

REFORMA
2017

BIOLOGIA

podręcznik

Oznaczono
zmiany
i wykreślenia

E-book
na eduranga.pl

**PODSTAWA
2024**



8

szkoła podstawowa

Drogi WSiP,

Nigdy bym nie publikowała publicznie książek wydawnictw, które działają na uczciwych zasadach.

Wasza firma jednak promuje masowy dodruk, całkowicie niepotrzebnych książek, które mogłyby być zastąpione wersjami elektronicznymi!

Co prawda e-booki są dostępne na waszej stronie, jednak:

- W przeciwieństwie do fizycznej książki, licencja na e-book kończy się po roku. Oznacza to, że jeżeli moja córka chciałaby powtórzyć sobie całą wiedzę do matury, musiałabym jej kupić wszystkie wasze książki od nowa.
- Waszych e-booków nie da się pobrać! Wymagają one dostęp do internetu, co uniemożliwia ich użycie na naszej wsi, gdzie zasięg jest ograniczony.
- Wasze e-booki nie działają na telefonach komórkowych!
- Wasze e-booki sprzedawane są po tej samej (albo wyższej) cenie co regulame książki. Cena e-booka powinna być niższa, gdyż e-booki wymagają elektronicznego czytnika (tabletu)!

Czas rozpocząć nową erę, w której papier nie jest bezczelnie marnowany dla pieniędzy.

Przedstawiam e-book, który spełnia wszystkie oczekiwania uczniów.

Dbajmy o środowisko, zróbmy to dla młodych pokoleń.

Spis treści

O podręczniku	4
---------------------	---



Dział 1. Podstawy dziedziczenia cech

1. Budowa i znaczenie DNA	6
2. Rola DNA jako substancji dziedzicznej	10
3. Chromosomy i geny. Znaczenie mitozy i mejozy w życiu organizmów	15
4. Zasady dziedziczenia cech	22
5. Dziedziczenie wybranych cech u człowieka	29
6. Dziedziczenie grup krwi u człowieka	33
7. Dziedziczenie płci u człowieka i cech sprzężonych z płcią	37
8. Podsumowanie działu	42



Dział 2. Zmienność genetyczna i ewolucjonizm

9. Przyczyny i skutki mutacji	50
10. Choroby genetyczne	56
11. Źródła wiedzy o ewolucji organizmów	60
12. Dobór naturalny i sztuczny	68
13. Miejsce człowieka w świecie organizmów	75
14. Podsumowanie działu	83



Dział 3. Podstawy ekologii

15. Co to jest ekologia i czym się zajmuje?	90
16. Charakterystyczne cechy populacji	96
17. Oddziaływania antagonistyczne. Konkurencja. Pasożytnictwo	102
18. Drapieżnictwo. Roślinożerność	110
19. Oddziaływania nieantagonistyczne. Współpraca międzygatunkowa	117
20. Zależności pokarmowe między organizmami	122
21. Podsumowanie działu	130



Dział 4. Różnorodność biologiczna – przejawy, użytkowanie i ochrona

22. Abiotyczne czynniki środowiska	138
23. Tolerancja ekologiczna. Skala porostowa	144
24. Odnawialne i nieodnawialne zasoby przyrody ...	151
25. Różnorodność biologiczna. Gospodarcze użytkowanie ekosystemów	157
26. Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej	164
27. Formy ochrony przyrody w Polsce	169
28. Podsumowanie działu	177
Indeks	185

O podręczniku

Podręcznik został podzielony na 4 działy. Na końcu każdego z nich znajduje się podsumowanie z najważniejszymi treściami do zapamiętania.

[illegible][illegible][illegible]

Pytania zamieszczone pod każdym tematem zwrócą twoją uwagę na omawiane zagadnienia i wzbudzą zainteresowanie.

Ciekawe i atrakcyjne **infografiki** ułatwią ci zrozumienie omawianych treści i zachęcą do poznawania biologii.

Proste obserwacje
proponowane w **Zbadaj**
ułatwią ci zrozumienie wielu
zjawisk biologicznych.

124 • Podkaszanie rośliny

Rola drapieżnictwa

Z punktu widzenia przemian ewolucyjnych drapieżnictwo może odgrywać ważną rolę w bioocenozach, ponieważ reguluje ich liczebność oraz. Drapieżniki wyróżniają z populacji oraz osobniki najwzrostsze do zabicia – w ten sposób eliminują osobniki słabsze i mniej dostosowane (choro, łaknie, niepotrafiące się zapłodnić). Powoduje to nieprzecie odwrócenie napływu dostosowanych (dobrze nadanych) w populacji oraz i utwierdzenie lepszych osob.

Zmniejszenie liczebności oraz osobu konkurencyjną wewnątrzgatunkowo napływa mniej, dzięki czemu osobniki, które przeżyją, mogą zwiększyć dostęp do zasobów środowiska.

Regulowanie liczebności oraz umożliwia przetrwanie innych gatunków w podkaszaniu występujących pokarmowych czy środowiskowych. Zapewnia to naturalne osłabienie niekorzystnej populacji oraz, który mógłby zaburzyć równowagę bioceozy.

Warto pamiętać, że relacje drapieżnik-ofiara są złożone i mogą ulegać w czasie przyspieszonym zmianom.

Rolizobozerność

Przykładem relacji antagonizmy jest, w której jedna organizm zjada drugi, jest nierzadkość. Rolizobozerność zwać wyłączenie rośliny. Należy do nich wiele osobów (np. motyle i ich larwy), różdźne flakty (np. wirusowiki), czepie glabów (np. ziemniaki, kukurydza), owadów (np. samy, krecie, światek, leżący, dżok).

Rolizobozerność roślin zjadają rośliny w czasie, długie wywołują roślin przetrwać i może być zregenerować. Zjadanie roślin lub ich części oraz trawienie jest możliwe dzięki hamowaniu przyswajania w budowie organizmów rolizobozernych.

Paźli, które zjadają np. nasionami, mają charakterystyczny sposób budowy ciała. Osady wykorzystują specjalne aparaty gębowe. Słaki rolizobozerność należą do przetwarzania, np. jęczmień, owies, mnisz, mają charakterystyczne cięcie języczkowate i są drapieżnikami) owadów, w których zachodzi wieloletnie trawienie części stałej pokarmu (składnika tkanki komórkowej w rośliny). Pokarm z jęczmienia z powrotem do języczek gębowych, gęzki jest przetwarzany.

WARTO WIEDZIEĆ

Drapieżstwo rośliny

Wśród roślin występują takie rośliny pasożytnicze, np. rzodkiew muchobobów. Wykorzystując one charakterystyczne liście popłożone, wyposażone we włoski przysługujące wyśledzeniu kępy, dają, do której przylatują lub drobne malarstwo, np. osady. Później liście zwijają się i tworzą malarstwo rzodkiewki wywołują w rośliny. Żyłki w liściach kępy ulokują w koku malarstwa, tworzącach, torowiskach. Jest samowytwarzanie chlorofilu, które są dla rośliny zabić.

Rolizobozerność (Drozdzie rolizobozerny)

Wśród roślin występują takie rośliny pasożytnicze, np. rzodkiew muchobobów. Wykorzystując one charakterystyczne liście popłożone, wyposażone we włoski przysługujące wyśledzeniu kępy, dają, do której przylatują lub drobne malarstwo, np. osady. Później liście zwijają się i tworzą malarstwo rzodkiewki wywołują w rośliny. Żyłki w liściach kępy ulokują w koku malarstwa, tworzącach, torowiskach. Jest samowytwarzanie chlorofilu, które są dla rośliny zabić.

114

[illegible]

Temat 4. Właściwości biologiczne – przystąpienie do egzaminu

■ Wybrane czynniki abiotyczne ograniczające rozmieszczenie organizmów

temperatura wilgotność światło azotowa substancje odżywcze

■ Krzywa tolerancji ekologicznej

Funkcjonowanie organizmu w środowisku zależy od ilości określonych czynników. Istnieje pewien zakres minimalnego i maksymalnego. Najbardziej odpowiednie dla organizmu są wartości średnie, zmieniając je, obserwujemy

PODZIAŁ ORGANIZMÓW ZE WZGLĘDU NA ZAKRES TOLERANCJI

Eurybionty

organizmy o szerokim zakresie tolerancji

Stenobionty

organizmy o wąskim zakresie tolerancji

■ Organizmy wskaźnikowe

- **Organizmy wskaźnikowe (bioindykatory)** – gatunki o wąskim zakresie tolerancji na określone czynniki środowiska

głoby bogactwa wapienia

głoby suchoty

głoby kwaśnoty

178

Warto wiedzieć – z tych sekcji dowiesz się więcej na temat zagadnień prezentowanych na lekcji.

Dzięki **Zapamiętaj** szybko uporządkujesz zdobyte wiadomości, a **Polecenia** umożliwią ci sprawdzenie wiedzy.

Podsumowania działów
ułatwią powtórzenie
materiału przed kartkówką
lub sprawdzianem, a zadania
w **Sprawdź, co umiesz** pomogą
ci utrwalić wiadomości.

Pamiętaj, by odpowiedzi do wszystkich zadań zamieszczonych w podręczniku zapisywać w zeszycie przedmiotowym.



zmiany i wykreślenia według podstawy programowej 2024

1

Podstawy dziedziczenia cech



Wirusy mogą przenieść geny (DNA) z komórek jednego człowieka do drugiego.

U człowieka posiadanie sześciu palców u stóp to cecha recesywna.

Chromosom Y zawiera gen SRY, który jest niezbędny do rozwoju jąder.

1

Budowa i znaczenie DNA

Z tej lekcji dowiesz się:

- dlaczego jesteśmy do siebie podobni, ale nie tacy sami;
- czy nasze cechy są gdzieś zapisane;
- co kieruje pracą każdej komórki;
- jak jest zbudowane DNA.

Cechy organizmów

Łatwo rozpoznać słonia, bo jest bardzo duży i ma trąbę. Łatwo również rozpoznać żyrafę po jej długiej szyi. Obecność trąby i długiej szyi to cechy tych organizmów. Dzięki takim i wielu innym cechom naukowcy dokonali klasyfikacji, czyli przypisali organizmy do grup systematycznych – wyodrębnili królestwa, gromady, rzędy, rodziny, rodzaje i gatunki. Organizmy należące do danej grupy systematycznej wyróżniają się wieloma wspólnymi cechami. Jednocześnie mają cechy indywidualne, którymi różnią się między sobą. Na przykład wszystkie słonie są duże i mają trąby. Jednak niektóre z nich są większe (lub mniejsze) niż inne, a ich trąby są różnej długości. Podobnie jest wśród ludzi. Wszyscy mamy cechy gatunku

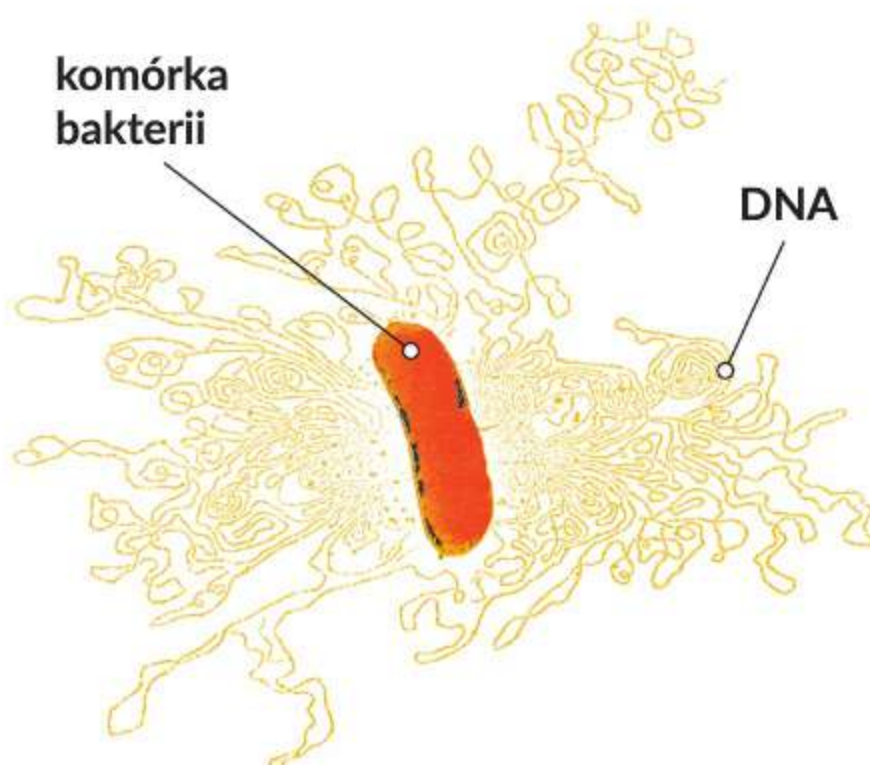
człowiek rozumny (*Homo sapiens*) – m.in. duży mózg, oczy z przodu głowy i dwunożny chód. Nie ma jednak dwojga absolutnie identycznych ludzi.

Budowa i rola DNA

Informacja o cechach organizmu jest zapisana w cząsteczkach związku chemicznego – **kwasu deoksyrybonukleinowego** – zwanego w skrócie DNA. Związek ten znajduje się głównie w jądrze komórkowym i jest jego najważniejszym składnikiem.

Cząsteczka DNA składa się z dwóch spiralnie skręconych wokół wspólnej osi, równo odległych od siebie nici. Kształt takiej cząsteczki jest nazywany **podwójną helisą**. Każda z nici cząsteczki DNA jest zbudowana z połączonych ze sobą szeregowo i powtarzających się wielokrotnie jednostek – **nukleotydów**. Poszczególne nukleotydy nieznacznie różnią się budową.

Wyróżnia się cztery rodzaje nukleotydów, które są oznaczane literami: **A, T, C, G** (od nazw zasad azotowych wchodzących w ich skład). Łączą się one w ściśle określonym porządku: nukleotyd oznaczony literą **A** łączy się tylko z nukleotydem oznaczonym literą **T**, natomiast nukleotyd **C** z nukleotydem **G**. Kolejność nukleotydów w jednej nici jest zatem wyznaczana przez kolejność nukleotydów w drugiej nici. Cechę tę nazywamy **komplementarnością**.

