi utrzymanie się przy życiu:

- **nisza podstawowa** – przestrzeń zajmowana przez organizm bez uwzględniania wpływu innych organizmów;
- **nisza realizowana** – przestrzeń zajmowana przez organizm z uwzględnieniem warunków środowiska i wpływem innych organizmów.

Tolerancja ekologiczna

Przystosowanie organizmu do życia w określonym przedziale wartości danego czynnika:



- **zakres tolerancji** – zakres zmienności warunków środowiska, w jakich może żyć organizm (wyznacza go minimum i maksimum natężenia danego czynnika).

Podział organizmów ze względu na zakres tolerancji

- **eurybionty** – organizmy słabo wyspecjalizowane pod względem ekologicznym, mające szeroki zakres tolerancji na zmiany czynnika środowiskowego;
- **stenobionty** – organizmy silnie wyspecjalizowane pod względem ekologicznym, mające wąski zakres tolerancji na zmiany czynników środowiskowych, np. endemity, organizmy wskaźnikowe (np. pstrąg – wody czyste; porosty – powietrze wolne od zanieczyszczeń tlenkiem siarki; wrzos zwyczajny – kwaśna gleba):
 - ♦ **oligostenobionty** – wąski zakres obejmujący niskie wartości danego czynnika;
 - ♦ **mezostenobionty** – wąski zakres obejmujący średnie wartości danego czynnika;
 - ♦ **polistenobionty** – wąski zakres obejmujący wysokie wartości danego czynnika.

Podstawowe prawa ekologii

- **prawo minimum Liebiga** – wzrost i rozwój organizmu zależy od czynnika, którego w środowisku jest najmniej w stosunku do potrzeb;
- **prawo tolerancji Shelforda** – zarówno niedobór, jak i nadmiar danego czynnika mogą ograniczać wzrost i rozwój organizmu;
- **reguła Bergmanna** – rozmiary ciała zwierząt stałocieplnych żyjących w klimacie chłodniejszym są większe niż rozmiary ciała spokrewnionych z nimi zwierząt żyjących w cieplejszym klimacie;
- **reguła Allena** – u zwierząt stałocieplnych żyjących w klimacie chłodniejszym pojawia się tendencja do zmniejszania lub skracania wystających części ciała, np. uszu, ogona, kończyn.

Cechy charakteryzujące populację

- **liczebność** – liczba osobników danej populacji mieszkająca na określonym terenie, często podaje się **zagęszczenie**, czyli liczbę osobników na jednostkę powierzchni;
- **struktura przestrzenna**:
 - ♦ **rozmieszczenie** – sposób występowania osobników na określonym terenie (równomierne, losowe, skupiskowe);
 - ♦ **areal** – obszar, w którym możemy spotkać osobniki danej populacji;
 - ♦ **terytorium** – aktywnie broniony wycinek arealu (znakowany np. moczem, śpiewem);
 - ♦ **stanowisko** – konkretne miejsce występowania danego osobnika populacji, pojęcie dotyczące głównie roślin;
- **rozrodczość** – zdolność populacji do wydawania na świat potomstwa:
 - ♦ **maksymalna** – teoretyczna zdolność do wydawania potomstwa;

- ♦ rzeczywista – faktyczna liczba przychodzących na świat młodych:

$$\begin{array}{c} \text{rozrodność rzeczywista} \\ = \\ \text{rozrodność maksymalna} \\ - \\ \text{opór środowiska (czynniki biotyczne} \\ \text{i abiotyczne zmniejszające rozrodność)} \end{array}$$

- ♦ wyróżniamy dwie strategie rozrodcze: **typu „r”** – wydawanie na świat dużej liczby słabo wyspecjalizowanego potomstwa, opieka nad potomstwem występuje rzadko, np. ryby;

typu „K” – wydawanie na świat małej liczby dobrze wyspecjalizowanego potomstwa, w środowiskach o dużej konkurencji, występuje opieka nad potomstwem, np. ssaki;

- **śmiertelność** – liczba osobników umierających w populacji w danym czasie:
 - ♦ minimalna – zaprogramowana genetycznie długość życia;
 - ♦ rzeczywista – faktyczna liczba umierających osobników:

$$\begin{array}{c} \text{śmiertelność rzeczywista} \\ = \\ \text{śmiertelność minimalna} \\ + \\ \text{opór środowiska (czynniki biotyczne} \\ \text{i abiotyczne zwiększające śmiertelność,} \\ \text{np. wirusy, bakterie, drapieżniki,} \\ \text{zmiany klimatyczne, brak pożywienia,} \\ \text{kataklizmy)} \end{array}$$

- **rozprzestrzenianie się:**
 - ♦ imigracja – ruch jednokierunkowy osobników do populacji;

- ♦ emigracja – ruch jednokierunkowy osobników na zewnątrz populacji;

- **struktura wiekowa** – określa zróżnicowanie wiekowe osobników danej populacji:

- ♦ wyróżniamy trzy okresy rozwoju osobników: **przedrozrodzcy** (od urodzin do osiągnięcia dojrzałości płciowej), **rozrodzcy** (dojrzałość płciowa), **porozrodzcy** (koniec rozrodczości);

- ♦ wyróżniamy trzy typy populacji ze względu na strukturę wiekową: **rozwijająca się** (najwięcej osobników w wieku przedrozrodczym), **ustabilizowana** (we wszystkich kategoriach wiekowych utrzymują się takie same współczynniki urodzin i zgonów), **wymierająca** (przeważają osobniki w wieku porozrodczym);

- **struktura płciowa** – określa proporcje płci w populacji.

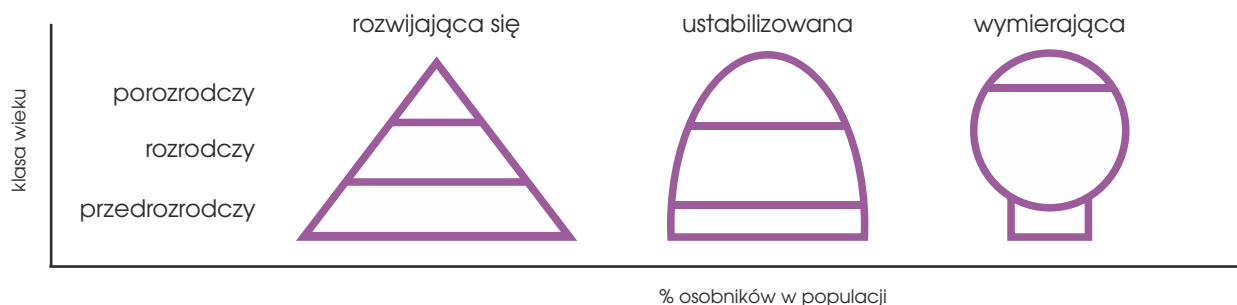
Słusunki między populacjami

w biocenozie

Oddziaływania antagonistyczne

- **konkurencja** – populacje konkurują ze sobą o zasoby środowiska, kiedy ich nisze ekologiczne przynajmniej częściowo się pokrywają, np. szczur wędrowny i szczur śniady (o miejsce do życia, pokarm), jaszczurka zwinka i jaszczurka żyworódka (o miejsce do życia, kryjówki, pokarm), drzewa (o światło, wodę);
- **drapieżnictwo** – osobniki jednego gatunku żywią się osobnikami innego gatunku,

POPULACJE



zjawisko to ma korzystne znaczenie dla populacji ofiar, m.in. eliminuje osobniki najsłabsze lub chore, utrzymuje liczebność ofiar na poziomie nieprzekraczającym pojemności środowiska, np. lew – antylopa, ryś – zając, niedźwiedź – pstrąg;

- **pasożytnictwo** – jeden gatunek (pasożyt) żywi się kosztem drugiego gatunku (żywiciela), nie doprowadzając zazwyczaj do jego śmierci:
 - ♦ fakultatywne – możliwość przeżycia bez żywiciela;
 - ♦ obligatoryjne – niemożność przeżycia bez żywiciela;
 - ♦ zewnętrzne – np. pchły, wszy, pijawki, kleszcze;
 - ♦ wewnętrzne – owsiki, glisty, tasiemce, lamblie, ameby;
- **allelopatia** – hamowanie lub stymulacja wzrostu innych gatunków przez wydzielanie do gleby różnych substancji chemicznych:
 - ♦ **ujemna** – grzyby wydzielają antybiotyki (np. penicylinę) działające

bakteriobójczo; rośliny pustyń i półpustyń wydzielają terpeny (np. kamforę), ograniczając konkurentów do wody, oddziaływanie kopru na marchew;

- ♦ **dodatnia** – oddziaływanie np. wyka na żyto, koniczyzny na trawy, cebuli na buraka;

- **amensalizm** – jedna z populacji ponosi nieświadome szkody, nie mając z tego tytułu żadnych korzyści, np. bóbr, który, budując żeremia, niszczy niektóre gatunki roślin; kormorany, których odchody niszczą roślinność wokół gniazd.