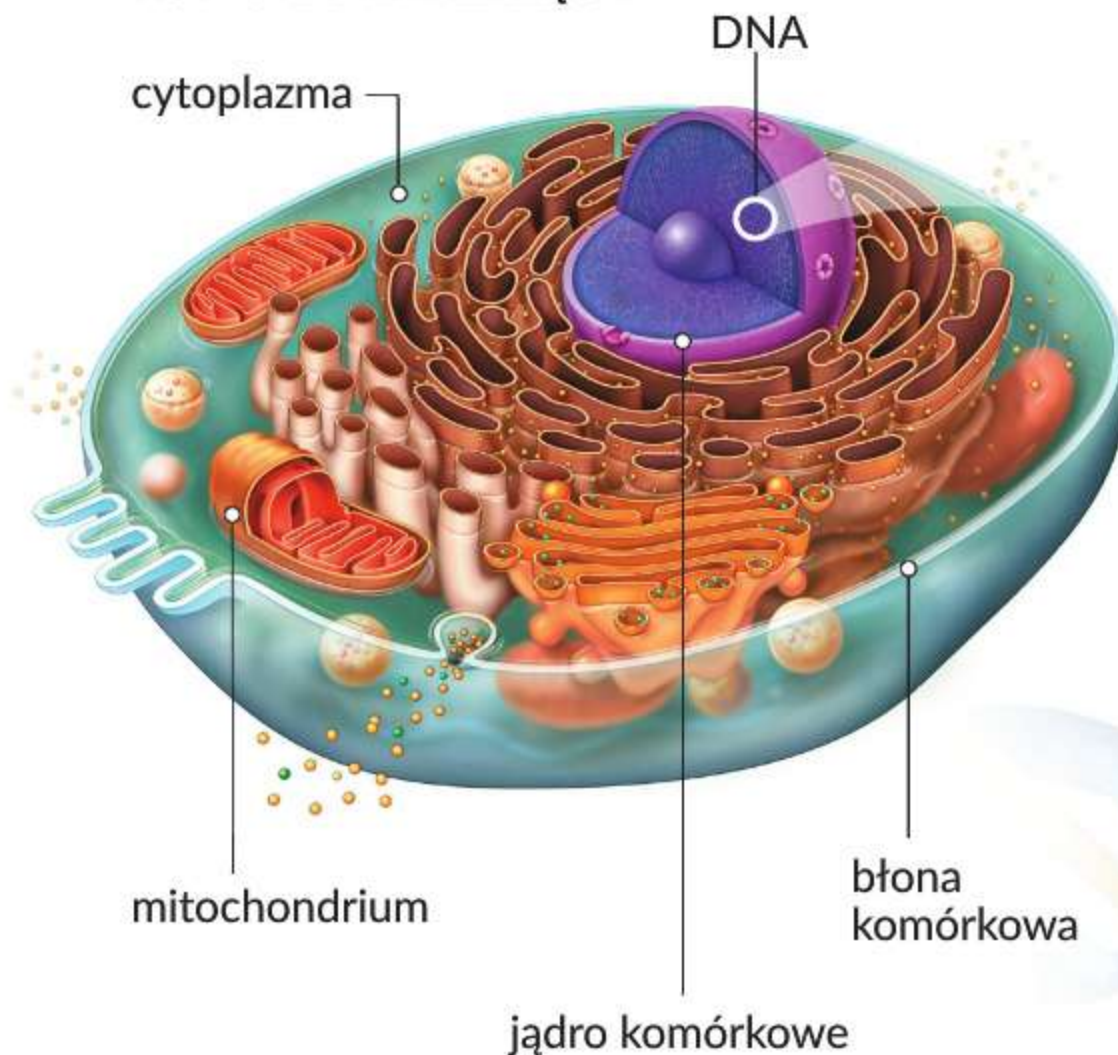


▲ Komórka bakterii, z której uwolniono DNA

Budowa DNA

Cząsteczka DNA składa się z dwóch nici, z których każda jest zbudowana z nukleotydów.

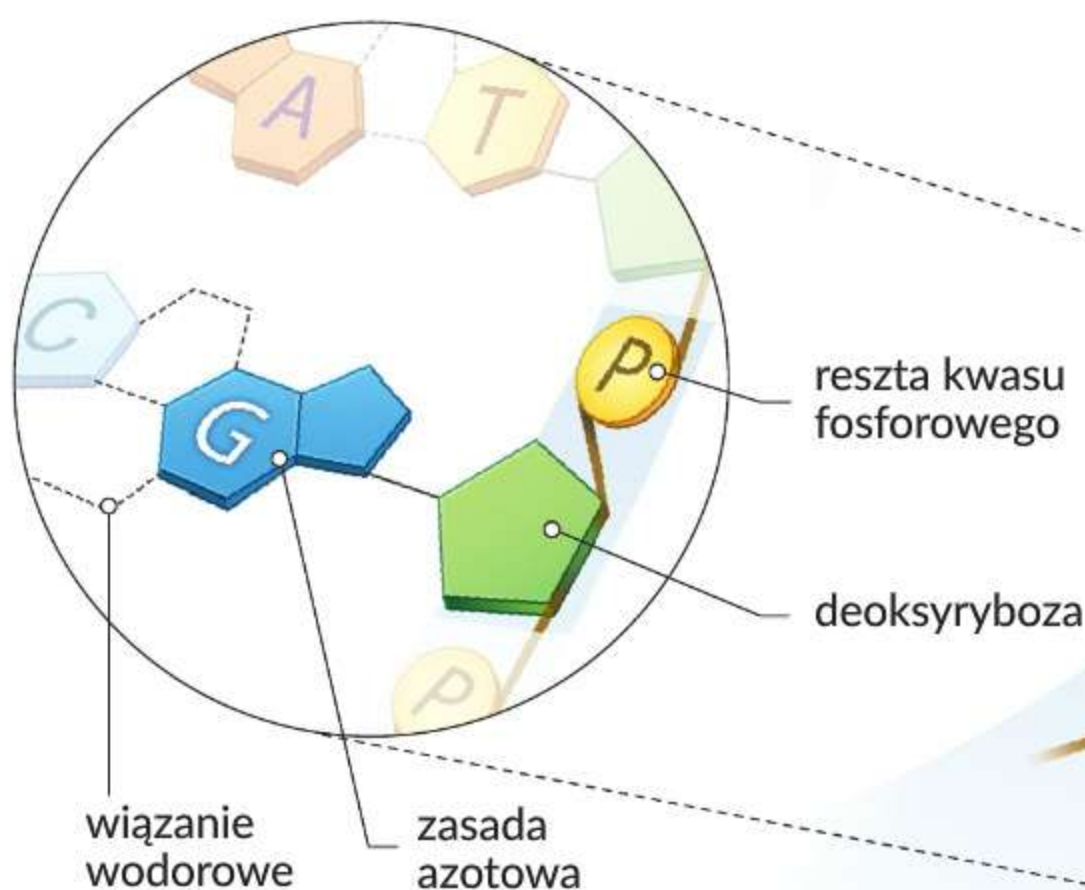
KOMÓRKA ZWIERZĘCA



CZĄSTECZKA DNA

Obie nici DNA są ze sobą splecione w podwójną helisę, przypominającą skręconą drabinę.

BUDOWA NUKLEOTYDU



nukleotyd cytozynowy

nukleotyd guaninowy

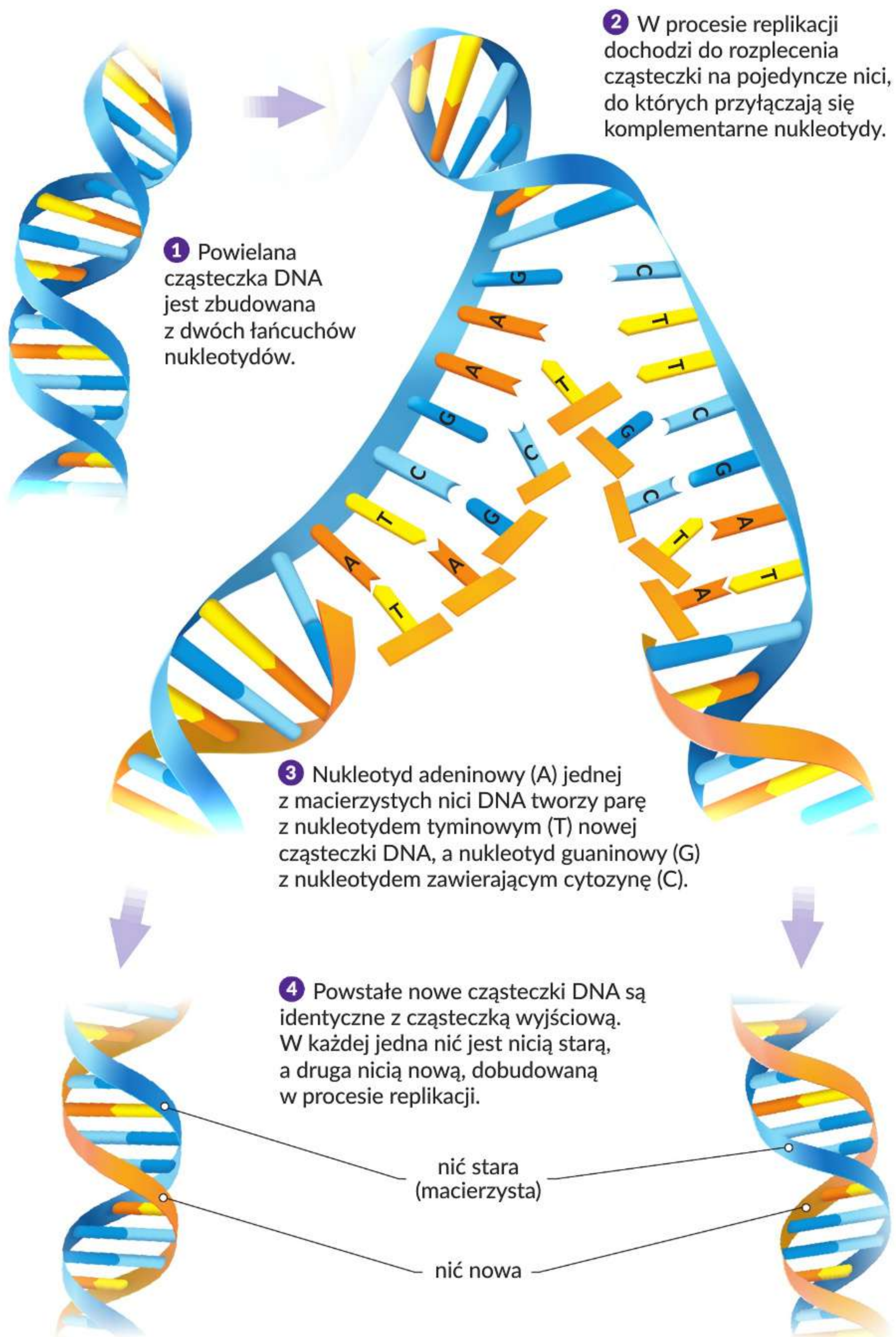
nukleotyd tyminowy

nukleotyd adeninowy

Każda z nici cząsteczki DNA jest zbudowana z połączonych ze sobą nukleotydów. Są cztery rodzaje nukleotydów: adeninowy (A), tyminowy (T), guaninowy (G) i cytozynowy (C). Nukleotydy A i T oraz G i C łączą się w pary. Każdy nukleotyd składa się z: **cukru (deoksyrzybozy), reszty kwasu fosforowego oraz zasady azotowej** (adeniny, tyminy, guaniny lub cytozyny). Zasady azotowe są skierowane do wnętrza cząsteczki DNA. Zasady z jednej nici łączą się słabymi wiązaniami wodorowymi z zasadami z drugiej nici.

■ Powielanie DNA (replikacja)

Proces replikacji służy powieleniu (podwojeniu) DNA przed podziałem komórkowym. Polega na dobudowaniu nowych nici do każdej z dwóch nici macierzystej cząsteczki DNA.



W jednej komórce organizmu (z wyjątkiem bakterii) znajduje się wiele cząsteczek DNA. Cząsteczka DNA jest bardzo długa i cienka. Aby wszystkie cząsteczki DNA (np. u człowieka łącznie ponad 2 m) zmieściły się w jądrze komórkowym o rozmiarach kilku mikrometrów (czyli milionowych części metra), muszą być odpowiednio zwinięte, a właściwie nawinięte na odpowiednie białka. Jeśli porównamy zwinięte cząsteczki DNA do kłębków wełny, to jądro komórkowe przypomina koszyk wypełniony takimi kłębkami.

Podczas podziałów komórkowych DNA przybiera postać charakterystycznych struktur, zwanych **chromosomami** (o których dowiesz się więcej podczas kolejnych lekcji).

DNA zawiera kompletną informację dotyczącą budowy i funkcjonowania organizmu.

Powielanie DNA

Podczas podziałów komórkowych informacja o cechach organizmu zawarta w DNA jest przekazywana do komórek potomnych. Aby wszystkie komórki otrzymały taką samą porcję tej samej informacji, DNA jest powielane (podwajane). Każda komórka potomna otrzymuje po jednej z dwóch kopii informacji o cechach organizmu.

Powielanie DNA zachodzi podczas procesu zwanego **replikacją**. W wyniku replikacji z każdej cząsteczki DNA powstają dwie nowe cząsteczki, komplementarne do cząsteczki wyjściowej.

Prawie każda zmiana (błąd w replikacji) w DNA może wywołać zaburzenia w przebiegu procesów wewnątrz komórek potomnych. Dlatego dokładność i kompletność powielania DNA są tak ważne dla życia i funkcjonowania komórek.

ZAPAMIĘTAJ

- DNA jest zbudowane z tysięcy nukleotydów należących do czterech rodzajów. Są to nukleotydy: A (adeninowy), T (tyminowy), C (cytozynowy), G (guaninowy).
- Cząsteczka DNA składa się z dwóch nici tworzących podwójną helisę.
- Nukleotydy z przeciwległych nici cząsteczki DNA łączą się słabymi wiązaniami zgodnie z zasadą komplementarności.
- W wyniku replikacji – procesu powielania DNA – z jednej cząsteczki DNA powstają dwie cząsteczki, które są takie same jak cząsteczka macierzysta.
- Właściwy (bezbłędny) przebieg replikacji jest gwarancją prawidłowego funkcjonowania komórek.
- W DNA jest zapisana informacja o cechach i funkcjonowaniu organizmu.

POLECENIA

1. Określ, gdzie w komórce znajduje się DNA i jaką pełni funkcję.
2. Podaj, w jaki sposób jest zbudowana cząsteczka DNA.
3. Opisz przebieg i znaczenie replikacji.
4. Wyjaśnij, dlaczego bezbłędny przebieg replikacji jest ważny dla prawidłowego funkcjonowania komórek.

2 Rola DNA jako substancji dziedzicznej

Z tej lekcji dowiesz się:

- czy wszystkie cechy rodziców można odziedziczyć;
- w jaki sposób nasze cechy są zapisane w DNA;
- jak ujawniają się cechy organizmu.

Dziedziczenie, cechy dziedziczne i niedziedziczne

Nasze cechy są zapisane w DNA. Odczytanie tej informacji odbywa się codziennie w każdej komórce każdego organizmu. Jest to konieczne, aby zachodziły reakcje chemiczne podtrzymujące procesy życiowe, dzięki którym organizm rośnie i się rozwija, a także kształtują się jego budowa i wygląd.

Ludzie dawno zauważyli, że potomstwo wszystkich organizmów ma cechy rodziców. Przekazywanie z pokolenia na pokolenie cech rodziców potomstwu określamy mianem **dziedziczenia**. Po rodzicach można odziedziczyć barwę oczu, włosów, kształt nosa czy podatność na określone choroby. Nie można natomiast odziedziczyć cech, które zależą od trybu życia czy wpływu środowiska, np. tatuażu, blizny po skaleczeniu czy masy mięśni uzyskanej dzięki treningowi. Cechy, które mogą być przekazane z pokolenia na pokolenie (z rodziców na dzieci),

nazywamy **cechami dziedzicznymi**. Te cechy, które zostały nabyte w ciągu życia, określa się jako **cechy niedziedziczne**.

Zapis informacji o cechach organizmu, geny

Informacje o cechach komórek, np. o budowie błony komórkowej czy barwie kwiatów, są zapisane w DNA i przekazywane potomstwu w trakcie rozmnażania.

Rozpatrzmy przykład barwy kwiatów. Wytwarzanie różnych substancji, np. barwników w komórkach płatków kwiatów, zachodzi podczas reakcji chemicznych z udziałem enzymów (białek). Enzymy ułatwiają (a czasami wręcz umożliwiają) przebieg takich reakcji chemicznych, które prowadzą do wytworzenia substancji – w tym przypadku barwników – i są odpowiedzialne za określoną cechę organizmu (jego barwę). To właśnie budowa białek jest zapisana w DNA.