Oddziaływania nieantagonistyczne (protekcjonistyczne)

- **mutualizm** – nieodzowne oddziaływanie między osobnikami różnych gatunków, np. mikoryza (współżycie korzeni roślin z grzybami), symbioza glonów z grzybami – porosty, bakterie jelitowe i roślinożercy;
- **protokooperacja** – oddziaływanie korzystne dla obu partnerów, ale niekonieczne do przeżycia, np. ukwiał i rak pustelnik (parzydełka ukwiału chronią

raka, ukwiał zyskuje transport, może też korzystać z resztek pokarmowych pozostawionych przez raka), bąkojad i nosorożec (ptak czyści skórę nosorożca z pasożytów, uzyskując w ten sposób pokarm), mrówki i mszyce (mrówki bronią mszyc przed drapieżnikami, w zamian żywią się produkowaną przez nie spadzią);

- **komensalizm** – jeden z partnerów odnosi korzyści (komensal), a drugiemu oddziaływanie to jest obojętne (nic nie traci, nic nie zyskuje), np. drzewa i epifity (epifity wykorzystują drzewa jako podpory), rekin i podnawka (mała rybka pływa w pobliżu rekina, co daje jej bezpieczeństwo i możliwość korzystania z resztek pokarmu), drapieżniki i padlinożercy (padlinożercy żywią się resztkami pozostawionymi przez drapieżniki).

Oddziaływania neutralne

Gatunki żyjące w danym ekosystemie nie oddziałują na siebie, ponieważ mają różne nisze ekologiczne.

Struktura troficzna biocenozy

Poziom troficzny – grupa organizmów zajmująca tę samą pozycję w łańcuchu pokarmowym:

- producenci;
- konsumenci – konsumenci I rzędu (roślinożercy), konsumenci kolejnych rzędów (mięsożercy).

łańcuch pokarmowy – szereg grup organizmów ustawionych w takiej kolejności, aby

każda poprzedzająca grupa była podstawą pożywienia następnej:

- ♦ **łańcuch pasania** – rozpoczyna się od producentów, następnie są konsumenci kolejnych rzędów: roślina (producent) → roślinożerca (konsument I rzędu) → drapieżca (konsument II rzędu);
- ♦ **łańcuch detrytusowy** – rozpoczyna się od detrytus (martwej materii organicznej), następnie – saprofagi i konsumenci kolejnych rzędów, np. obumarłe liście roślin wodnych → nicienie → larwy owadów → traszka.

Sieci zależności pokarmowych – złożone relacje pokarmowe danego ekosystemu, wynikające z faktu, że wiele zwierząt jest polifagami (żywią się zróżnicowanym pożywieniem). Monofagi występują bardzo rzadko (np. koala, panda).

Między organizmami sieci pokarmowych ustala się równowaga biocenotyczna polegająca m.in. na tym, że drapieżnicy nie wyniszczają swych ofiar całkowicie, pasożyty nie zabijają swojego gospodarza, a roślinożerca nie wyczerpuje zasobów pokarmu na danym terenie.

Mechanizm tej równowagi jest bardzo prosty – np. drapieżnik, polując na swoją ofiarę, zmniejsza liczebność jej populacji. Zmniejszenie ilości pożywienia ogranicza powiększenie się populacji drapieżnika i populacja ofiary może w tym czasie się odbudować.

Równowagę biocenotyczną łatwo jest zaburzyć, na przykład w wyniku gwałtownych zmian klimatu, klęsk żywiołowych, zanieczyszczenia środowiska, budowania dróg. Gwarantem równowagi jest duża bioróżnorodność.

Przepływ energii w ekosystemie

Pod względem energetycznym ekosystem jest układem otwartym. Funkcjonowanie ekosystemu wymaga ciągłego dopływu energii z zewnątrz.

Najważniejszym źródłem energii jest promieniowanie słoneczne. 1% tego promieniowania wykorzystywany jest przez fotoautotrofy, które przekształcają je w energię wiązań chemicznych związków produkowanych w czasie fotosyntezy. Energia ta przechodzi następnie do konsumentów (za każdym razem zaledwie 10%).

Część energii organizmy wykorzystują do procesów metabolicznych, a część ulega rozproszeniu w postaci ciepła. Im krótszy łańcuch pokarmowy, tym mniejsze straty energii.

Krążenie materii w ekosystemie

Producenci wykorzystują składniki biotopu (wodę, sole mineralne, dwutlenek węgla) i przekształcają je w związki organiczne budujące ich organizm (biomasę). Związki te pobierane są przez konsumentów kolejnych rzędów.

Część związków zostaje przekształcona w związki nieorganiczne w procesie oddychania, a związki organiczne wydalin i szczątków są rozkładane przez destrucentów. Materia nieorganiczna wraca do biotopu.

Produktywność ekosystemów

Jest to wskaźnik szybkości magazynowania energii zawartej w materii organicznej.

- **produktywność pierwotna** – określa szybkość, z jaką producenci zamieniają energię świetlną w energię chemiczną kumulowaną w materii organicznej, która zawarta jest w ich biomasie:
 - ♦ **produktywność pierwotna netto**
– przyrost biomasy autotrofów w określonej jednostce czasu;
 - ♦ **produktywność pierwotna brutto** –
obejmuje produktywność pierwotną netto oraz energię zużytą na utrzymanie procesów życiowych producenta;
- **produktywność wtórna** – szybkość kumulowania energii w biomasie konsumentów:
 - ♦ **produktywność wtórna netto**;
 - ♦ **produktywność wtórna brutto**.

NOTATKI:

Rozdział 10.

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

Poziomy różnorodności biologicznej_____ 260

Różnorodność genetyczna	
(wewnątrzgatunkowa)_____	260
Różnorodność gatunkowa	
(międzygatunkowa)_____	260
Różnorodność ekosystemowa_____	260
Wpływ człowieka na bioróżnorodność_____	261

Formy ochrony przyrody w Polsce_____ 263

Ochrona obszarowa_____	263
Ochrona gatunkowa_____	264

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA

Poziomy różnorodności biologicznej

Różnorodność genetyczna

(wewnątrzgatunkowa)

- występowanie wielu alleli danego genu w populacji (różnice w wyglądzie, właściwościach fizjologicznych i biochemicznych, zachowaniu);
- mierzona jest różnicami genetycznymi między osobnikami określonej populacji;
- niektóre geny są prawie identyczne u wszystkich organizmów (np. geny kodujące białka podstawowych procesów metabolicznych), inne geny różnią się znacznie, nawet u osobników tego samego gatunku (np. geny kodujące białka warunkujące odporność organizmu).

Różnorodność gatunkowa

(międzygatunkowa)

- bogactwo gatunków występujących na Ziemi;
- mierzona jest liczbą i równomiernością występowania gatunków w danym ekosystemie;
- największa różnorodność występuje, gdy w danym ekosystemie istnieją różne gatunki o podobnej, dużej liczbie osobników.

Różnorodność ekosystemowa

- zróżnicowanie siedlisk i zamieszkujących je organizmów;

- mierzona liczbą wielogatunkowych zbiorowisk występujących na danym terenie (zależy m.in. od ukształtowania powierzchni, klimatu).

Bioróżnorodność nie jest taka sama na całej kuli ziemskiej. Największą bioróżnorodnością charakteryzują się obszary tropikalne; w kierunku biegunów – maleje. Potencjalne przyczyny to:

- **zmienność warunków środowiska:**
 - ♦ w stabilnych warunkach obszarów tropikalnych dominują gatunki wyspecjalizowane, o wąskich zakresach tolerancji, występuje wiele nisz, dzięki czemu gatunki unikają silnej konkurencji i mogą się rozmnażać;
 - ♦ w środowiskach zmiennych (np. w klimacie umiarkowanym) dominują gatunki o szerokich zakresach tolerancji, ich nisze ekologiczne zachodzą na siebie, konkurują ze sobą i na danym obszarze występuje ich mniej;
- **dopływ energii słonecznej** (większy na terenach równikowych);
- **niewielkie zmiany warunków środowiska na małych obszarach**, np. naturalne pożary,

powodzie, wiatrołomy (powodują one powstawanie wolnych zasobów i przestrzeni dla gatunków o dużej zdolności do rozprzestrzeniania, które odznaczają się mniejszą konkurencyjnością, co skutkuje większą bioróżnorodnością danego terenu).

Zachowanie bioróżnorodności jest istotne z powodów:

- ekonomicznych (gospodarcze wykorzystanie surowców, np. drewna jako materiału budowlanego; źródło pokarmu; dostęp do świeżego powietrza i terenów rekreacyjnych);
- zdrowotnych (źródło lekarstw, witamin itp.);
- kulturowych;
- moralnych (mamy obowiązek pozostawienia przyszłym pokoleniom Ziemi z całym jej bogactwem);
- estetycznych (przyroda zachwyca swoim pięknem);
- naukowych;
- patriotycznych.