PRZYKŁADOWE CECHY DZIEDZICZNE		PRZYKŁADOWE CECHY NIEDZIEDZICZNE	
			
barwa włosów	barwa oczu	blizna	tatuaż

Na przykład czerwona barwa kwiatów grochu zwyczajnego jest spowodowana obecnością czerwonego barwnika w komórkach płatków. Do zajścia reakcji tworzenia barwnika jest niezbędny enzym, czyli białko. Budowa tego białka jest zapisana w DNA. W kwiatach, w których nie następuje odczytanie informacji o enzymie, reakcja tworzenia czerwonego barw-

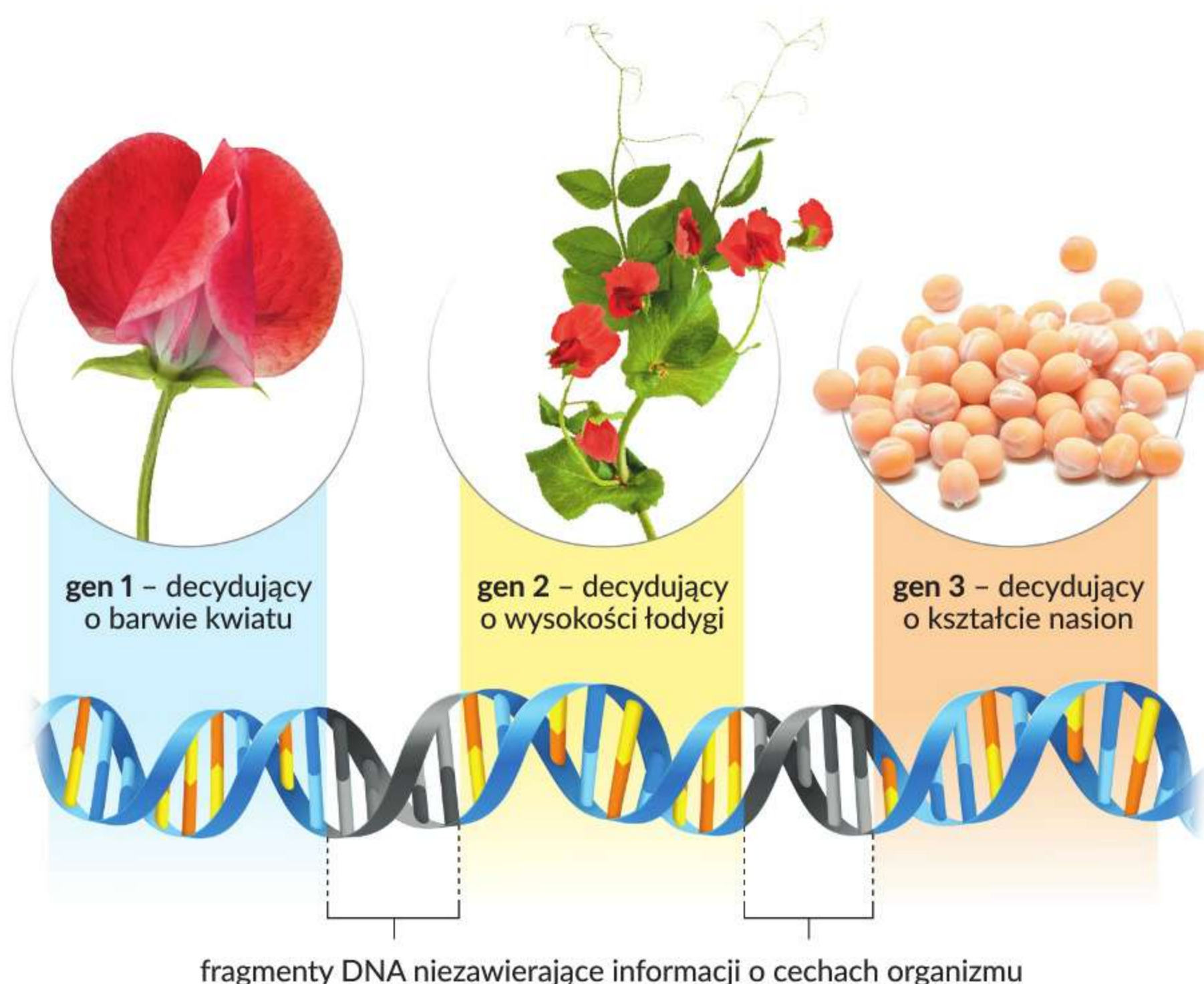
nika nie zachodzi i kwiaty są białe. Przykład ten ilustruje, w jaki sposób zawarta w DNA informacja o białku może wpływać na cechę organizmu.

Informacje o cechach organizmu zajmują stałe miejsca w DNA. Odcinek DNA zawierający informację o budowie białka nazywamy **genem**. Białka, o których mowa, uczestniczą w budowie komórki

■ Geny

Cząsteczka DNA zawiera tysiące genów odpowiedzialnych zarówno za cechy przejawiające się w wyglądzie zewnętrznym, jak i za przebieg procesów chemicznych zachodzących wewnątrz każdego organizmu. Geny są ułożone na nici DNA liniowo – jeden za drugim.

Geny w przedstawionym na rysunku fragmencie DNA zawierają informację o białkach niezbędnych do powstania różnych cech organizmu. Gen 1 jest odpowiedzialny za barwę kwiatów, gen 2 – za wysokość rośliny, a gen 3 – za kształt nasion.



Każdy gen odpowiada za budowę białka, a więc także za określoną cechę organizmu.

i tkanek lub pełnią funkcje enzymów odpowiadających za przebieg procesów chemicznych w komórkach. Geny są rozdzielone fragmentami niezawierającymi informacji o białkach.

Odczytywanie informacji zapisanej w genach

Proces tworzenia białka polega na odczytywaniu informacji o jego budowie, zawartej w DNA, a następnie wytworzeniu cząsteczki białka na podstawie tej informacji. W celu wyjaśnienia tego procesu porównajmy DNA do książki kucharskiej, a białko do ciasta. Aby upiec ciasto na

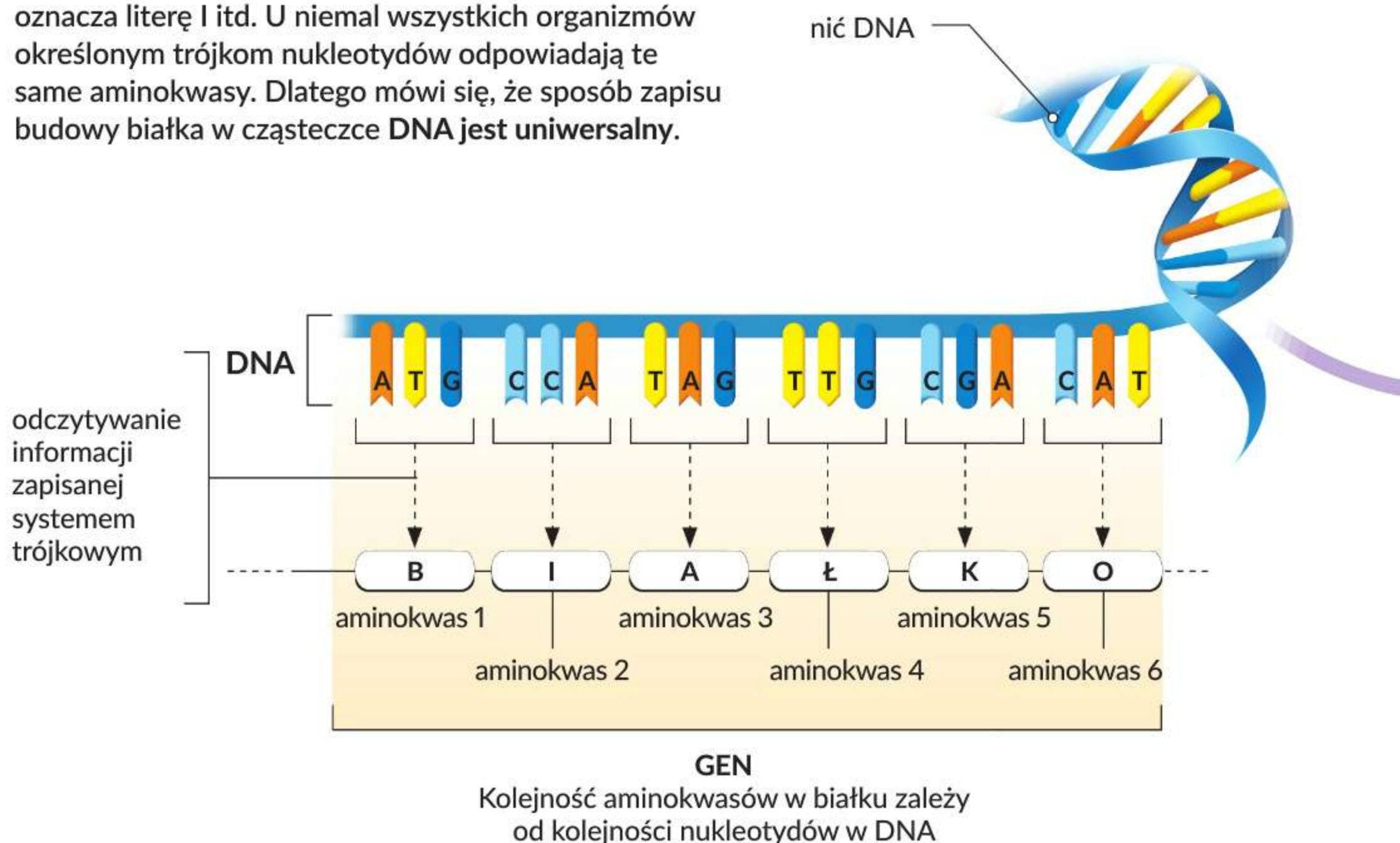
podstawie przepisu, najpierw należy odczytać informacje zawarte w tym przepisie, a następnie zgodnie z nimi przygotować ciasto.

W DNA są zawarte kompletne informacje o wszystkich białkach organizmu.

Odczytywanie całej informacji genetycznej o wszystkich białkach nie odbywa się w tym samym czasie. W danej chwili są odczytywane tylko informacje potrzebne organizmowi na bieżąco. Podobnie jest w wypadku przepisów z książki kucharskiej – jednego dnia możesz skorzystać z przepisu na szarlotkę, innego dnia – z przepisu na kotlety.

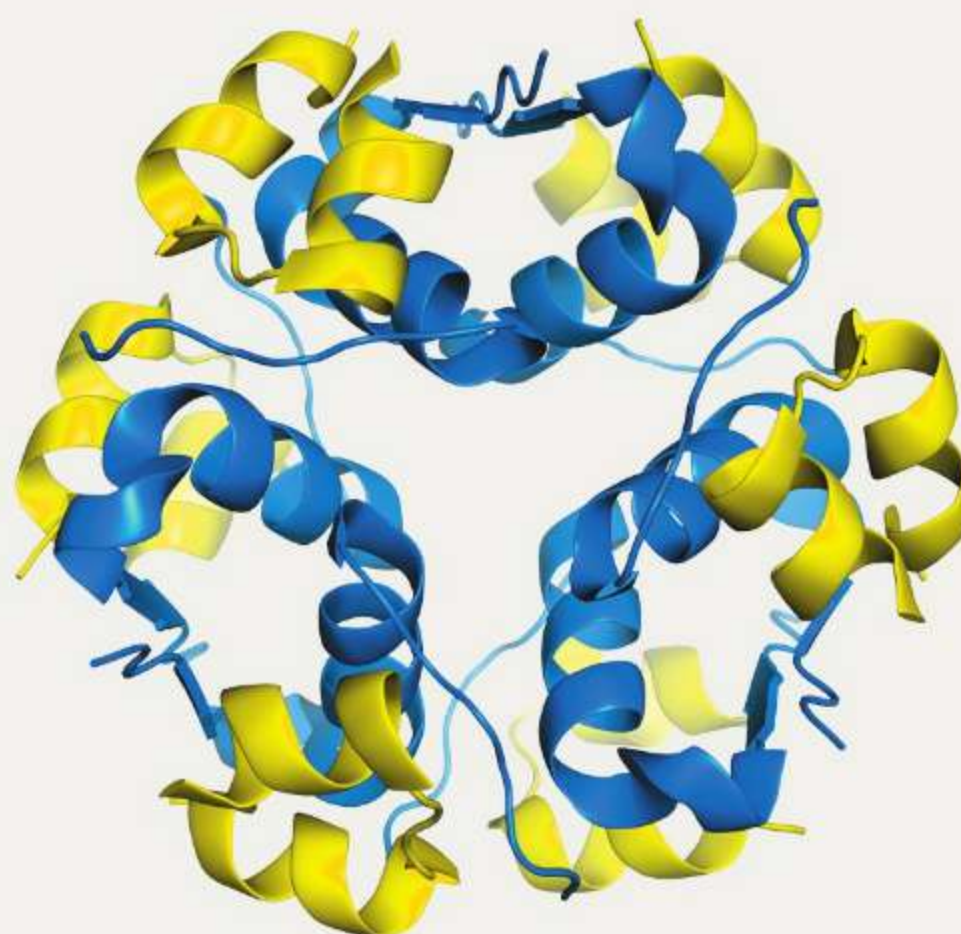
■ Sposób zapisu informacji o białku i jej odczytywanie

Aminokwasy – podstawowe elementy budujące białko – są symbolizowane przez litery słowa B I A Ł K O. Trójka nukleotydów ATG z DNA oznacza literę B ze słowa BIAŁKO, kolejna trójka – CCA – oznacza literę I itd. U niemal wszystkich organizmów określonym trójkom nukleotydów odpowiadają te same aminokwasy. Dlatego mówi się, że sposób zapisu budowy białka w cząsteczce DNA jest uniwersalny.



WARTO WIEDZIEĆ**Wielkość białek**

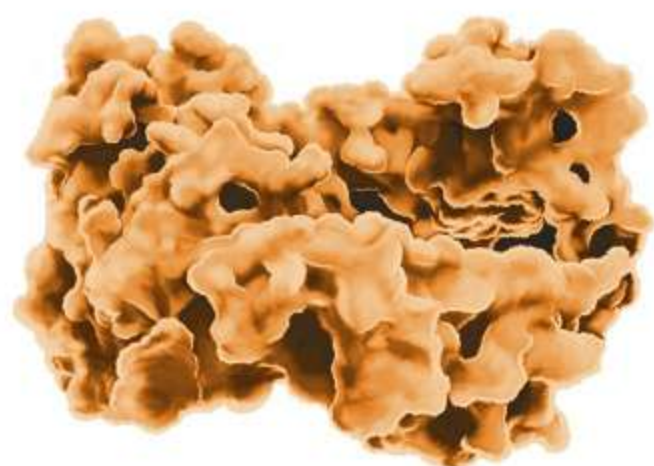
Zarówno geny, jak i białka mają różne rozmiary. Małe białko, takie jak insulina, składa się z niewielkiej liczby aminokwasów (51), a informacja o jego budowie jest zapisana w genie zbudowanym z nieco ponad 150 nukleotydów. Natomiast duże białko, takie jak hemoglobina, zawiera ok. 600 aminokwasów i do jego utworzenia potrzeba 1800 nukleotydów.



■ Jak ujawniają się cechy organizmu

Geny znajdujące się w DNA odpowiadają za budowę białek i w związku z tym za cechy organizmu. Bezbłędne odczytanie informacji o cechach organizmu jest kluczowe, ponieważ budowa każdego białka wyznacza jego funkcję.

GEN → BIAŁKO → CECHA

**BIAŁKO**

Kolejność aminokwasów decyduje o kształcie i funkcji cząsteczki białka. Z funkcji białka wynika cecha organizmu.

**CECHA ORGANIZMU**

Odczytanie informacji o białku odpowiedzialnym za barwę kwiatu doprowadziło do wytworzenia czerwonego barwnika.

WARTO WIEDZIEĆ

Badania genów człowieka

Ludzkie DNA zawiera ok. 20 tysięcy genów z informacją o białkach. Badania dotyczące budowy genów człowieka trwają już od połowy XX w. Prace, których wyniki opublikowano w 2001 r., przyniosły zaskakujące rezultaty. Okazało się, że geny z informacją o białkach stanowią jedynie ok. 2% DNA, a rola pozostałych odcinków DNA jest nadal badana. Ponadto stwierdzono, że człowiek ma nieco mniej genów, niż początkowo zakładano.



człowiek
– 20 tys. genów



muszka owocowa
– 15 tys. genów



bakteria, pałeczka okrężnicy
– 4 tys. genów

ZAPAMIĘTAJ

- Cechy dziedziczne to cechy przekazywane z pokolenia na pokolenie.
- Cechy niedziedziczne to te, które zostały wykształcone w ciągu życia i nie są przekazywane następnemu pokoleniu.
- Informacja o cechach organizmu jest zapisana w DNA i dziedziczona.
- Gen to odcinek DNA zawierający informację o budowie białka.
- Wytwarzanie białka odbywa się na podstawie informacji zapisanej w DNA.
- Bezbłędne odczytywanie informacji o białkach jest ważne dla prawidłowego funkcjonowania komórek.

POLECENIA

1. Podaj po dwa przykłady cech dziedzicznych oraz cech nabytych (niedziedzicznych), występujących u człowieka.
2. Wyjaśnij, co to jest gen.
3. Określ, jaki jest związek pomiędzy genem a cechą organizmu.
4. Wyjaśnij, dlaczego bezbłędne odczytywanie informacji o białkach jest ważne dla komórek.

3 Chromosomy i geny. Znaczenie mitozy i mejozy w życiu organizmów

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to są chromosomy i ile ich mamy;
- w jakim celu komórki się dzielą;
- jak przebiegają podziały komórkowe podczas gojenia się ran, a jak podczas tworzenia komórek płciowych.

Chromosomy

W jądrze komórkowym organizmu eukariotycznego DNA występuje w postaci charakterystycznych struktur związanych z białkami, czyli **chromosomów**.

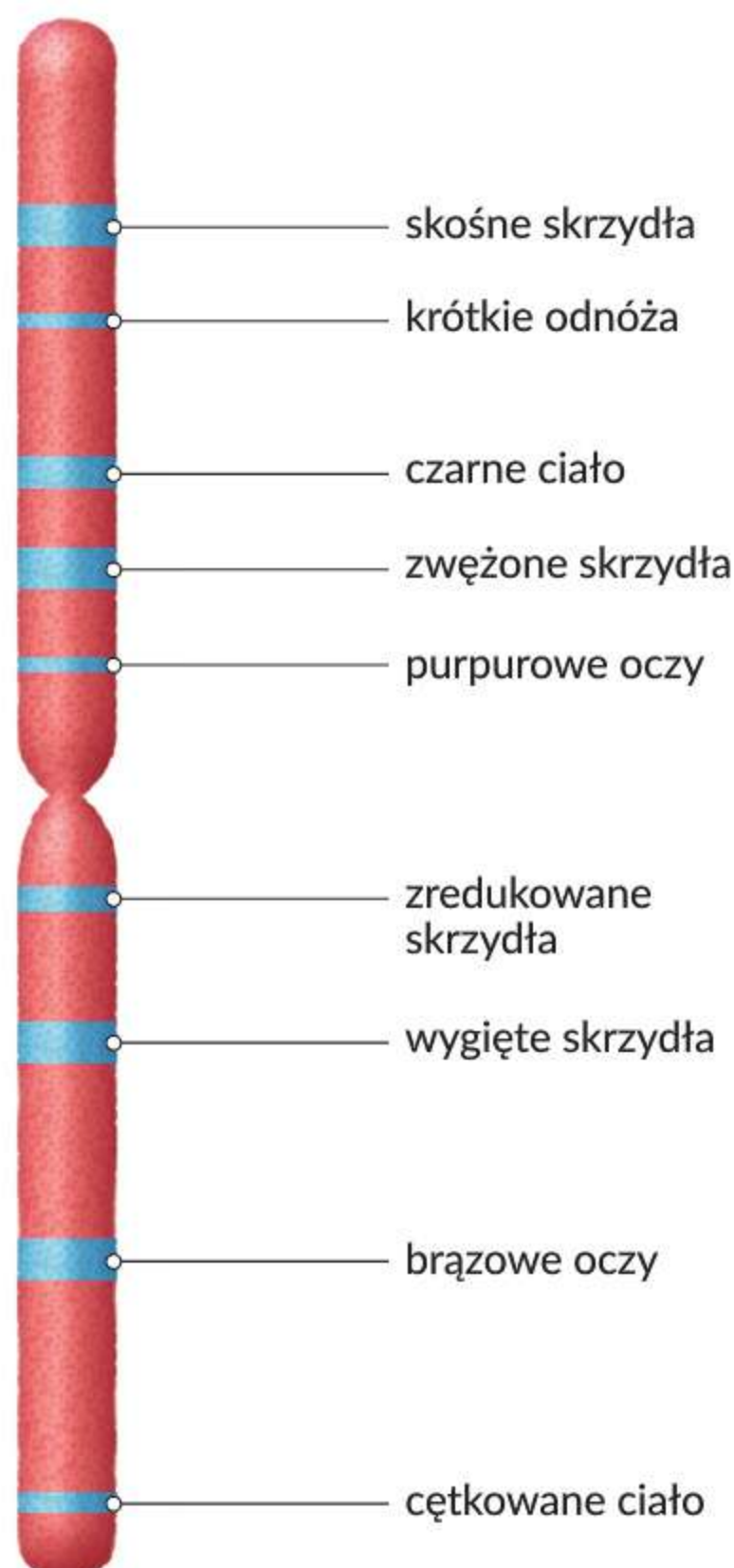
W ciągu niemal całego życia komórki chromosomy są bardzo cienkie i długie. Zawierają jedną cząsteczkę DNA. Przed podziałem stają się grube i krótkie. Przybierają kształt litery X. Składają się wówczas z dwóch identycznych cząsteczek DNA, zwanych **chromatydami**, które powstały podczas replikacji. Chromatydą są ze sobą połączone w miejscu przewężenia określanym jako **centromer**.

Chromosomy zawierają odcinki, czyli **geny**, w których są zapisane informacje o białkach. Geny w chromosomach są ułożone liniowo, czyli jeden za drugim. Podczas podziału komórki chromosomy są tak duże, że można je obejrzeć pod mikroskopem świetlnym, sfotografować lub policzyć.

Organizmy należące do jednego gatunku mają określoną liczbę chromosomów, a więc w każdej komórce ciała liczba chromosomów jest taka sama. Na przykład w komórkach ciała muszki owocowej jest po osiem, a w komórkach ciała człowieka – po czterdzieści sześć chromosomów.

■ Przykładowe rozmieszczenie genów w chromosomie muszki owocowej

Na chromosomie oznaczono miejsca występowania genów odpowiedzialnych za wybrane cechy muszki owocowej.



Liczba zestawów chromosomów

Chromosomy różnią się między sobą kształtem i wielkością. Podczas ich obserwacji zauważono, że w danej komórce każdy chromosom ma swój odpowiednik – drugi chromosom o identycznym kształcie i takiej samej wielkości – z którym tworzy parę. W komórkach ciała większości organizmów eukariotycznych chromosomy występują parami, co szczególnie dobrze widać podczas podziałów komórkowych. Te chromosomy nazywamy **chromosomami homologicznymi (siostrzanymi)**.

W jądrze komórkowym każdej komórki ciała człowieka (poza plemnikami i komórkami jajowymi) znajdują się **23 pary chromosomów** – razem 46 chromosomów.

Komórkę, która ma podwójny zestaw chromosomów, nazywamy **komórką diploidalną**. Oznacza się ją symbolem **2n**.

Komórki płciowe (gamety) – plemniki i komórki jajowe – są pod tym względem wyjątkowe. Zawierają po jednym chromosomie z każdej pary; u człowieka są to 23 chromosomy.

Komórki zawierające pojedynczy zestaw chromosomów nazywamy komórkami **haploidalnymi**. Oznacza się je symbolem **1n** lub **n**.

Na każdym z pary chromosomów homologicznych znajdują się geny warunkujące tę samą cechę. Komórki haploidalne zawierają tylko po jednym genie odpowiedzialnym za daną cechę.

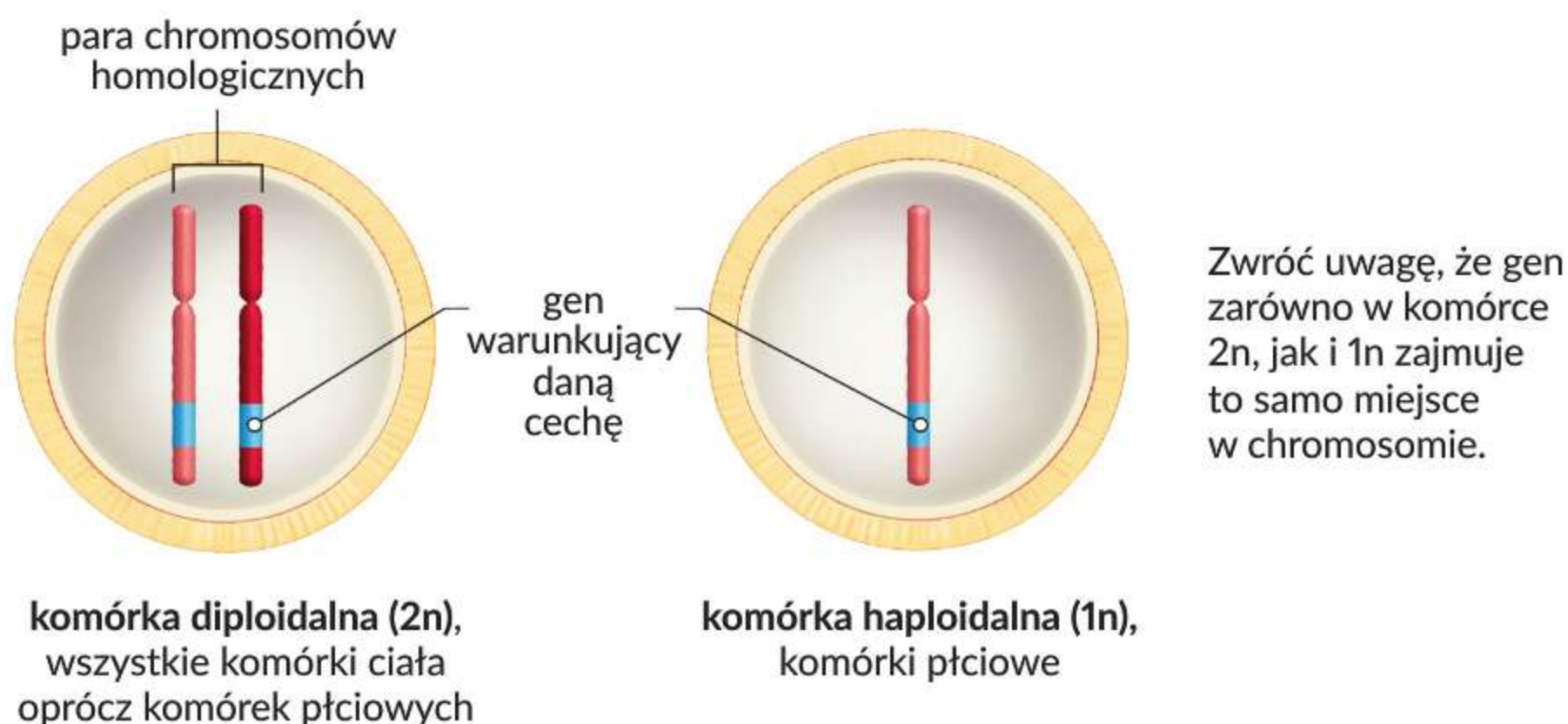
WARTO WIEDZIEĆ

Liczba chromosomów w komórkach różnych organizmów

Liczba chromosomów jest charakterystyczna dla gatunku.

ORGANIZM	LICZBA CHROMOSOMÓW
muszka owocowa	8
ziemniak	48
mysz	40
człowiek	46
pies	78

Ułożenie genów w komórce diploidalnej i haploidalnej



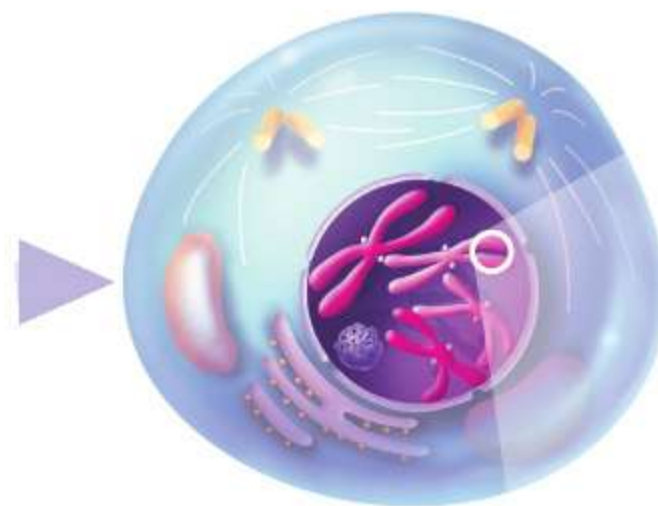
■ Chromosomy

Jądro komórkowe zawiera wiele cząsteczek DNA zorganizowanych w struktury zwane chromosomami. Każdy chromosom przed podziałem komórki składa się z dwóch identycznych chromatyd, z których każda zawiera jedną cząsteczkę DNA.

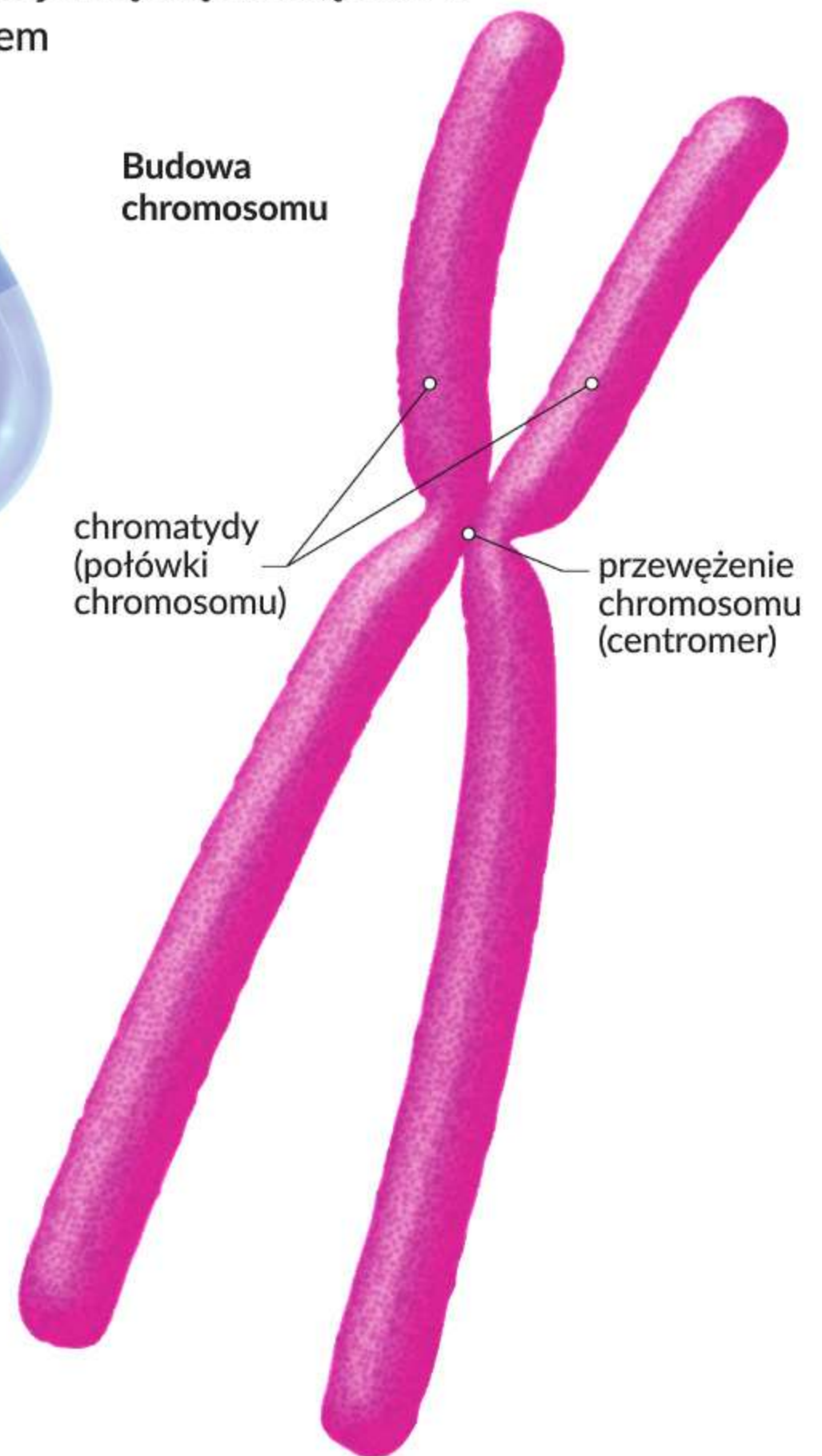
Chromosomy różnią się m.in. wielkością i miejscem występowania centromeru.