Wpływ człowieka na bioróżnorodność

- **niszczenie siedlisk i ekosystemów:**
 - ♦ przekształcanie naturalnych ekosystemów w obszary rolnicze, przemysłowe, zurbanizowane (rolnictwo, urbanizacja, industrializacja);
 - ♦ wprowadzenie monokultur (co sprzyja gradacji szkodników, wymusza

stosowanie pestycydów i nawozów sztucznych);

- ♦ wprowadzanie wyselekcjonowanych ras i odmian oraz organizmów modyfikowanych genetycznie;
- ♦ zanieczyszczenie środowiska;
- ♦ fragmentacja ekosystemów (wycinanie lasów, budowa dróg), co utrudnia przemieszczanie i swobodne krzyżowanie się organizmów;
- **introdukcja** – świadome wprowadzanie do ekosystemów gatunków, które wcześniej w nich nie występowały (nazywa się je gatunkami obcymi, a jeśli zagrażają rodzimym organizmom – inwazyjnymi);
 - ♦ np. **biedronka azjatycka** (sprowadzona do Europy do walki z mszycami, zagraża rodzimym owadom – jest bardziej agresywna, wygrywa walkę o terytorium i pożywienie);
 - ♦ **wiewiórka szara** (sprowadzona z Ameryki, zagraża wiewiórcę rudej, posiada wirus, na który jest odporna, a który dziesiątkuje wiewiórkę rudą), króliki w Australii (nie miały naturalnych wrogów i szybko się rozmnożyły, zagrażając rodzimej faunie);
- **zawlekanie** – nieświadome przenoszenie organizmów, np. bakterii i wirusów, pasożytów w organizmach marynarzy, szczurów na statkach itp.;

- **bezpośrednia eksploatacja zasobów przyrody**

- ♦ **łowiectwo** – zwierzęta wymarłe: dront dodo, moa, alka olbrzymia, krowa morska, tur i tarpan;
- ♦ **rybołówstwo** – zagraża płetwalowi błękitnemu, humbakowi, w Polsce wyginął jesiotr bałtycki;
- ♦ **kolekcjonerstwo** – narażone są storczyki, mięczaki, motyle, gady, ptaki;

- **konkurencja z innymi gatunkami** – np. zmniejszenie populacji rysia, wilka, tępienie szkodników upraw, chwastów itp.

Ochronę bioróżnorodności możemy rozpatrywać na wielu poziomach:

- **zakres objętych ochroną elementów przyrody**

- ♦ **ochrona indywidualna** – pojedyncze osobniki danego gatunku (np. drzewa), obiekty przyrody nieożywionej (np. głązy narzutowe), małe fragmenty ekosystemów szczególnie cenne dla zachowania różnorodności biologicznej (np. wydma, stanowiska rzadko występujących gatunków roślin) – najstarsza forma ochrony;
- ♦ **ochrona gatunkowa** – podlegają jej wszystkie osobniki danego gatunku;
- ♦ **ochrona obszarowa** – ma na celu zachowanie naturalnych procesów przyrodniczych, takich jak sukcesja ekologiczna czy ewolucja biologiczna;

- **ingerencja człowieka w ekosystem**

- ♦ **ochrona bierna (konserwatorska)**

– jej celem jest zachowanie obszarów cennych przyrodniczo w niezmienionym stanie, np. w rezerwatach, parkach narodowych;

- ♦ **ochrona czynna (aktywna)** –

stosowanie zabiegów zmierzających do zachowania lub przywrócenia pożądanego stanu liczebności konkretnych gatunków, np. odbudowywanie populacji ginących gatunków w specjalnych hodowlach i wprowadzanie ich z powrotem do ekosystemu;

- **gospodarcze wykorzystanie przyrody**

- ♦ **ochrona ścisła** – niedozwolona jest jakakolwiek ingerencja człowieka w ekosystem (ochrona zachodzących procesów, gatunków i siedlisk);

- ♦ **ochrona częściowa** – dopuszcza się niektóre formy działalności (np. gospodarkę leśną, turystykę), gatunki objęte ochroną częściową można pozyskiwać w określonych porach roku, fazach cyklu życiowego (np. w ramach łowiectwa, wędkarstwa, pozyskiwania do badań naukowych);

- **miejsce ochrony**

- ♦ **ochrona *in situ*** – ochrona objętych ochroną gatunków i elementów przyrody nieożywionej w naturalnym miejscu występowania;

- ♦ **ochrona *ex situ*** – poza miejscem naturalnego występowania gatunku, w celu rozmnożenia osobników lub zachowania puli genowej gatunku, np. w ogrodach botanicznych i zoologicznych, skamieniałości i minerały w miejscach ich przechowywania, banki genów.

Restytucja to odbudowa określonego gatunku, którego populacja została wyniszczona na skutek zmian środowiska lub działalności człowieka (np. odbudowa populacji żubra nizinnego w Europie).

Reintrodukcja to wprowadzenie gatunków na tereny ich naturalnego występowania, na których wcześniej wyginęły lub zostały wytępione (np. wilki do Parku Yellowstone).

Formy ochrony przyrody w Polsce

Ochronę przyrody w Polsce reguluje *Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 roku o ochronie przyrody*.

Ochrona obszarowa

Park narodowy

- w Polsce mamy obecnie 23 parki narodowe;
- jest powoływany przez Radę Ministrów;
- ma powierzchnię powyżej 1000 ha;
- ma szczególne walory przyrodnicze, naukowe, społeczne i kulturowe;
- ochronie podlega cała przyroda i walory krajobrazowe:
 - ♦ ochrona bierna i czynna;
 - ♦ strefy ochrony ścisłej i częściowej (ruch turystyczny);
- otoczony jest **otuliną**, czyli strefą chroniącą teren parku przed zagrożeniami spowodowanymi działalnością człowieka.

Parki narodowe:

- najstarszy – Białowieski Park Narodowy (1932, żubr);

- najmłodszy – Park Narodowy Ujście Warty (2001, gęś zbożowa);
- największy – Biebrzański Park Narodowy (59,2 tys. ha, batalion);
- najmniejszy – Ojcowski Park Narodowy (2,1 tys. ha, nietoperz).

Lista polskich parków narodowych wraz z ich symbolami:

1. Słowiński Park Narodowy – mewa;
2. Woliński Park Narodowy – bielik;
3. Park Narodowy Bory Tucholskie – głuszc;
4. Drawieński Park Narodowy – wydra;
5. Park Narodowy Ujście Warty – gęś zbożowa;
6. Wielkopolski Park Narodowy – sowa;
7. Karkonoski Park Narodowy – chojnik;
8. Park Narodowy Gór Stołowych – szczeliniec;
9. Ojcowski Park Narodowy – nietoperz;

10. Babiogórski Park Narodowy – okrzyn jeleni;
11. Gorczański Park Narodowy – salamandra plamista;
12. Tatrzański Park Narodowy – kozica;
13. Pieniński Park Narodowy – trzy korony;
14. Magurski Park Narodowy – orlik krzykliwy;
15. Bieszczadzki Park Narodowy – ryś;
16. Roztoczański Park Narodowy – konik polski;
17. Świętokrzyski Park Narodowy – jeleni;
18. Poleski Park Narodowy – żuraw;
19. Kampinoski Park Narodowy – łos;
20. Białowieski Park Narodowy – żubr;
21. Narwiański Park Narodowy – błotniak stawowy;
22. Biebrzański Park Narodowy – batalion;
23. Wigierski Park Narodowy – bóbr.

Rezerwat przyrody

- jest powoływany przez regionalnego dyrektora ochrony środowiska;
- rodzaje rezerwatów: leśny, wodny, przyrody nieożywionej itp.;
- typy: florystyczny, kulturowy itp.;
- podtypy: rezerwat łąkowy, wydmy itp.;
- w 2011 r. istniało 1469 rezerwatów przyrody, np. **rezerwat Ustronie** (woj. kujawsko-pomorskie) – chroni fragment lasu, w którym występuje jarzab brekinia.

Park krajobrazowy

- jest powoływany w drodze uchwały sejmiku województwa;

- dopuszczalne jest prowadzenie działalności gospodarczej w sposób ograniczony, posiada infrastrukturę turystyczną;
- w 2012 r. istniało 122 parków krajobrazowych, np. **Nadbużański PK** – chroni 120 km rzeki Bug w jej dolnym biegu.

Obszar chronionego krajobrazu

- jest powoływany przez sejmik województwa;
- w 2011 roku w Polsce było 386 obszarów.

Obszar sieci Natura 2000

- jest to forma ochrony wyznaczona na podstawie przepisów Unii Europejskiej.

Ochrona gatunkowa

- obejmuje gatunki wraz z ich siedliskami;
- listę gatunków chronionych ustala minister ochrony środowiska;
- ochrona ścisła i częściowa (dopuszcza się regulację liczebności, pozyskiwanie części osobników jedynie dozwolonymi prawnie sposobami i w określonych porach roku);
- pod ochroną znajdują się wszystkie płazy, gady i dziko występujące ptaki;
- ochrona czynna:
 - ♦ restytucja i reintrodukcja gatunków na tereny, gdzie występowały wcześniej;
 - ♦ przenoszenie osobników zagrożonych wyginięciem w miejsca, gdzie zagrożenie nie występuje (np. odławianie płazów z okolic budowy autostrad);

- ♦ zmienianie siedlisk, aby zapewnić optymalne warunki dla danej populacji;
- ♦ zakładanie sztucznych gniazd, glinianych konstrukcji dla pszczoł, zimowych kryjówek;
- ♦ wzbogacenie siedlisk w rośliny będące pożywieniem dla gatunków zagrożonych wyginięciem.