Przez większość życia komórki DNA w jądrze ma postać luźnych nici, dzięki czemu w każdej chwili mogą być z niego odczytywane potrzebne informacje.



Przed podziałem komórki (po replikacji) nici DNA zwijają się i tworzą charakterystyczne struktury – chromosomy, które są grube i krótkie.

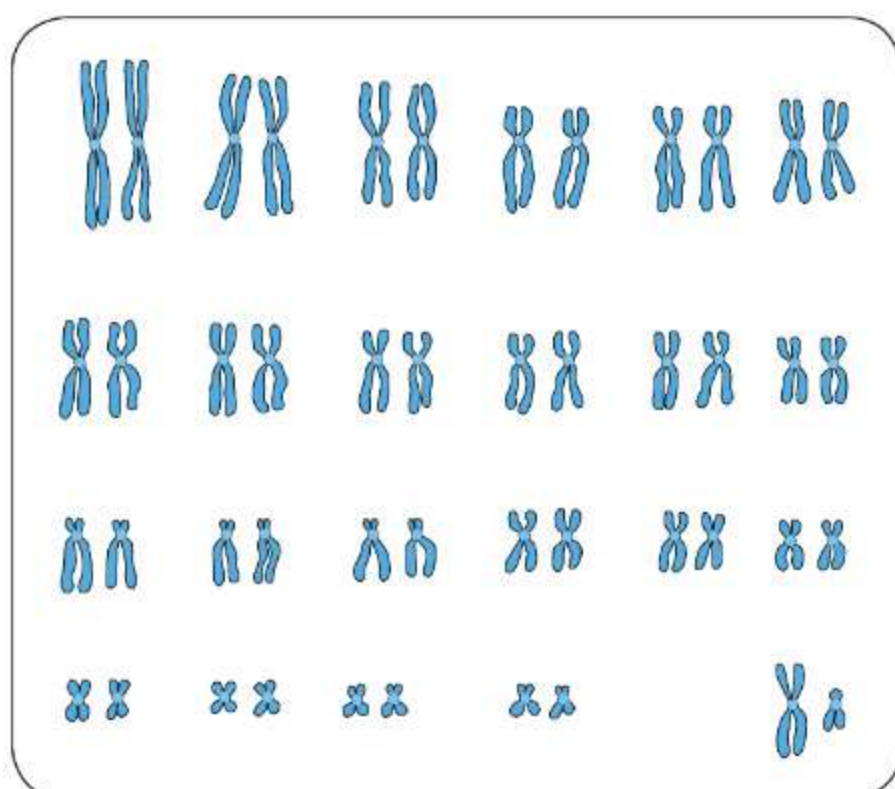


Budowa chromosomu

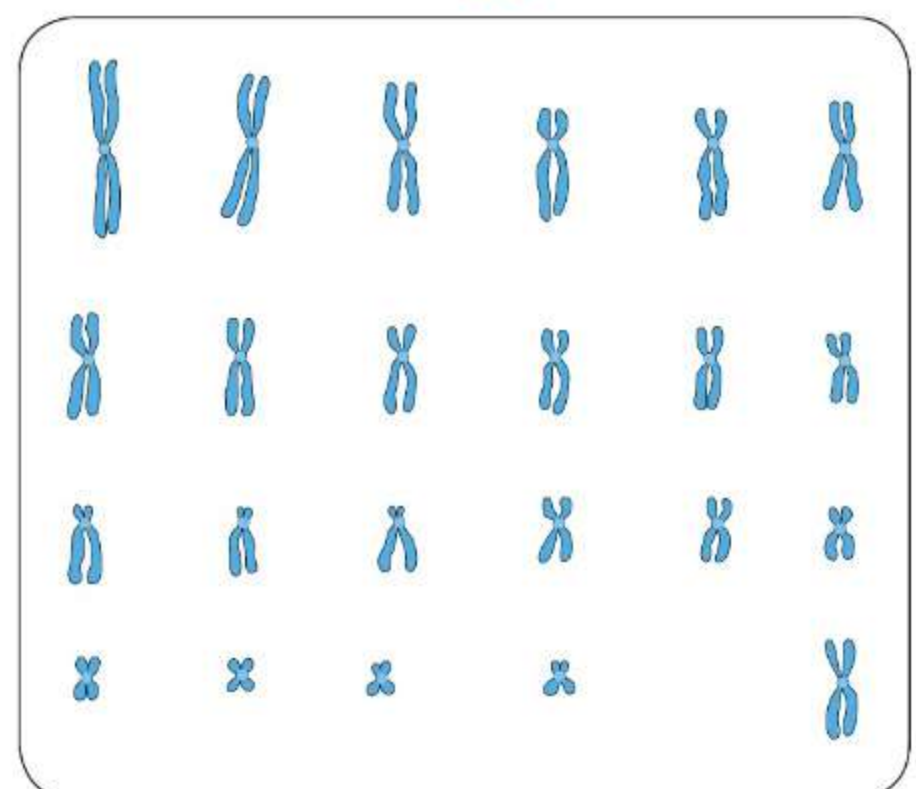
chromatyd
(połówki chromosomu)

przewężenie chromosomu
(centromer)

W komórkach ciała człowieka znajduje się 46 chromosomów, a w gametach dwukrotnie mniej.

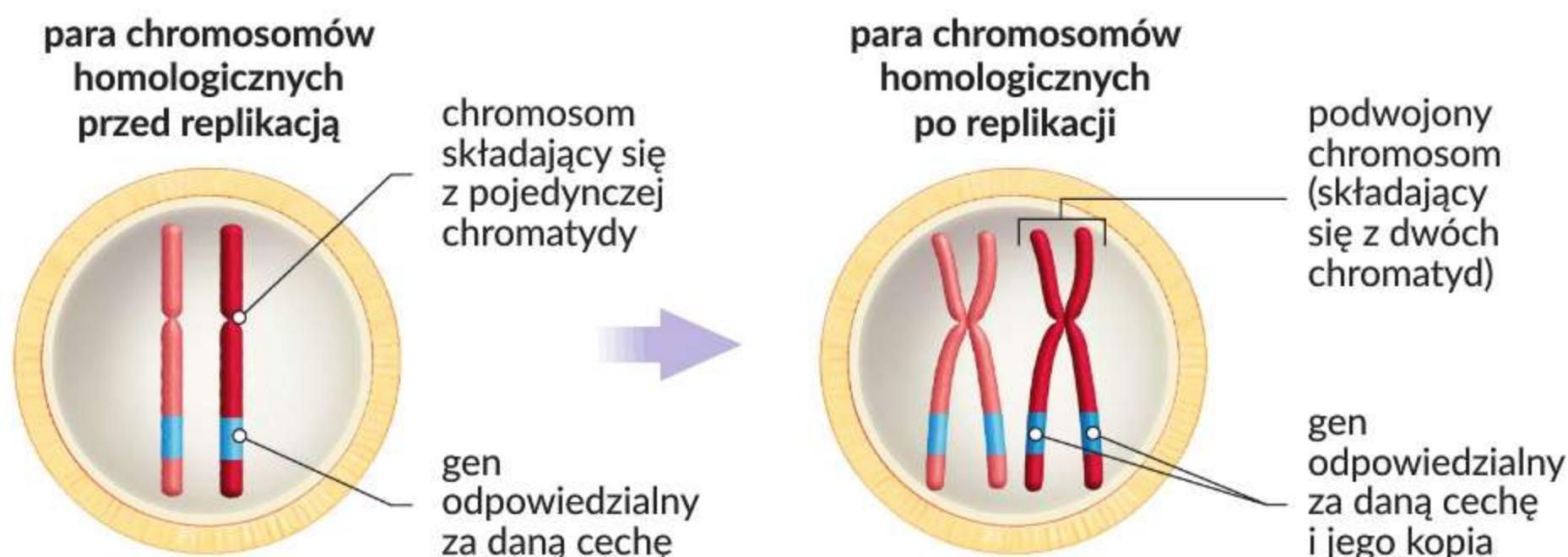


zestaw chromosomów człowieka w komórce diploidalnej ($2n$)



zestaw chromosomów człowieka w komórce haploidalnej ($1n$)

■ Powielanie informacji o cechach komórki podczas replikacji w parze chromosomów homologicznych



Podziały komórek – mitoza

Każda komórka diploidalna powstaje w wyniku podziału komórkowego innej komórki diploidalnej. Aby komórki potomne były takie same jak komórka macierzysta, należy podzielić na równe części jej zawartość, w szczególności zawartość jądra komórkowego, czyli DNA. Najlepszym sposobem równego podziału DNA jest podwojenie jego ilości (replikacja), a następnie przekazanie w równych częściach do dwóch nowych komórek.

Przed podziałem komórkowym każdy chromosom, czyli osobna cząsteczka DNA, podwaja się – od tego momen-

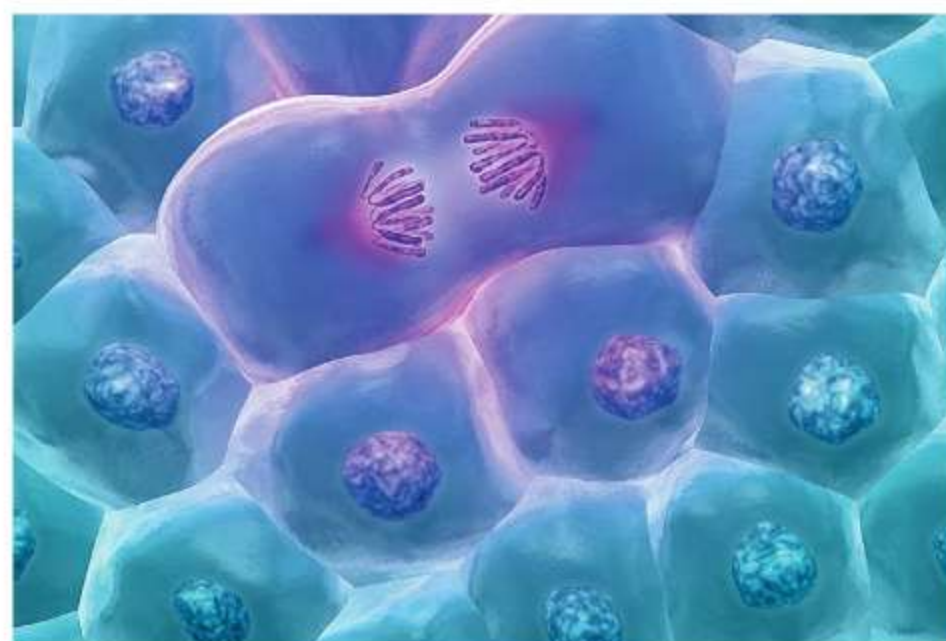
tu składa się z dwóch chromatyd. Każda chromatyda zawiera takie same geny, jakie ma chromosom na początku replikacji.

W trakcie podziału komórkowego wszystkie podwojone chromosomy dzielą się na połowy. Po zakończeniu podziału komórki macierzystej (wyjściowej) komórki potomne mają taką samą informację o cechach organizmu jak komórka wyjściowa.

Podział komórki, w którego wyniku powstają dwie komórki potomne, a każda z nich zawiera taką samą liczbę chromosomów jak komórka macierzysta, nazywamy **mitozą**.



▲ Rozmnażanie się organizmu jednokomórkowego (protist zwierzęcy) w drodze mitozy



▲ Jedna z faz mitozy w komórce ludzkiej. Można zaobserwować podział całej komórki

Jakie znaczenie ma mitoza?

Mitotyczny podział komórki zachodzi u **jednokomórkowych organizmów jądrowych**, zaliczanych głównie do protistów oraz częściowo do roślin i grzybów. Niektóre spośród tych organizmów są formami haploidalnymi, a inne formami diploidalnymi. Protisty zwierzęce, takie jak amebe, jednokomórkowe zieleńce i niektóre grzyby (drożdże) tworzą potomne osobniki w procesie mitozy.

W przypadku organizmów wielokomórkowych szczególnie intensywne podziały komórkowe występują podczas **wczesnych etapów rozwoju** kiedy te organizmy intensywnie rosną. Jednak np. drzewa rosną przez całe życie, co jest wynikiem podziałów mitotycznych. W organizmie człowieka w wyniku podziałów mitotycznych nieustannie są tworzone nowe komórki, np. komórki krwi i komórki naskórka, co jest istotne np. przy gojeniu się ran.

Przebieg i znaczenie mejozy

Komórki płciowe, tj. gamety, mają o połowę mniej chromosomów niż inne komórki organizmu. Gamety powstają podczas podziału komórkowego – **mejozy**. W wyniku tego procesu liczba chromosomów w komórkach potomnych staje się mniejsza (zostaje zredukowana) o połowę.

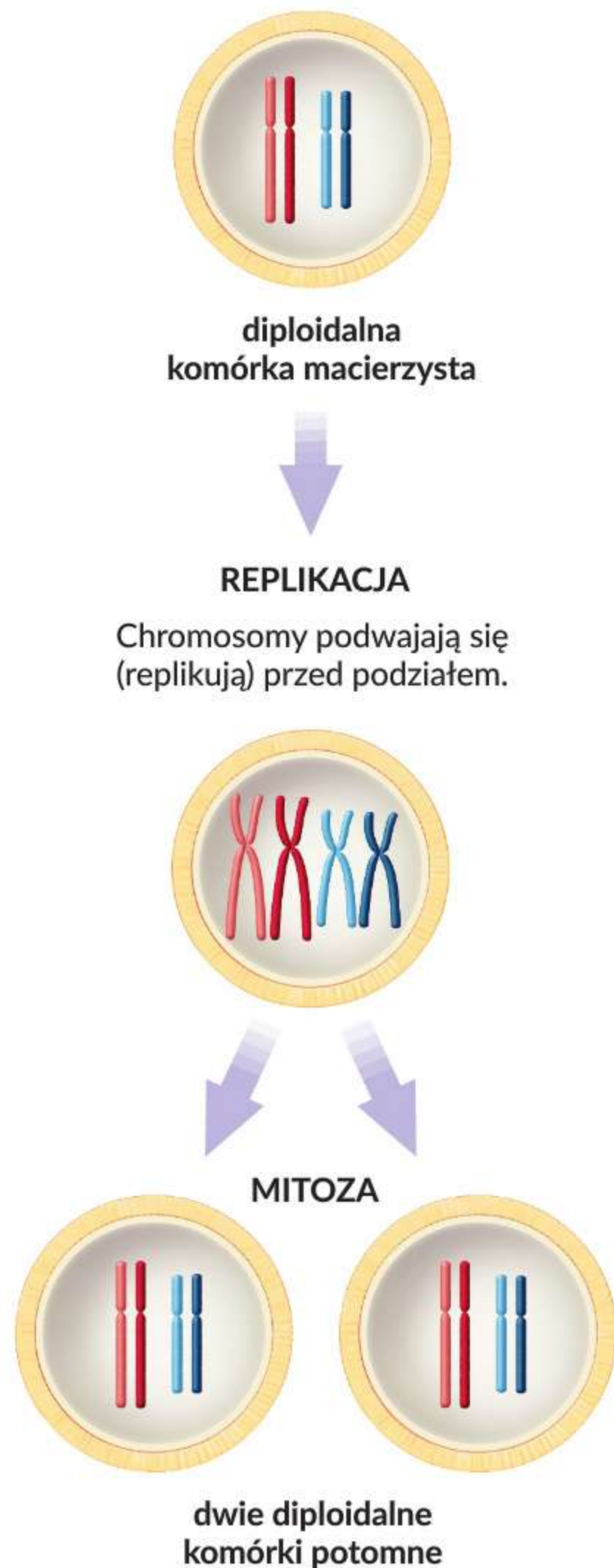
Do każdej gamety przechodzi jeden chromosom z pary chromosomów homologicznych (siostrzanych).

Podział komórki, w którego wyniku powstają cztery komórki potomne o liczbie chromosomów o połowę mniejszej w porównaniu z komórką macierzystą, nazywamy **mejozą**.