Ochrona indywidualna – decyduje o niej rada gminy:

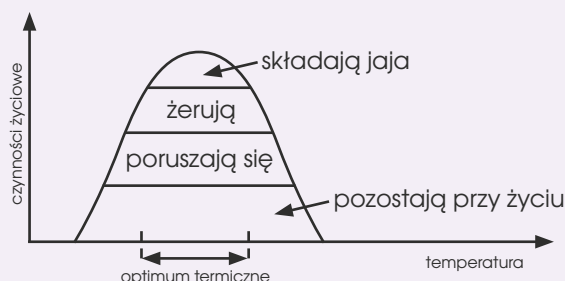
- **pomniki przyrody:**
 - ♦ szczególnie cenne, pojedyncze twory przyrody ożywionej, nieożywionej lub ich skupiska;
 - ♦ w 2012 roku ponad 36 tys.;
 - ♦ np. **cis pospolity w Henrykowie Lubańskim** (najstarsze drzewo w Polsce, 13 m wysokości, obwód pnia 15 m, wiek ponad 1250 lat);
- **stanowisko dokumentacyjne:**
 - ♦ niewielki obszar ważny dla badań naukowych;
 - ♦ ochrona przyrody ożywionej i nieożywionej;
 - ♦ np. **stanowisko dokumentacyjne „Trias”** na terenie kopalni iłów w Krasiejowie chroni skamieniałości płazów i gadów kopalnych pochodzące sprzed 225 mln lat;
- **użytek ekologiczny:**
 - ♦ zazwyczaj pozostałość ekosystemu o niewielkiej powierzchni i małym

znaczeniu gospodarczym, ale ważna dla zachowania bioróżnorodności;

- ♦ zadrzewienia śródpolne, śródpolne oczka wodne (ptaki wodne, ryby, żółwie błotne), bagna, łąki, wydmy;
- ♦ np. **bagno w Smykowie** (woj. świętokrzyskie);
- **zespół przyrodniczo-krajobrazowy:**
 - ♦ fragmenty krajobrazu przyrodniczego;
 - ♦ zakres ochrony niewielki, ale wszelka działalność musi uwzględniać postulaty przyrodników i historyków;
 - ♦ np. **Zespół Przyrodniczo-Krajobrazowy Skalna na Przedgórzu Sudeckim** (ochrona malowniczej grupy skał wraz z porastającą je roślinnością);
- **prywatne rezerwy przyrody:**
 - ♦ tereny wykupione przez osoby prywatne lub stowarzyszenia (20 rezerwatów w 2012 roku).

Sprawdź się!

1. Omów rolę producentów w krążeniu materii i przepływie energii w ekosystemach.
2. Omów funkcjonowanie przedstawionego na schemacie gatunku w optimum termicznym. Zaznacz zakres tolerancji tego gatunku na temperaturę.



3. Wymień po jednym przykładzie korzyści i zagrożeń, jakie niesie ze sobą nowoczesne rolnictwo.

1. Producenci wytwarzają materię organiczną ze związków nieorganicznych oraz przekształcają energię światła w energię wiązań chemicznych w procesie fotosyntezy.

2. W optimum termicznym przedstawiony gatunek może przeprowadzać wszystkie czynności życiowe, m.in. poruszać się, zdobywać pożywienie i rozmnażać się.

3. **Korzyści:** zwiększenie plonów, wprowadzenie odmian o korzystniejszych cechach, np. odpornych na choroby, suszę, bezpestkowych, dłużej zachowujących świeżość, zyski ekonomiczne dla rolników. **Zagrożenia:** chemiczne zanieczyszczenie środowiska przez nawozy sztuczne, pestycydy, herbicydy itp., eutrofizacja zbiorników wodnych, zubożenie różnorodności gatunkowej organizmów (np. owadów, ptaków, roślin), stosowanie monokultur, co sprzyja gradacji szkodników.

Rozdział 11.

EWOLUCJA BIOLOGICZNA

EWOLUCJA BIOLOGICZNA

Źródła wiedzy o mechanizmach i przebiegu ewolucji

268

Dowody bezpośrednie..... 268

Dowody pośrednie..... 268

Dowody z biochemii i fizjologii..... 269

Obserwacje procesów zachodzących
współcześnie..... 269

Doświadczenia laboratoryjne..... 269

Cechy ewolucji

270

Czynniki ewolucji..... 270

Powstawanie nowych gatunków
(specjacja)..... 272

Pochodzenie i rozwój życia na Ziemi..... 272

Ważne pojęcia..... 273

EWOLUCJA BIOLOGICZNA

Źródła wiedzy o mechanizmach i przebiegu ewolucji

Dowody bezpośrednie

- **skamieniałości;**
- **odciski, odlewy;**
- **formy przejściowe** – np. paprocie nasienne – między paprotnikami a roślinami nasiennymi, *Ichtiostega* – między rybami a płazami, *Seymouria* – między ptakami a gadami, *Archeopteryx* – między gadami a ptakami, *Cynognathus* – między gadami a ssakami;
- **żywe skamieniałości** – organizmy, które nie zmieniły się od milionów lat, będące pozostałościami dawnych, wymarłych grup, np. miłorząb (nagonasienne), skrzypłoczek (starorak), latimeria (ryba trzonopłetwa), hatteria (gad ryjkogłowy), dziobak (stekowiec);

Dowody pośrednie

- **dowody anatomii porównawczej:**
 - ♦ **narządy szczątkowe** – narządy zredukowane, niespełniające swoich funkcji, które u kopalnych przodków były dobrze rozwinięte, np. wyrostek robaczkowy, mięśnie poruszające uszami, zęby mądrości u człowieka, szczątkowa miednica waleni, owłosienie słoni, oczy u kreta;
 - ♦ **narządy homologiczne** – mają wspólne pochodzenie i jednakowy

plan budowy, ale ze względu na zróżnicowanie funkcji mogą się różnić morfologicznie, np. kończyny kręgowców, łuski gadów i pióra ptaków;

- ♦ **narządy analogiczne** – nie mają wspólnego pochodzenia, ale są do siebie podobne jako przystosowanie do życia w podobnym środowisku (np. oko ryby i głowonoga, skrzydło owada i ptaka);

- **dowody z embriologii:**

- ♦ **fazy rozwoju zarodkowego zwierząt** – bruzdkowanie, gastrulacja, organogeneza;
- ♦ **prawo rozwojowe Baera** – w rozwoju zarodkowym jako pierwsze pojawiają się cechy charakterystyczne dla wyższych jednostek systematycznych, następnie dla niższych, a na końcu szczegółowe cechy osobnicze;
- ♦ **prawo biogenetyczne Haeckla** – ontogeneza (rozwój osobniczy) jest zmodyfikowanym powtórzeniem filogenezy (rozwoju rodowego) grupy, do której należy dany organizm, np. w rozwoju serca ssaków najpierw pojawia się serce charakterystyczne dla ryb (1 przedsionek, 1 komora),

potem serce płazów (trzyczęściowe),
następnie trzyczęściowe
z niepełną przegrodą, aż w końcu
czteroczęściowe.

Dowody z biochemii i fizjologii

- komórkowa budowa organizmów;
- podobny przebieg i enzymy wielu procesów metabolicznych;
- podobny przebieg mitozy i mejozy;
- jednakowa budowa kwasów nukleinowych;
- DNA jest nośnikiem informacji genetycznej wszystkich organizmów;
- uniwersalny kod genetyczny;
- podobny przebieg replikacji, transkrypcji i translacji;
- podobny skład płynów ustrojowych organizmów żywych i wody morskiej;

Obserwacje procesów zachodzących współcześnie

- **melanizm przemysłowy** – szybkie działanie doboru naturalnego w wyniku nagłych zmian środowiska spowodowanych działalnością człowieka; przykładem jest żyjąca w Anglii ćma, krępak brzozy (*Biston betularia*), która występuje w postaci jasno ubarwionej, co daje jej kamuflaż na korze drzew porośniętej porostami; czasami pojawiały się ciemne formy, ale były one dobrze widoczne na jasnej korze i padały ofiarą drapieżników; sytuacja zmieniła się na terenach uprzemysłowionych, gdzie liczniej występują formy ciemno ubarwione; ciemne

motyle są mniej widoczne na tle ciemnej od pyłów i pozbawionej wrażliwych na zanieczyszczenia powietrza porostów kory drzew i rzadziej padały ofiarą ptaków drapieżnych, które eliminowały osobniki jasno ubarwione;

- **mikroewolucja** – zachodzi na poziomie populacji, wewnątrz gatunku, w stosunkowo krótkim okresie; polega na powstaniu drobnych zmian we frekwencji alleli puli genowej populacji, które prowadzą do wyodrębnienia się nowych form, odmian, ras; mikroewolucja jest procesem odwracalnym;
- **specjacja** jest wynikiem wielu procesów mikroewolucyjnych prowadzących do powstania gatunku, choć może też zajść w sposób skokowy; **specjacja skokowa (nagła)** – wyodrębnienie się nowego gatunku w krótkim czasie na skutek dużej zmiany mutacyjnej, np. poliploidyzacji.