Mejoza składa się z dwóch następujących po sobie podziałów – I i II podziału mejotycznego.

■ Przebieg mitozy

W wyniku podziału komórki diploidalnej, która ma dwie pary chromosomów homologicznych powstają dwie diploidalne komórki potomne. Każda z nich ma dwie pary chromosomów homologicznych.



Każdy chromosom dzieli się na dwie połówki (chromatyd) zawierające taką samą informację o cechach komórki. Dzięki temu komórki potomne mają tyle samo chromosomów co komórki macierzyste.

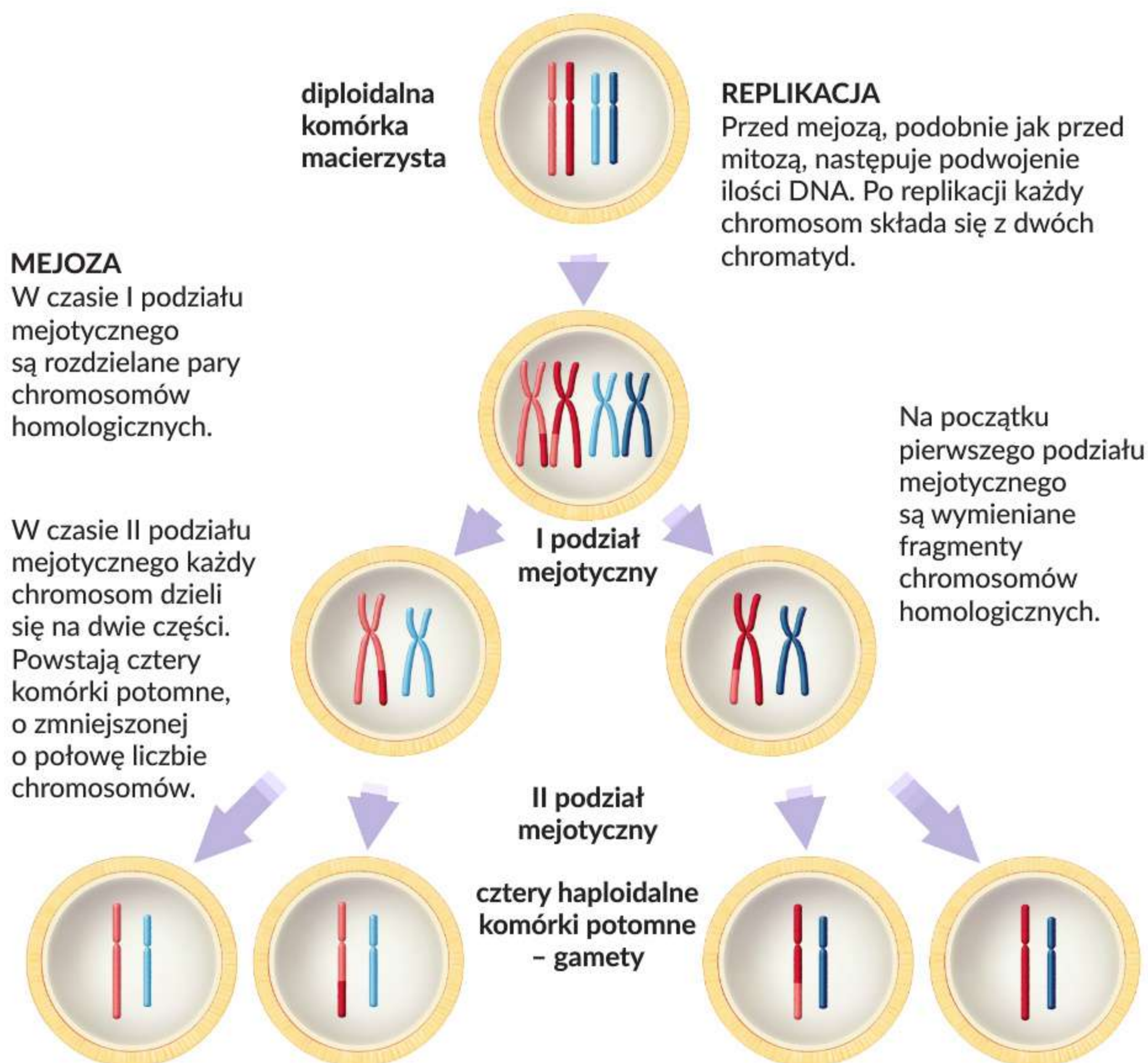
Podczas zapłodnienia gamety łączą się ze sobą, dzięki czemu powstająca zygota ma podwójny zestaw chromosomów (jest diploidalna). W wypadku człowieka 23 chromosomy ojca i 23 chromosomy matki tworzą diploidalny zestaw chromosomów zawarty w jądrze zygoty. Gdyby plemniki i komórki jajowe człowieka zawierały po 46 chromosomów, zygota miałaby 92 chromosomy, a gdyby takie organizmy przystąpiły do rozmnażania, kolejne pokole-

nie zyskałoby 184 chromosomy w każdej komórce itd. Dzięki mejozie liczba chromosomów w komórkach jest zawsze taka sama.

Podczas mejozy między chromosomami homologicznymi dochodzi do wymiany odcinków DNA. W wyniku tej wymiany powstają nowe układy genów w chromosomach, co powoduje, że zawartość gamet jest różna. Dlatego organizmy w następnym pokoleniu nie są identyczne.

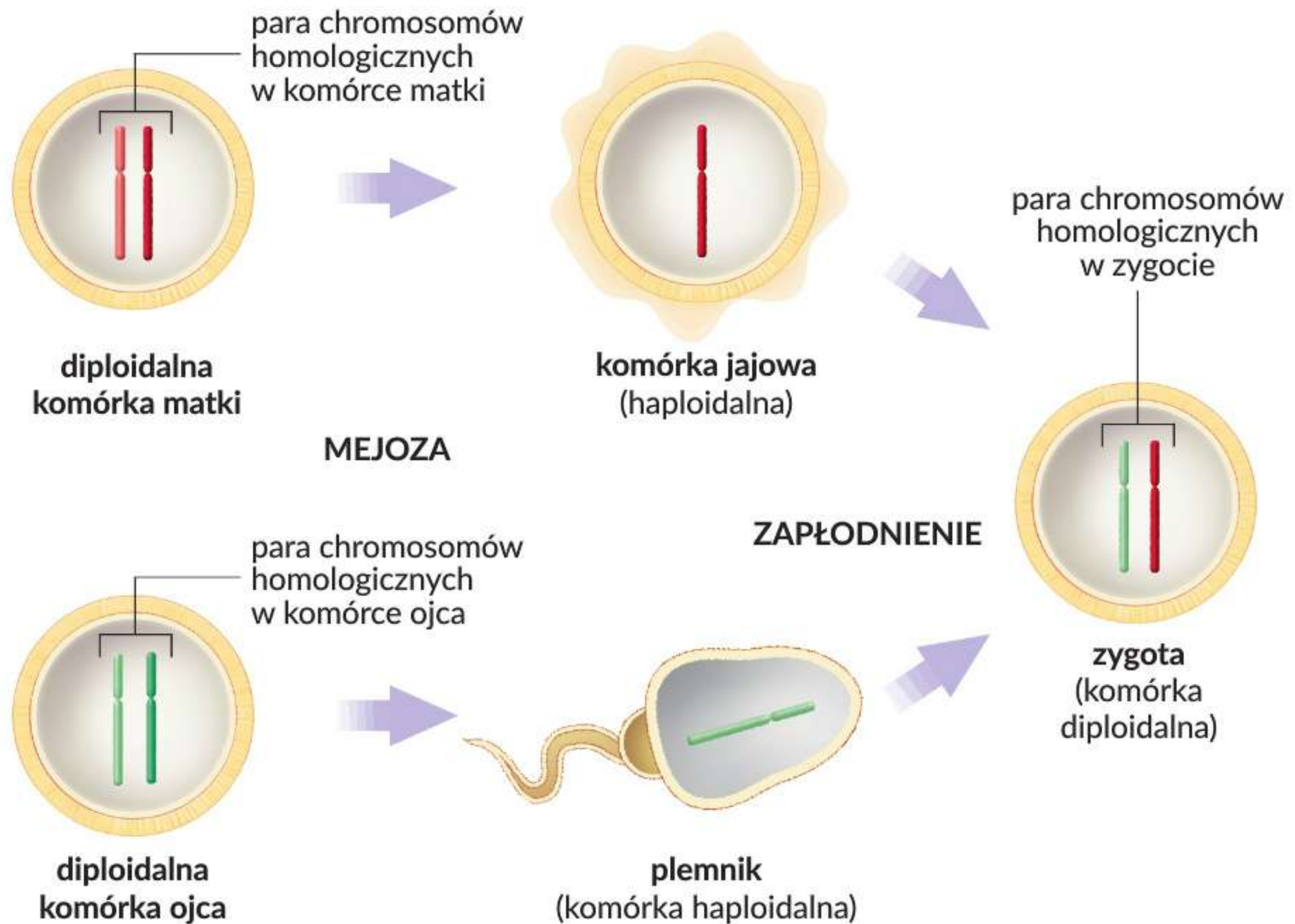
■ Przebieg mejozy

Podczas podziału komórki diploidalnej mającej dwie pary chromosomów homologicznych powstają cztery komórki potomne, które mają po jednym chromosomie z każdej pary chromosomów homologicznych.



■ Zmiany liczby chromosomów podczas rozmnażania płciowego

Podczas zapłodnienia łączą się komórki powstałe w wyniku mejozy, czyli o pomniejszonej liczbie chromosomów, dzięki czemu zygota ma taką samą liczbę chromosomów jak komórki organizmów rodzicielskich.



ZAPAMIĘTAJ

- Chromosomy są to struktury zbudowane z DNA i białek.
- Wszystkie komórki organizmu, z wyjątkiem komórek płciowych, mają taką samą liczbę chromosomów.
- W każdej diploidalnej komórce ciała człowieka występuje 46 chromosomów, co daje 23 pary chromosomów homologicznych.
- Podziały komórkowe poprzedza replikacja, podczas której wszystkie chromosomy się podwajają.
- Komórki stale się dzielą. Po podziale mitotycznym komórki potomne mają taką samą liczbę chromosomów jak komórka macierzysta.
- Komórki płciowe powstają podczas podziału mejotycznego; po tym podziale komórki potomne mają o połowę mniej chromosomów niż komórka macierzysta.
- Podczas zapłodnienia łączą się komórki powstałe w wyniku mejozy, czyli mające o połowę mniejszą liczbę chromosomów.

POLECENIA

1. Opisz budowę chromosomu.
2. Wyjaśnij, co to są komórki haploidalne i diploidalne.
3. Określ, jakie znaczenie dla właściwego podziału komórki ma poprzedzająca go replikacja.
4. Przedstaw znaczenie mitozy i mejozy.

4 Zasady dziedziczenia cech

Z tej lekcji dowiesz się:

- czym zajmuje się genetyka;
- w jaki sposób przebiega dziedziczenie cech;
- jak wygląda zapis krzyżówki genetycznej.

Czym zajmuje się genetyka

Genetyka jest nauką zajmującą się badaniem: dziedziczności, czyli przekazywania cech następnym pokoleniom, genów, sposobów odczytywania informacji zawartej w genach oraz zmienności organizmów.

Tę dyscyplinę uprawiano jeszcze przed odkryciem struktury DNA i jej roli w dziedziczeniu. Doświadczalne badanie mechanizmów dziedziczenia cech określa się mianem **genetyki klasycznej**. Dzięki odkryciom genetyki klasycznej zebrano wiele informacji o genach i ich odmianach oraz opracowano zasady dziedziczenia cech. Pierwsze badania, które udokumentowano, przeprowadzono na grochu zwyczajnym.

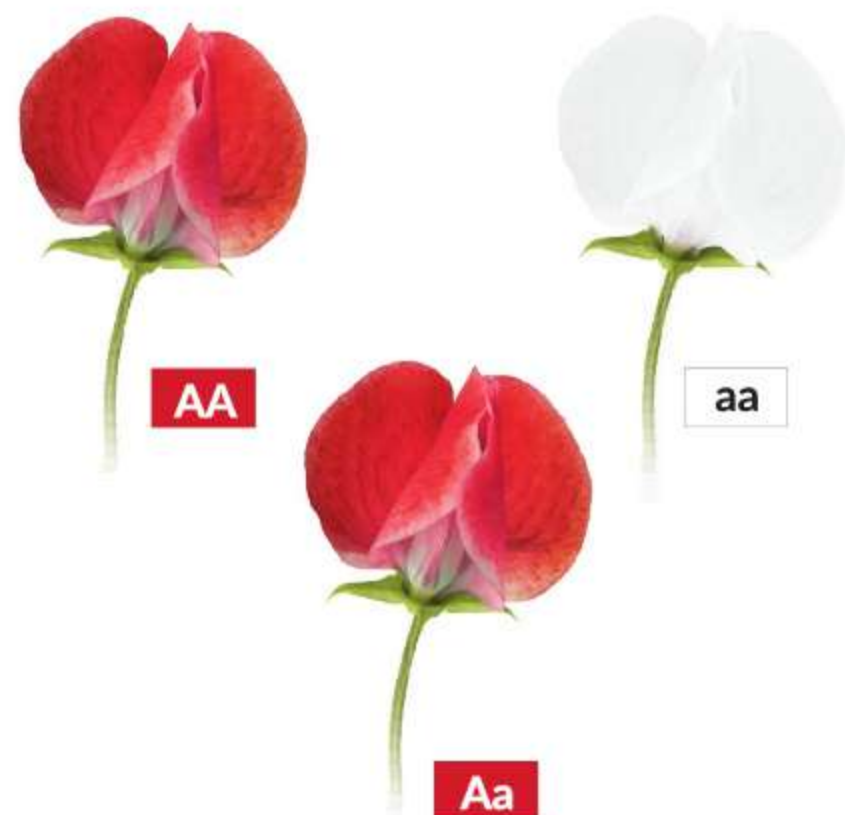
Różne wersje jednego genu

Prawie wszystkie komórki zwierząt i roślin zawierają podwójny zestaw chromosomów. W każdej parze chromosomów homologicznych jeden pochodzi od ojca, a drugi od matki. Oba zawierają ten sam zestaw genów, czyli „przepisów na białka”. Jednak szczegóły tych przepisów mogą się różnić. Ten sam gen może występować w dwu i więcej odmianach, zwanych **allelami**. W każdej diploidalnej komórce organizmu znajdują się po dwa allele tego samego genu – po jednym allele na każdym chromosomie homologicznym. Różne odmiany tego samego genu (allele) w zapisie oznacza się tą samą literą alfabetu. Osobnika, który ma

Różne kombinacje alleli warunkujących barwę kwiatów grochu zwyczajnego

Gen warunkujący barwę kwiatów grochu zwyczajnego występuje w dwóch allelach (wersjach): oznaczony jako **A** powoduje powstanie czerwonej barwy kwiatów, a oznaczony jako **a** – białej barwy kwiatów.

W wypadku grochu zwyczajnego komórki diploidalne mają po dwa allele warunkujące barwę kwiatu w wersji **AA**, **Aa** lub **aa**. Rośliny u których występuje przynajmniej jeden allele **A**, mają kwiaty czerwone (**AA** oraz **Aa**). Stąd wiemy, że allele czerwonej barwy kwiatów grochu – **A** – jest dominujący względem allelu białej barwy kwiatów – **a**. Białe kwiaty mają tylko te rośliny, u których występują dwa allele recesywne – **aa**.



dwa allele takie same (**AA**, **aa**), nazywamy **homozygotą**, a osobnika z dwoma różnymi allelami (**Aa**) tego samego genu określamy mianem **heterozygoty**.

Często się zdarza, że wskutek krzyżowania np. roślin grochu zwyczajnego o kwiatach czerwonych z roślinami o kwiatach białych powstaje więcej roślin o kwiatach czerwonych. Okazuje się, że niektóre allele są silniejsze niż inne. Takie allele, które zawsze warunkują ujawnienie się danej cechy (również w heterozygotach), nazywamy **allelami dominującymi**. Oznaczamy je wielkimi literami. Natomiast **allele recesywne (ustępujące)** to takie, które warunkują ujawnienie się danej cechy tylko wtedy, gdy występują z drugim takim samym allelem (w homozygotach). Oznaczamy je małymi literami.

Dziedziczenie genów podczas mitozy i mejozy

Po mitozie liczba chromosomów oraz informacje o cechach organizmu w komórkach potomnych są takie same jak w komórce

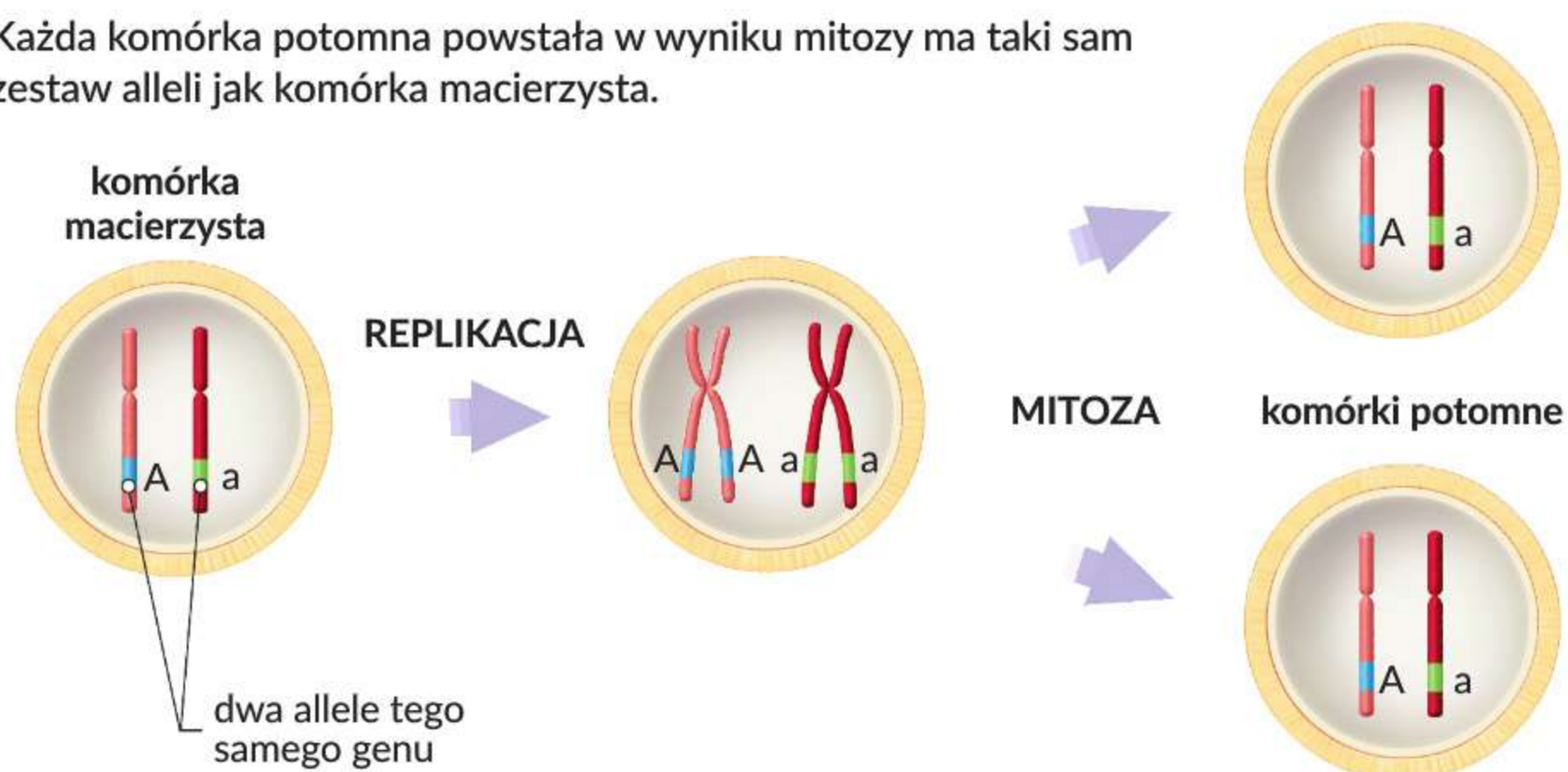
macierzystej. W trakcie tworzenia komórek płciowych informacje o cechach organizmu są przekazywane inaczej. Podczas mejozy chromosomy homologiczne są rozdzielane, a leżące na nich allele przechodzą po jednym do każdej gamety. Wskutek tego następuje zróżnicowanie gamet.

Jest to jedna z najważniejszych **zasad dziedziczenia cech**, odkryta przez czeskiego genetyka Grzegorza Mendla. W wyniku połączenia się dwóch komórek pochodzących od rodziców – plemnika i komórki jajowej – powstaje zygota. Zawiera ona allele pochodzące zarówno od ojca, jak i od matki. Zygota dzieli się wielokrotnie poprzez podziały mitotyczne i w związku z tym wszystkie komórki organizmu zawierają taką samą informację o cechach organizmu, pochodzącą w połowie od ojca i w połowie od matki.

Obecnie, jeśli zna się występowanie cech w poprzednich pokoleniach, można przewidzieć, jakie cechy ujawnią się w przyszłych pokoleniach. Aby to sprawdzić, wykonuje się krzyżówki genetyczne.

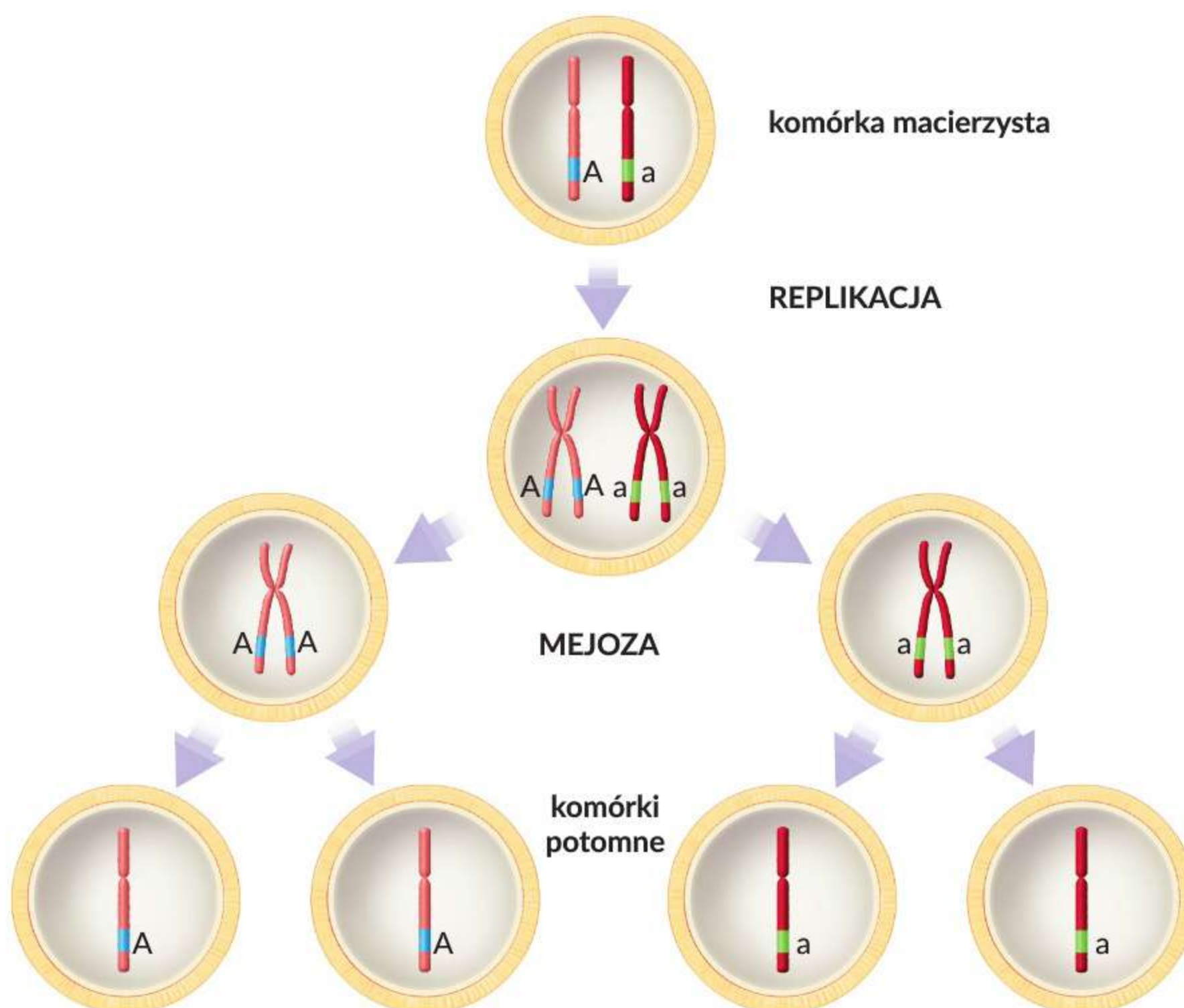
■ Dziedziczenie genów podczas mitozy

Każda komórka potomna powstała w wyniku mitozy ma taki sam zestaw alleli jak komórka macierzysta.



■ Dziedziczenie genów podczas mejozy w rozmnażaniu płciowym

W wyniku mejozy komórki z allelami Aa (heterozygoty) do połowy gamet przechodzi allel A (warunkujący powstanie kwiatów o barwie czerwonej), a do drugiej połowy – allel a (warunkujący powstanie kwiatów o barwie białej). Jeśli komórka macierzysta jest homozygotą dominującą (AA), to w wyniku mejozy powstaną gamety tylko jednego typu – A, natomiast u homozygoty recesywnej (aa) powstaną jedynie gamety a.



Zapis krzyżówki genetycznej

Krzyżówka genetyczna jest takim sposobem zapisu dziedziczenia określonej cechy, który umożliwia ustalenie prawdopodobieństwa jej wystąpienia wśród potomstwa. Uwzględniamy w niej genotypy i fenotypy rodziców oraz potomstwa. Układ alleli jednego lub kilku genów danego osobnika nazywamy **genotypem**, natomiast zestaw cech charakterystycznych dla organizmu, np. barwę kwiatów rośliny czy kształt ucha człowieka, nazywamy **fenotypem**.

Spróbujmy odpowiedzieć na pytanie, jaką barwę kwiatów będą miały rośliny powstałe w wyniku krzyżowania rośliny o kwiatach czerwonych z rośliną o kwiatach białych oraz z inną rośliną o kwiatach czerwonych.

Rośliny o fenotypie „białe kwiaty” mają genotyp **aa**, a rośliny o fenotypie „czerwone kwiaty” mogą mieć genotyp **AA** lub **Aa**. Teoretycznie każdy typ gamety jednego rodzica ma równą szansę połączenia się z dowolnym typem gamety drugiego rodzica.

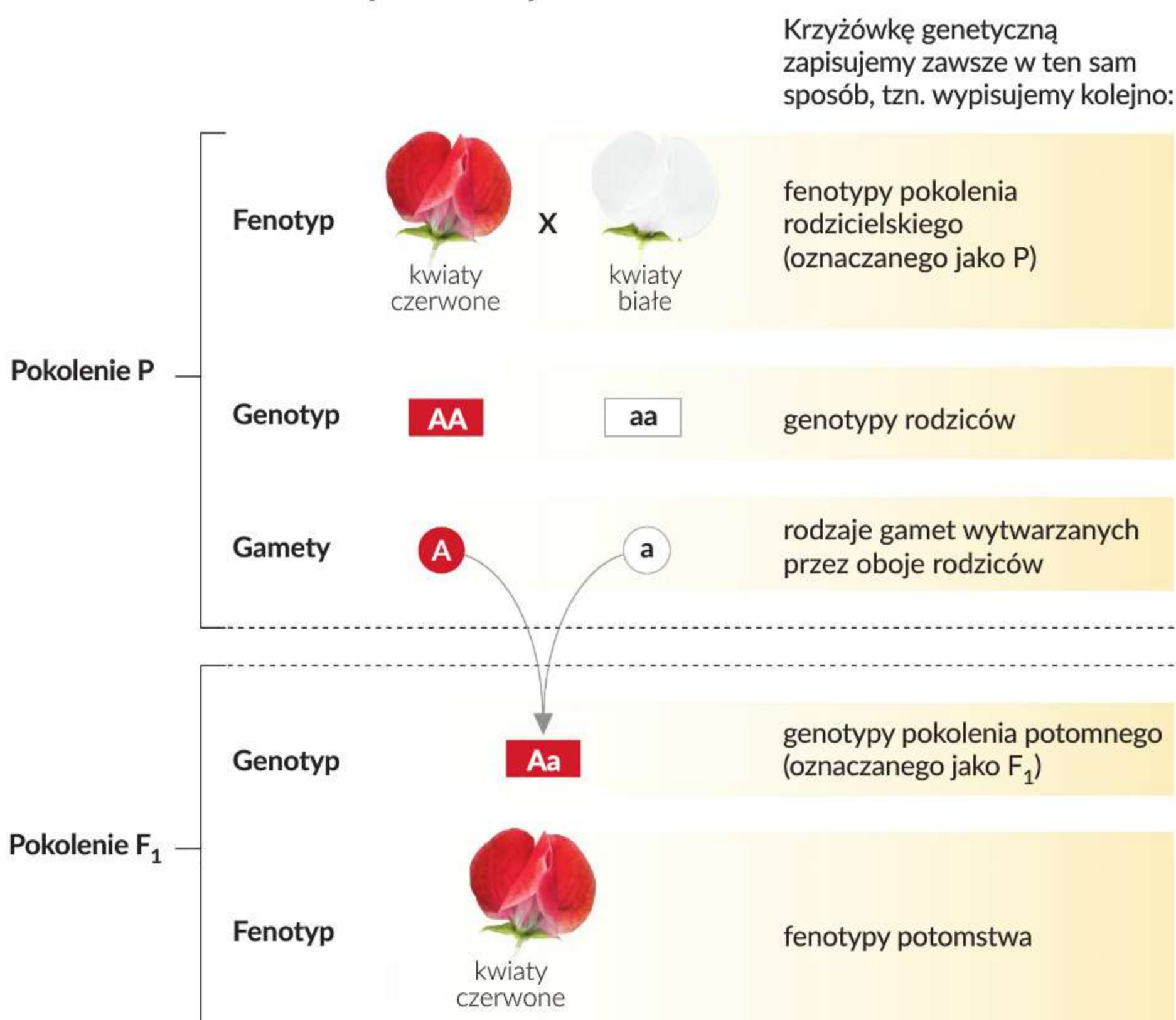
Jeśli w pokoleniu rodzicielskim jest więcej niż jeden typ gamet, to w celu określenia fenotypu i genotypu roślin potomnych wygodnie jest sporządzić odpowiednią tabelę. W pierwszym wierszu tabeli zapisuje się wszystkie typy gamet jednego z rodziców, a w pierwszej kolumnie – wszystkie typy gamet drugiego rodzica.

Rośliny homozygotyczne o czerwonych lub białych kwiatach wytwarzają tylko jeden rodzaj gamet, odpowiednio **A** lub **a**. Dlatego w krzyżówce tych roślin wszyst-

kie rośliny potomne będą heterozygotami o kwiatach czerwonych.