Doświadczenia laboratoryjne

- tworzenie teoretycznych modeli przebiegu i mechanizmów ewolucji;
- analiza zjawisk zmienności (rekombinacyjnej, mutacyjnej), prześledzenie procesów koniugacji (jako sposobu nabywania nowych cech, np. odporności na antybiotyki u bakterii).

Cechy ewolucji

Ewolucja jest **aspektem życia i procesem bezkierunkowym** – nie ma ściśle wyznaczonego kierunku, prowadzi do wytworzenia wielu linii rozwojowych charakteryzujących się różnymi adaptacjami do środowiska.

Ma **zróżnicowane tempo** – im bardziej zmienne środowisko, tym szybsze tempo ewolucji.

Jest **nieodwracalna, niepowtarzalna** – nie ma możliwości ponownego powstania takich samych organizmów – i **nieustająca** (wymusza ją ciągle zmieniające się środowisko, zmienność genetyczna, konkurencja).

Czynniki ewolucji

- **zmienność mutacyjna;**
- **dobór naturalny** – prowadzi do ukierunkowanych zmian w populacji zwiększających adaptację (przystosowanie do środowiska), eliminując osobniki o allelech warunkujących cechy niekorzystne, a faworyzując te posiadające cechy korzystne w danych warunkach; działanie doboru eliminującego osobniki o określonych fenotypach skutkuje zmianami w składzie puli genowej populacji (zmniejsza jej różnorodność), co może prowadzić do powstania gatunku o wysokim stopniu specjalizacji; w stabilnym środowisku jest to korzystne; gdy warunki zmieniają się, gatunek taki jest jednak bardziej narażony na wymarcie; ratunkiem mogą być allele

determinujące do tej pory cechy obojętne, które teraz mogą okazać się korzystne i umożliwić przeżycie;

- ♦ **dobór stabilizujący** – w środowisku stabilnym eliminowane są osobniki o skrajnych wartościach danej cechy, np. najwięcej noworodków ma średnią masę urodzeniową (niska waga jest często objawem różnych schorzeń, występuje u wcześniaków, natomiast poród noworodków o dużej masie jest utrudniony);
- ♦ **dobór kierunkowy** – przy stałym kierunku zmian warunków środowiska faworyzowane są osobniki o skrajnych wartościach cechy, przy jednoczesnej eliminacji osobników o cechach mających wartości skrajnie przeciwne (np. w populacji motyla krąpaka brzoźowego z terenów uprzemysłowionych Anglii przeważają osobniki o ciemnym zabarwieniu, co zwiększa ich szansę na ukrycie się przed owadożernymi ptakami);
- ♦ **dobór różnicujący (rozrywający)** – występuje w zróżnicowanym siedlisku, w którym faworyzowane są osobniki o skrajnych wartościach cechy, z usuwaniem osobników o wartościach pośrednich, np. zróżnicowanie zięb Darwina na

wyspach Galapagos na cienkodziobe (owadożerne) i grubodziobe (zjadające nasiona);

- ♦ **dobór płciowy** – jest wynikiem wewnątrzgatunkowej konkurencji o partnera płciowego, faworyzowane są osobniki o ściśle określonych cechach (np. duże poroże, piękne pióra, śpiew), które świadczą o tym, że geny tego osobnika są lepsze od innych i dlatego warto mieć z nim potomstwo;
- ♦ **dobór krewniaczy** – faworyzuje zachowania altruistyczne, które zwiększają szanse rozprzestrzeniania się genów osobników blisko ze sobą spokrewnionych, np. wydawanie na świat potomstwa tylko przez królową pszczół, mrówek – pozostałe samice (robotnice) blisko spokrewnione z królową, a więc mające dużą część tych samych genów opiekują się królową, jajami i młodymi, co zwiększa szansę na rozprzestrzenienie tych genów w porównaniu do sytuacji, gdyby każda samica chciała wydać na świat własne potomstwo;
- **izolacja** – ważny mechanizm specjacji (powstawania nowych gatunków), ogranicza lub uniemożliwia krzyżowanie się osobników rozdzielonej populacji, a tym samym przepływ między nimi genów:
 - ♦ **izolacja geograficzna** – oddzielenie przestrzenne populacji barierami

zewnętrznymi (np. morze, góry, zlodowacenia);

- ♦ **izolacja rozrodcza** – oddzielenie populacji barierami wewnętrznymi wynikającymi z budowy, fizjologii oraz trybu życia; należą do niej: **izolacja siedliskowa** – partnerzy są przystosowani do innych siedlisk, **izolacja sezonowa** – partnerzy mają inną porę rozrodu, **izolacja mechaniczna** – różnice w budowie narządów rozrodczych, **izolacja genetyczna** – powoduje ginięcie gamet, zygot, płodów lub powstawanie niepłodnych mieszańców;
- **dryf genetyczny** – zmiany częstości alleli w populacji wynikające ze zdarzeń losowych (np. kataklizmów):
 - ♦ „**efekt wąskiego gardła**” następuje wskutek zmian środowiska, takich jak epidemia, brak pokarmu, pożar, powódź, trzęsienie ziemi, co powoduje drastyczne zmniejszenie liczby osobników; wraz z ponownym wzrostem liczebności populacji frekwencja alleli będzie zasadniczo różnić się od frekwencji alleli w populacji wyjściowej;
 - ♦ „**efekt założyciela**” następuje wskutek oderwania się od reszty populacji niewielkiej grupy lub pary osobników i założenia w innym, odizolowanym od macierzystej populacji miejscu nowej kolonii, która będzie się różniła od wyjściowej, np. kolonizacja nowej wyspy.

Powstawanie nowych gatunków (specjacja)

- **specjacja allopatryczna:** powstawanie nowych gatunków po pojawieniu się izolacji geograficznej, a następnie rozrodczej; rozdzielone populacje przystosowują się do odmiennych warunków środowiska, gromadzą różne mutacje i po pewnym czasie tak różnią się od populacji wyjściowej, że nawet po ustąpieniu izolacji geograficznej nie krzyżowałyby się ze sobą;
- **specjacja sympatryczna** polega na stopniowym przekształceniu się na tym samym terenie istniejącego gatunku w inny gatunek, w wyniku izolacji rozrodczej.

Pochodzenie i rozwój życia na Ziemi

Wszechświat powstał około 10–20 mld lat temu, Ziemia – około 4,5 mld lat temu, życie powstało około 3,8 mld lat temu.

- **teoria samoródtwa** – życie powstaje stale z martwej materii, np. bakterie z brudu (obalił ją L. Pasteur);
- **teoria drabiny jestestw** (Arystoteles) – organizmy tworzą „drabinę” organizmów o rosnącej złożoności budowy; na jej szczycie stoi człowiek, najdoskonalsza istota;
- **teoria kreacjonistyczna** – świat stworzony przez Boga jest wynikiem zamierzonego i wolnego jednorazowego aktu Stwórcy;
- **teoria panspermii** (Archenius, Crick, Hoyle) – życie przybyło na Ziemię z Kosmosu w postaci anabiotycznych, przetrwalnych form mikroorganizmów;

- **teoria katastrofizmu** (Georges Cuvier) – gatunki nie ewoluowały, lecz na skutek wielkich katastrof w dziejach Ziemi jedne gatunki wymierały, a na ich miejsce pojawiały się nowe;
- **lamarkizm** (Jean Baptiste Lamarck) – w każdym organizmie znajdują się fluide (siła życiowa), które pobudzają nieustanny rozwój organizmów; cechy nabywane są dziedziczone; te narządy, które są używane rozwijają się, a nieużywane zanikają; ewolucja odbywa się na poziomie osobniczym;
- **teoria ewolucji** (Charles Robert Darwin, Alfred Russell Wallace) – podstawowymi mechanizmami zmienności organizmów jest dobór naturalny i walka o byt;
- **syntetyczna teoria ewolucji (neodarwinizm)** – teoria ewolucji rozszerzona o badania genetyczne i genetykę populacji.

Na podstawie współczesnej wiedzy opartej na kosmologii, geochemii, paleontologii i biologii molekularnej zakłada się, że powstanie życia na Ziemi następowało stopniowo i obejmowało kilka hipotetycznych etapów:

- **ewolucja chemiczna** – synteza związków organicznych powstałych bezpośrednio w fizycznym środowisku (aminokwasy, cukry, lipidy, fosfolipidy, nukleotydy);
- **ewolucja strukturalna** – łączenie się związków organicznych w bardziej złożone układy, polimery (polisacharydy, białka, kwasy nukleinowe);

- **ewolucja biologiczna** – powstanie struktur błoniastych oddzielających makrocząsteczki od środowiska umożliwiło metabolizm, kierowaną syntezę makrocząsteczek, w końcu rozmnażanie się i wynikającą z niego dziedziczność i zmienność, powstanie organizmów jedno- i wielokomórkowych; trwa do dziś.

Ważne pojęcia

- **paleontologia** – nauka badająca kopalne szczątki organizmów w celu zrekonstruowania wyglądu, określenia sposobu życia, poznania historii rozwoju życia na Ziemi;
- **skamieniałości przewodnie** – szczątki organizmów żyjących w danym czasie; ich znalezienie pozwala na oszacowanie wieku np. skał osadowych;
- **megaewolucja** – powstanie nowych, bardzo wysokich jednostek systematycznych (np. królestw, typów) spowodowane mutacjami genów odpowiedzialnych m.in. za ogólny plan budowy (geny homeotyczne);
- **makroewolucja** – nieodwracalny proces prowadzący do powstania wielu odrębnych cech, dzięki którym organizmy będą zaklasyfikowane do odrębnych, wyższych jednostek systematycznych: rodzajów, rodzin, rzędów, gromad;
- **radiacja adaptatywna** – ewolucyjne różnicowanie się pojedynczej linii rozwojowej, w wyniku którego z jednego gatunku wyjściowego powstaje wiele form przystosowanych do odmiennych środowisk; formy te mogą przekształcić się w nowe gatunki, a następnie w wyższe jednostki systematyczne;
- **koewolucja** – przemiany ewolucyjne zachodzące jednocześnie u różnych gatunków wskutek wzajemnego oddziaływania na siebie, np. koewolucja drapieżnika i ofiary, roślin okrytonasiennych i owadów;
- **dywergencja** – pojawienie się różnic w rozwoju ewolucyjnym danej cechy między spokrewnionymi gatunkami żyjącymi w odmiennych środowiskach (np. różne kształty dziobów u zięb Darwina, zróżnicowanie kończyn u ssaków);
- **ewolucja równoległa (paralelizm)** – powstanie podobnych cech u różnych grup organizmów spowodowane życiem w podobnych warunkach środowiska, np. powstanie wilka workowatego i wilka europejskiego, kreta europejskiego i kreta workowatego;
- **mimikra** – upodabnianie się gatunków bezbronnych do gatunków drapieżnych, jadowitych lub trujących w celu oszukania drapieżników, np. motyl przeziernik oświec przypomina osę, wąż mleczny – koralówkę;
- **mimetyzm** – upodabnianie się gatunków do środowiska np. ubarwieniem (kameleon, ropucha), kształtem ciała (patyczaki), zachowaniem (np. znieruchomienie), aby oszukać drapieżnika lub ofiarę.

WAŻNIEJSZE WYDARZENIA W HISTORII ZIEMI					
era	okres	czas trwania (mln lat)	początek (mln lat temu)	świat roślinny	świat zwierzęcy
kenozoik	czwartorzęd	2	2	okrytozalążkowe (dwuliścienne i jednoliścienne)	ssaki i ptaki
	trzeciorzęd	63	65		ewolucja człowieka
mezozoik	kreda	71	136	nagozalążkowe (paprocie nasienne, miłorzębowate, sagowce, iglaste)	dinozaury (ląd), pterozaurowy (powietrze), ichtiozaury i plejzozaurowy (morze)
	jura	54	190		
	trias	35	225		kotylizaurowy, gady ssakokształtne
paleozoik	perm	55	280	widłaki, skrzypy, paprocie	
	karbon	65	345		plazy (labiryntodonty)
	dewon	50	395	psylofity	„ryby pancerne” (<i>Agnatha</i> , <i>Placodermi</i>)
	sylur	35	430		
	ordowik	70	500	jednokomórkowe glony	trylobity, ramienionogi
	kambr	70	570		
prekambr					pierwsze tkankowce
					pierwotniaki
		4000	4600		

Rozdział 12.

ANTROPOLOGIA – NAUKA O CZŁOWIEKU

ANTROPOLOGIA – NAUKA O CZŁOWIEKU

Ewolucja biologiczna człowieka.....	276
Przodkowie człowieka.....	276
Ważniejsze wydarzenia w historii rodzenia się kultury człowieka.....	278
Stanowisko systematyczne człowieka.....	278
Swoiste cechy gatunkowe człowieka.....	278
Rasy człowieka.....	279

ANTROPOLOGIA – NAUKA O CZŁOWIEKU

Antropogeneza to nauka o pochodzeniu człowieka.

Paleoantropologia zajmuje się zróżnicowaniem kopalnych form przedludzkich i ludzkich oraz ich filogenezą.

Ewolucja biologiczna człowieka

W procesie radiacji adaptatywnej ssaków w erze kenozoicznej wśród **ssaków łożyskowych** powstały **naczelne** (*Primates*). Wykształciły szereg nowych cech, m.in. chwytne kończyny z przeciwnym kciukiem i paluchem, paznokcie, opuszki palców z licznymi receptorami czuciowymi, mózg, wzrok, widzenie stereoskopowe. Rozdzielenie małp człekokształtnych i człowieka nastąpiło około 7 mln lat temu.

Przypuszcza się, że bezpośrednim bodźcem do skierowania ewolucji pewnej linii

małp człekokształtnych na drogę prowadzącą do człowieka były zmiany klimatyczne i środowiskowe związane z powstaniem Rowu Wschodnioafrykańskiego. Na zachód od niego rośnie las tropikalny, w którym do dziś żyją szympansy i goryle. Zachód pokrywała roślinność mozaikowa, składająca się z fragmentów lasu i sawanny. Otwarte tereny sawanny sprzyjały wykształceniu dwunożnego chodu i wyprostowanej postawy ciała. Na płaskim terenie ten sposób poruszania się jest sprawniejszy i uwalnia kończyny górne (zdobywanie i transport pożywienia, wytwarzanie, manipulacja narzędziami).

Przodkowie człowieka

Orrorin z Kenii; Ardipithecus z Etiopii

- obie formy żyły w środowisku zadrzewionym, 6–5 mln lat temu, nie były dobrze przystosowane do chodu dwunożnego.

Australopitek

- 4–2 mln lat temu;
- spionizowana sylwetka;
- dwunożny chód;
- zanik przeciwstawności kciuka stopy;
- niewielki mózg (około 500 cm³);
- zajmował się głównie zbieractwem, rzadko łowiectwem;
- wzrost 1,30 m;
- duże szczęki i zęby, wyraźne kły;
- początki mowy;
- prymitywne narzędzia z kości i kamienia;

Czy wiesz, że...



Człowiek jest kuzynem małp człekokształtnych. Mamy wiele cech wspólnych – brak ogona, ponad 98-procentowe podobieństwo genowe, antygeny grupowe krwi AB0, podobne funkcjonowanie układu nerwowego (szympansy są bliżej spokrewnione z ludźmi niż z gorylami i orangutanami).

- przedstawiciele – *Australopithecus afarensis* (np. Lucy z Etiopii), *A. africanus* (np. dziecko z Taung), *A. robustus*, *A. boisei*;
- około 2,5 mln lat temu powstał rodzaj **Homo** (człowiek) – w dużej mierze mięsożerny, większy mózg z silnie rozwiniętym płatem czołowym i asymetrią (anatomiczną i funkcjonalną) półkul mózgowych (tzw. lateralizacją) związaną z praworęcznością człowieka (małpy są oburęczne, prawdopodobnie australopiteki również były).

Parantropy

- 1 mln lat temu;
- wyprostowana sylwetka;
- masywne szczęki z wielkimi zębami przystosowanymi do rozcierania pokarmu roślinnego;
- boczne odgałęzienie.

Homo habilis (człowiek zręczny)

- 2,5–1,8 mln lat temu;
- pojemność mózgowiny około 700 cm³;
- rozwinięte wały nadczodołowe;
- szczeka i żuchwa wysunięte do przodu (tzw. prognatyzm).

Homo erectus – pitekanthrop (człowiek wyprostowany)

- 1,8–1,7 mln lat temu;
- pojemność mózgowiny około 800–1100 cm³;
- postawa całkowicie wyprostowana;
- zajmował się zbieractwem i łowiectwem;

- wysokość 1,50 m;
- duże szczęki i zęby;
- prognatyzm;
- silne łuki brwiowe;
- prymitywna mowa;
- rozniecał ogień;
- posługiwał się narzędziami z kamienia i kości;
- zasiedlił także Europę i Azję.

Homo sapiens (człowiek rozumny)

- 200–150 tys. lat temu;
- uległ zróżnicowaniu na dwa podgatunki:
 - ♦ *Homo sapiens neanderthalensis* – neandertalczyk (400–24,5 tys. lat temu): znaleziony w Niemczech (w Neanderthalu), zamieszkiwał Europę i zachodnią Azję; przystosowany do surowych, lodowcowych warunków; mocno zbudowany; wydutne wały nadczodołowe; szerokie stopy i ręce; prognatyzm; wzrost 1,50 m; pojemność mózgowiny 1300 cm³; zajmował się zbieractwem, łowiectwem; narzędzia ze staranną obróbką; pierwsza istota, która grzebała swoich zmarłych (pierwsze rytualne pochówki pochodzą sprzed około 100 tys. lat);
 - ♦ *Homo sapiens sapiens* – nowoczesny człowiek rozumny: powstał około 100 tys. lat temu w Afryce; smukła budowa ciała; wzrost 1,70 m; duża

mózgoczaszka (1500 cm^3); cienkie kości czaszki; wysokie czoło; brak wałów nadoczodołowych; cofnięta trzewioczaszka (brak prognatyzmu); małe kły; wystający podbródek; hodowla, rolnictwo, przemysł, urbanizacja; różne języki, religie; narzędzia i wyroby artystyczne; przez około 60 tys. lat współistniał z neandertalczykiem i wyparł go z zajmowanych terenów (niektórzy twierdzą, że się z nim skrzyżował), obecnie stanowiąc jedyną żyjącą formę człowiekowatych.

Ważniejsze wydarzenia

w historii rodzenia się kultury człowieka

- ponad 2 mln lat temu – pojawienie się najstarszych narzędzi, ledwo obrobionych pięściaków;
- 700 tys. lat temu – pierwsze ślady używania ognia;
- 100 tys. lat temu – pierwsze pochówki zmarłych;
- 30 tys. lat temu – pierwsze zabytki sztuki, malowidła naskalne w jaskiniach;
- 10 tys. lat temu – początek uprawy roli i hodowli;
- 5 tys. lat temu – pierwsze miasta.

Stanowisko systematyczne człowieka

Królestwo	Zwierzęta
Podkrólestwo	tkankowce
Typ	strunowce
Podtyp	kręgowce

Gromada	ssaki
Podgromada	ssaki właściwe
Szczep	łożyskowce
Rząd	naczelne
Podrząd	antropoidy
Infrarząd	człękokształtne
Rodzina	człowiekowate
Rodzaj	człowiek
Gatunek	człowiek rozumny (<i>Homo sapiens</i>)

Hominizacja to proces uczłowieczenia polegający na pojawieniu się cech swoiście ludzkich na różnych etapach antropogenezy.

Swoiste cechy gatunkowe człowieka

- spionizowana postawa ciała;
- dwunożny chód;
- wysklepiona, pozbawiona chwytności stopa;
- esowate wygięcie kręgosłupa amortyzujące wstrząsy podczas chodzenia;
- przesunięcie otworu potylicznego pod czaszkę, co umożliwiło lepsze wyważenie głowy na pionowej szyi;
- swoista budowa miednicy;
- ogromny rozwój mózgu związany z nie-spotykaniem bogatym repertuarem zachowań umożliwiającym wytworzenie świadomości, kultury i nauki oraz języka;
- spowolnienie rozwoju osobniczego;
- skrócenie ciąży;
- paraboliczny łuk zębowy;
- mało wydatne kły;
- bródka;
- zanik wałów nadoczodołowych;

- zwiększenie rozmiarów ciała (wzrost około 1,70 m, waga około 70 kg);
- redukcja owłosienia ciała;
- czerwień warg.

Rasy człowieka

- rasa czarna (negroidalna);
- rasa biała (kaukazoidalna);
- rasa żółta (mongoidalna).

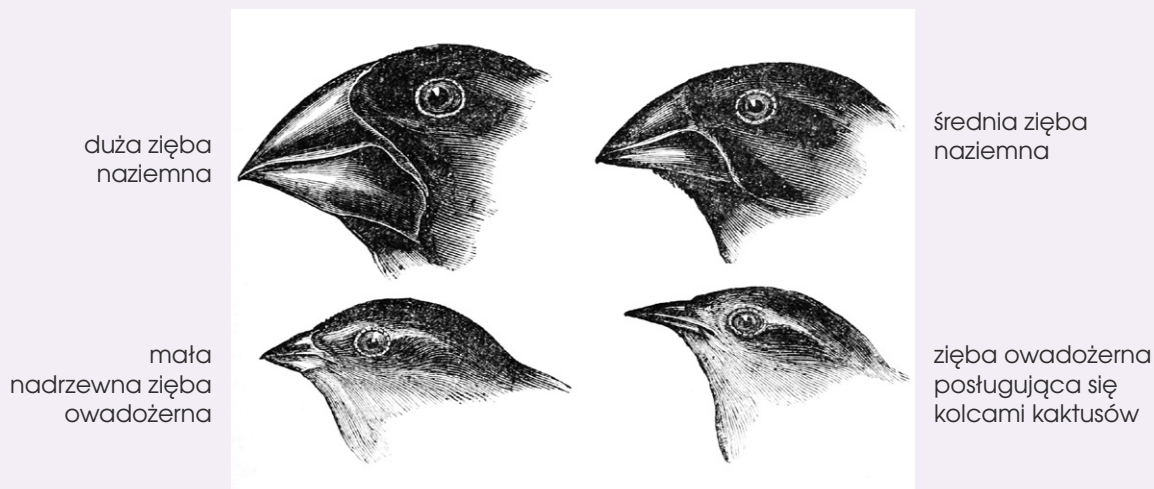
Człowiek jest istotą społeczną. Jego prawidłowy rozwój i funkcjonowanie odbywa się jedynie w otoczeniu innych ludzi.

ZRÓŻNICOWANIE CZŁOWIEKA

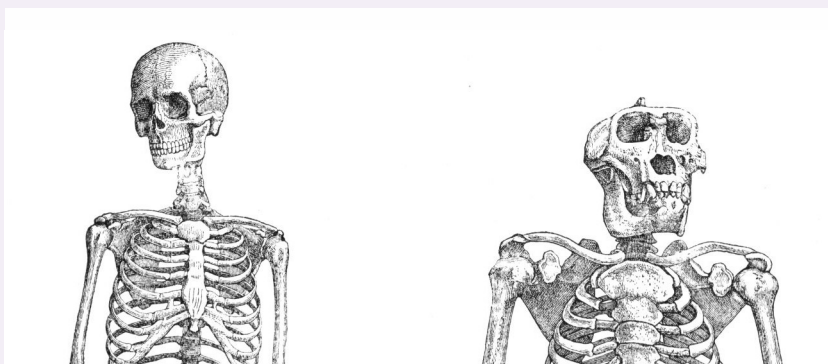
populacja człowieka	warunki środowiska	cecha	wartość przystosowawcza cechy
Inuici (dawniej: Eskimosi)	klimat mroźny	krępe ciała, krótkie kończyny, krótkie nosy	zwarta sylwetka zmniejsza straty ciepła, zmniejszenie wystających części ciała w celu ochrony przed odmrożeniami
mieszkańcy wilgotnych puszczy	klimat ciepły, wilgotny	szerokie nozdrza, niewielkie jamy nosowe	brak konieczności nawilżania i ogrzewania wdychanego powietrza
mieszkańcy suchych terenów (np. Indianie Ameryki Północnej)	klimat suchy	wydatne nosy	konieczność nawilżania wdychanego powietrza
mieszkańcy wysokich gór	powietrze rozrzedzone	krew bogatsza w hemoglobinę	sprawne funkcjonowanie w rozrzedzonym powietrzu, bez ryzyka niedotlenienia
mieszkańcy okolic równikowych	klimat gorący	ciemna skóra kręcone włosy	• melanina zawarta w skórze chroni przed rakotwórczym działaniem silnego promieniowania UV • utrzymanie izolacyjnej warstwy powietrza przy skórze chroni mózg przed udarem słonecznym
mieszkańcy północy (np. Skandynawowie)	klimat chłodny, słabe nasłonecznienie	jasna skóra	niska zawartość melaniny, co umożliwia produkcję witaminy D pod wpływem promieni UV
mieszkańcy azjatyckich stepów	klimat mroźny	fałda mongolska	fałd tłuszczowy górnej powieki chroniący oczy przed odmrożeniami i zmniejszający otwór oka, co zapobiega tzw. śnieżnej ślepotie

Sprawdź się!

1. Na schemacie przedstawiono zięby Darwina zamieszkujące różne wyspy Archipelagu Galapagos. Określ przyczyny zróżnicowania tego gatunku.



2. Na terenach uprzemysłowionej Anglii zaobserwowano zmianę częstości występowania ćmy *Biston betularia*, z jasno ubarwionej na ciemno ubarwioną. Nazwij opisane zjawisko. Czy jest to przykład makroewolucji czy mikroewolucji? Jaki rodzaj doboru jest odpowiedzialny za ten proces? Podaj przyczynę zmiany proporcji przeżywania ciem obu kolorów. Odpowiedź uzasadnij.
3. Podaj swoiste cechy czaszki człowieka. Porównaj ją z czaszką goryla.



SPIS ILUSTRACJI I SCHEMATÓW

Badania biologiczne

Wykres liniowy i diagram słupkowy _____ 13

*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo***Składniki chemiczne organizmów**

Tworzenie wiązania peptydowego _____ 23

*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo***Cytologia – nauka o komórkach**

Komórka eukariotyczna _____ 29

MesserWoland / wikimedia.org

Komórka prokariotyczna _____ 29

*Mariana Ruiz / wikimedia.org***Histologia – nauka o tkankach**

Tkanki zwierzęce _____ 44

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Nabłonki jednowarstwowe _____ 46

OpenStax College / wikimedia.org

Nabłonki wielowarstwowe _____ 47

OpenStax College / wikimedia.org

Komórki tkanki chrzęstnej _____ 48

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Definicja surowicy krwi _____ 50

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Organizacja tkanki mięśniowej _____ 54

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Schemat budowy sarkomeru _____ 54

Ewa Rux / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Schemat budowy neuronu _____ 56

*Nicolas.Rougier / wikimedia.org*Klasyfikacja neuronów ze względu
na budowę _____ 56*Juoz8 / Jonathan Haas / wikimedia.org*

Budowa synapsy chemicznej _____ 57

Dake / wikimedia.org

Skład perydermy _____ 62

*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo***Metabolizm**

Kataliza enzymatyczna _____ 68

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Definicja holoenzymu _____ 68

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Lokalizacja procesu fotosyntezy u roślin _____ 73

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Schemat fazy jasnej _____ 73

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Schemat cyklu Calvina _____ 74

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Mechanizmy homeostatyczne _____ 78

*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo***Różnorodność organizmów żywych**

Cykl lizogeniczny _____ 84

Suly12 / Adenosine / wikimedia.org

Podział morfologiczny bakterii _____ 90

Mariana Ruiz / wikimedia.org

Cykl życiowy protistów wielokomórkowych _____ 95

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Koniugacja u orzęsków _____ 97

*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo*Cykl rozwojowy protistów jednokomórkowych
diplodalnych _____ 99*Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo*

Cykl rozwojowy mchu jednopiennego _____ 104

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Budowa mchu płonnika _____ 104

Morphart Creation / shutterstock

Cykle rozwojowe paprotników _____ 106

Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo

Skrzyp polny _____	107	Budowa naczyń krwionośnych _____	177
<i>barbulat / fotolia.com</i>		<i>Kelvinsong / wikimedia.org</i>	
Powstawanie woreczka żółtkowego _____	110	Schemat krzepnięcia krwi _____	178
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
Budowa pierwotna i wtórna korzenia _____	115	Wytwarzanie przeciwciał _____	184
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
Budowa pierwotna i wtórna łodygi _____	116	Schemat budowy i działania nefronu _____	186
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>Alila Medical Media / shutterstock.com</i>	
Rozgałęzienia pędów _____	117	Budowa stawu _____	190
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>wikimedia.org</i>	
Nerwacja liści _____	118	Budowa gamet _____	195
<i>Agnieszka Kwiecień / wikimedia.org</i>		<i>ducu59us / shutterstock.com</i>	
Typy ulistnienia _____	118	Gametogeneza _____	196
<i>Nova / wikimedia.org</i>		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
Rodzaje liści _____	119	Kończyna dolna _____	199
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>Mariana Ruiz Villarreal / wikimedia.org</i>	
Budowa kwiatostanu _____	120	Genetyka	
<i>Nikitina Olga / shutterstock.com</i>		Rodowód z chorobą dziedziczną _____	248
Typy kwiatostanów _____	120	<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
<i>Nikitina Olga / shutterstock.com</i>		Ekologia	
Cykl rozwojowy <i>Synchytrium</i> _____	135	Tolerancja ekologiczna _____	252
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
Budowa lancetnika _____	152	Populacje _____	255
<i>Morphart / fotolia.com</i>		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
Zwierzęta – systematyka _____	154	Różnorodność biologiczna	
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		Wykres funkcjonowania gatunku _____	266
Podział ryb ze względu na kierunek		<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>	
wędrówek _____	155	Antropologia – nauka o człowieku	
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>		Zięby Darwina _____	280
Budowa i funkcjonowanie organizmu		<i>John Gould / wikimedia.org</i>	
człowieka		Czaszki człowieka i goryla _____	280
Przewód pokarmowy człowieka _____	167	<i>wikimedia.org</i>	
<i>Jacek FH / wikimedia.org</i>			
Schemat budowy serca człowieka _____	175		
<i>Urszula Sokół / Kaja Mikoszevska / wyd. Lingo</i>			

SPIS TABEL

Składniki chemiczne organizmów

Mikroelementy.....18

Makroelementy.....19

Aminokwasy.....23

Cytologia – nauka o komórkachPorównanie komórki prokariotycznej
z eukariotyczną.....28Porównanie komórki roślinnej
i zwierzęcej.....30Podział rybosomów ze względu
na wielkość.....34

Porównanie mitozy i mejozy.....41

Histologia – nauka o tkankachPodział nabłonków jednowarstwowych
ze względu na budowę.....46Podział nabłonków wielowarstwowych
ze względu na budowę.....47

Rodzaje tkanki chrzęstnej.....49

Rodzaje tkanki kostnej.....49

Rodzaje tkanki łącznej właściwej.....50

Podział leukocytów: granulocyty.....53

Podział leukocytów: agranulocyty.....53

Rodzaje tkanki mięśniowej.....55

Podział tkanek merystematycznych
według pochodzenia.....60

Podział tkanek stałych.....61

Tkanki okrywające u roślin.....62

Porównanie tkanek roślinnych.....64

Metabolizm

Klasyfikacja enzymów.....69

Porównanie substratów i produktów
głównych przemian metabolicznych.....79Porównanie oddychania tlenowego
i beztlenowego.....79**Różnorodność organizmów żywych**Taksony stosowane we współczesnych
systemach klasyfikacji.....82Najważniejsze choroby wywołane
przez wirusy.....87–88

Choroby bakteryjne.....93–94

Przegląd najważniejszych grup glonów.....98

Protisty chorobotwórcze.....100-101

Przystosowanie roślin do życia
na lądzie.....103Porównanie środowiska wodnego
i lądowego.....103

Cykle rozwojowe paprotników.....106

Porównanie roślin nagonasiennych
i okrytonasiennych.....111Porównanie roślin jednoliściennych
i dwuliściennych.....112

Typy ulistnienia.....118

Klasyfikacja owoców.....121

Formy ekologiczne roślin:Podział roślin ze względu na gospodarkę
wodną.....123Podział roślin ze względu
na zapotrzebowanie na światło.....123Mechanizmy transportu wody
i jonów.....125

Reakcje fotoperiodyczne roślin na warunki oświetlenia (długość dnia i nocy)_____	129	Jajniki – pęcherzyki jajnikowe	
Klasyfikacja ruchów roślin_____	130	Graafa_____	217
Wpływ hormonów na aktywność fizjologiczną roślin_____	132	Jajniki – ciało żółte_____	217
Cykle rozwojowe wybranych pasożytów_____	142	Komórki śródmiąższowe jąder (Leidiga)_____	217
Cykle rozwojowe wybranych nicieni_____	144	Nadnercza – kora_____	218
Porównanie wybranych gromad stawonogów_____	148	Nadnercza – rdzeń_____	218
Podział cech lancetnika na prymitywne (charakterystyczne dla bezkręgowców) i ewolucyjnie zaawansowane (charakterystyczne dla strunowców)_____	153	Genetyka	
Porównanie kijanki i postaci dorosłej_____	157	Choroby genetyczne człowieka:	
Budowa i funkcjonowanie organizmu człowieka		Choroby autosomalne spowodowane mutacjami genowymi_____	232–233
Układ pokarmowy człowieka_____	166	Choroby genomowe (aneuploidy)_____	234
Pochodzenie narządów człowieka z listków zarodkowych_____	198	Choroby sprzężone z płcią spowodowane mutacjami genowymi_____	234
Działanie hormonów gruczołów dokrewnych:		Wybrane cechy człowieka dziedziczne wielogenowo_____	234
Podwzgórze_____	214	Typy determinacji płci organizmów_____	236
Szyszynka_____	214	Ewolucja biologiczna	
Grasica_____	214	Ważniejsze wydarzenia w historii Ziemi_____	274
Przedni płat przysadki mózgowej_____	215	Antropologia – nauka o człowieku	
Przytarczyce_____	215	Zróznicowanie człowieka_____	279
Tarczyca_____	216		
Trzustka – komórki α wysp trzustkowych Langerhansa_____	216		
Trzustka – komórki β wysp trzustkowych Langerhansa_____	216		

NOTATKI:

POLSKI MATEMATYKA ANGIELSKI HISTORIA WOS

6 KLASA

- Korepetycje szóstoklasisty
- Zbiory zadań szóstoklasisty
- Testy szóstoklasisty



GIMNAZJUM

- Korepetycje gimnazjalisty
- Testy i zadania gimnazjalisty
- Fiszki gimnazjalisty



NASZ CEL:
MATURA
ZDANA NA 100%

MATURA

- Korepetycje maturzysty
- Matura w kieszeni
- Fiszki maturzysty

**DOMOWE KOREPETYCJE
TYLKO Z OLDSCHOOL!**



**egzamin
.guru**
www.egzamin.guru

LINGO

języki nieobce

nowa jakość w nauce
języków obcych

angielski niemiecki rosyjski hiszpański francuski włoski



Kursy i multimedia

Samouczki „Raz a dobrze”
+ pakiety multimedialne
Superkursy z płytami CD MP3



Repetytoria i niezbędniki

Egzaminy językowe:
nowa matura, FCE, CAE



Rozmówki ze słowniczkiem

Rozmówki „Mów śmiało!” z wymową
Rozmówki „Powiedz to!” z CD MP3



Publikacje elektroniczne

eBooki
audiobooki
aplikacje mobilne i interaktywne

www.jezykynieobce.pl