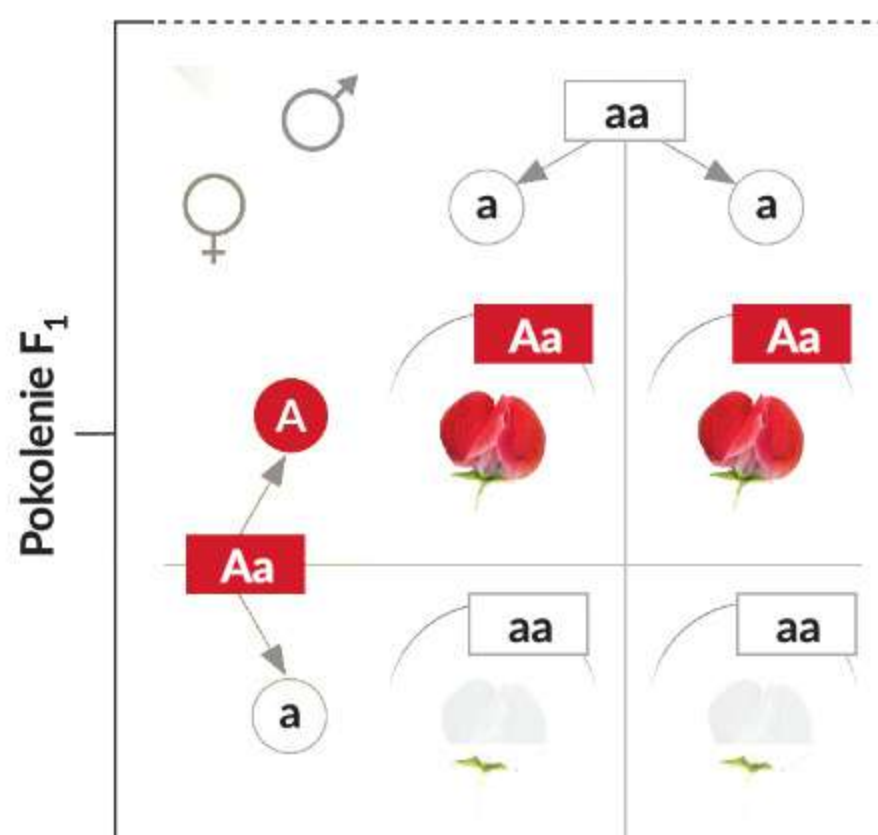
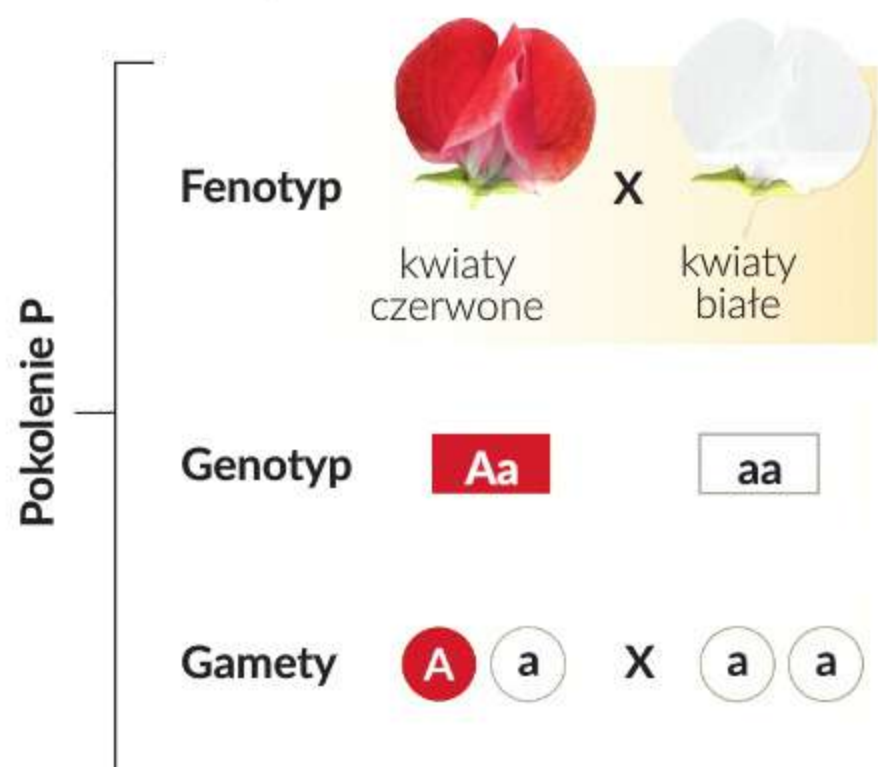
Wynik krzyżówki między rośliną o czerwonych kwiatach, która jest heterozygotą **Aa**, i rośliną o białych kwiatach jest jednak inny. Roślina o czerwonych kwiatach wytwarza dwa rodzaje gamet: **A** i **a**, które z równym prawdopodobieństwem mogą się połączyć z gametą **a** drugiej rośliny rodzicielskiej. Wśród roślin potomnych będą zarówno rośliny o czerwonych (**Aa**), jak i białych kwiatach (**aa**).

■ Krzyżówka genetyczna homozygotycznych roślin grochu o kwiatach czerwonych i białych



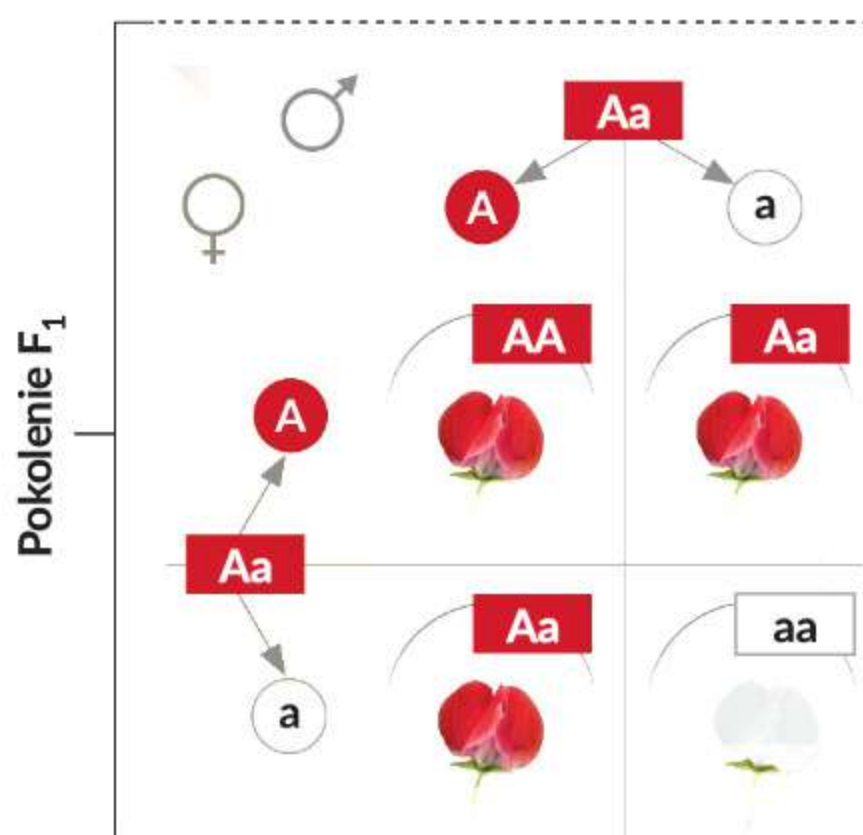
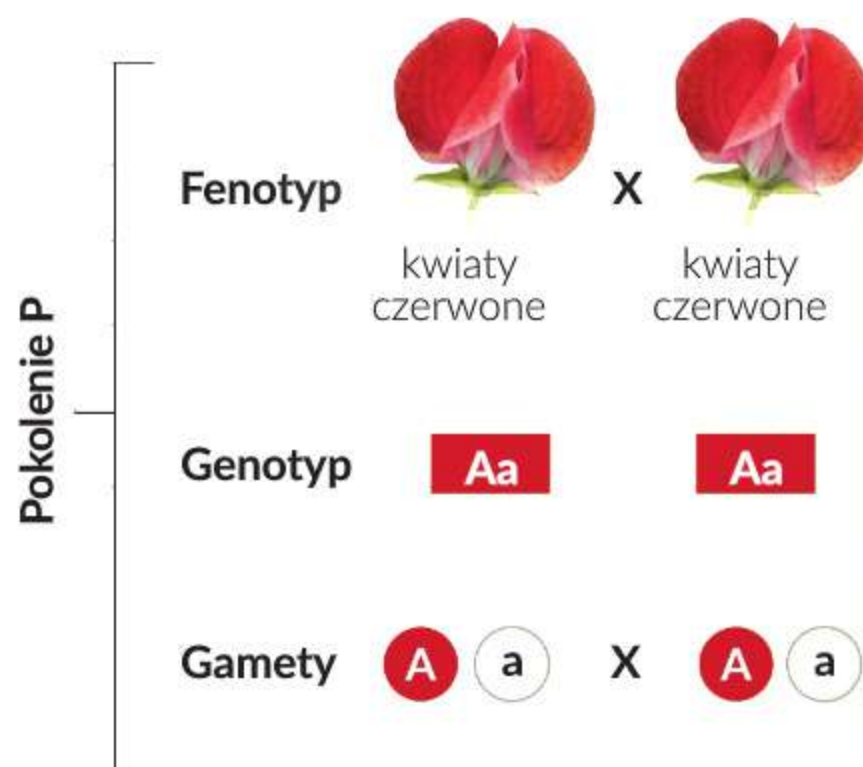
■ Inne krzyżówki genetyczne grochu zwyczajnego

Krzyżówka heterozygotycznej rośliny o kwiatach czerwonych z rośliną homozygotyczną o kwiatach białych



Roślina o czerwonych kwiatach wytwarza dwa rodzaje gamet: **A** i **a**. Wśród roślin potomnych są zarówno rośliny o czerwonych (**Aa**), jak i białych kwiatach (**aa**).

Krzyżówka dwóch heterozygotycznych roślin o kwiatach czerwonych



Obie rośliny rodzicielskie wytwarzają dwa rodzaje gamet: **A** i **a**. Wśród roślin potomnych są zarówno rośliny o czerwonych (**Aa** i **AA**), jak i białych kwiatach (**aa**).

Z krzyżówki genetycznej dwóch heterozygotycznych roślin o kwiatach czerwonych wynika, że w pokoleniu potomnym wystąpiły następujące układy alleli: **AA**, **Aa**, **aa**, w stosunku 1 : 2 : 1. Ze względu na dominację allelu **A** trzy z czterech roślin potomnych (75% potomstwa) mają czerwone kwiaty, a tylko jedna roślina (25% potom-

stwa) ma białe. Stosunek kwiatów czerwonych do białych wynosi więc 3 : 1.

W praktyce jednak rzadko kiedy ogrodnik otrzymuje w takiej krzyżówce 75 roślin o kwiatach czerwonych i 25 o kwiatach białych na sto wysianych nasion. W przyrodzie na kiełkowanie, wzrost i kwitnienie roślin wpływa wiele czynni-

ków, które mogą zmienić liczbę roślin w danym pokoleniu – jakość nasion, temperatura, choroby. W praktyce w pokoleniu F_1 możemy otrzymać np. 71 roślin o kwiatach czerwonych i 26 o kwiatach białych.

Określanie genotypów na podstawie fenotypów

Zapis krzyżówki genetycznej pozwala przewidzieć rozkład cech w kolejnych po-

koleniach roślin i zwierząt, a także człowieka. Łatwo prześledzić dziedziczenie takich cech, jak: barwa ciała, oczu, barwa i długość włosów u kawii (świnek morskich), kształt i barwa nasion grochu zwyczajnego.

Niekiedy w zadaniach są podawane tylko cechy zewnętrzne rodziców i potomstwa. Na podstawie rozkładu tych cech trzeba określić zestawy alleli występujące u rodziców i potomstwa.

■ Krzyżówka genetyczna kawii krótkowłosej i długowłosej

U kawii (potocznie zwanych świnkami morskimi) allel warunkujący włosy krótkie dominuje nad allelem warunkującym włosy długie. W potomstwie krzyżówki kawii krótkowłosej z długowłosa pojawiła się równa liczba kawii krótko- i długowłosych. Jakie allele występują u rodziców i potomstwa?

Rozwiązanie zadania (krok po kroku)

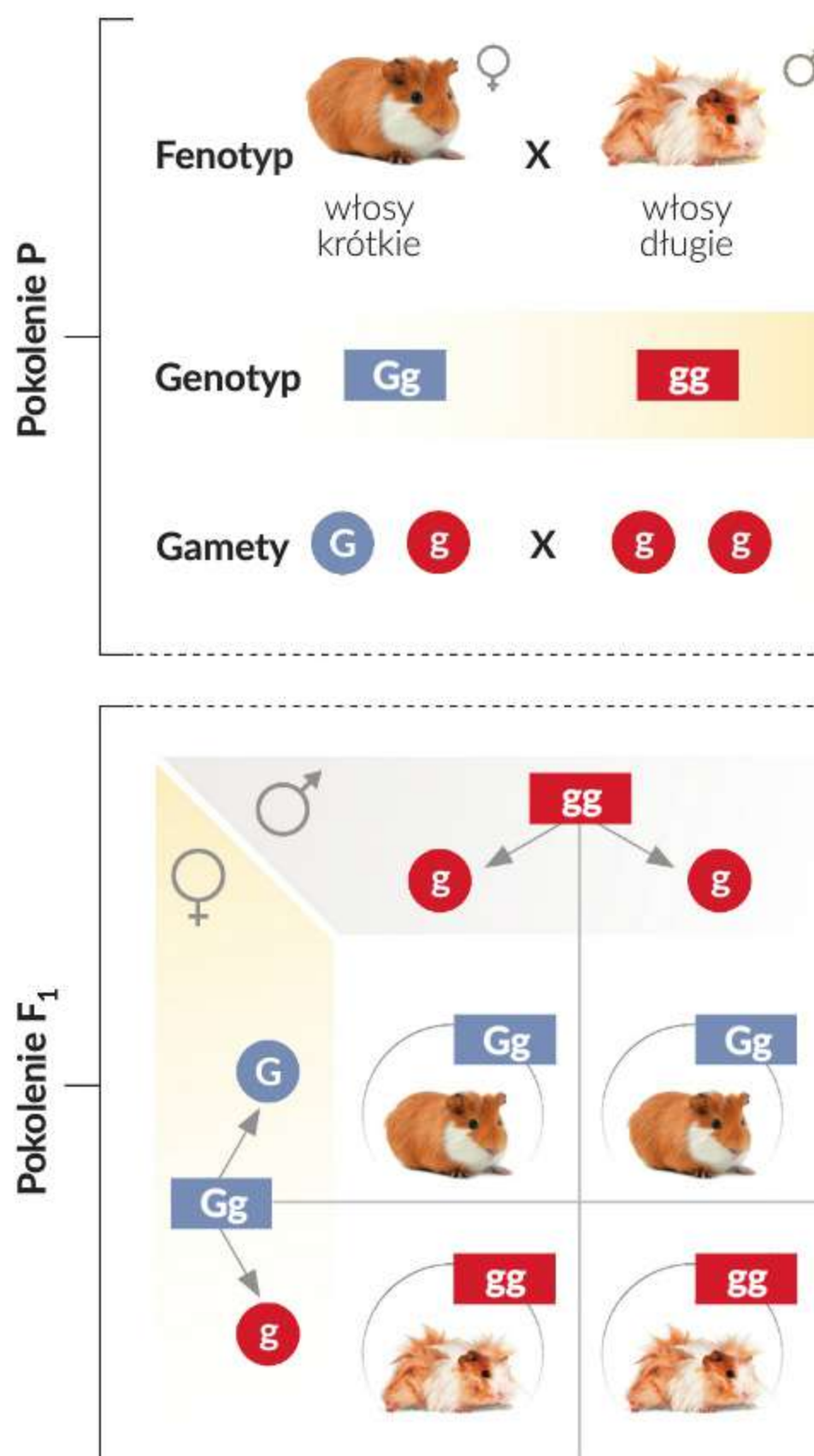
Krok 1. Wybieramy dowolną literę do oznaczenia alleli, np. G – allel włosów krótkich (allel dominujący); g – allel włosów długich (allel recesywny).

Krok 2. Analizujemy cechy rodziców i ustalamy ich prawdopodobne allele; kawia długowłosa ma na pewno oba allele recesywne gg; kawia krótkowłosa może mieć genotyp albo GG albo Gg; wątpliwości rozwieje analiza cech u potomstwa.

Krok 3. Wśród potomstwa jest kawia długowłosa, która ma na pewno oba allele recesywne gg. Jeden allel g otrzymała od rodzica długowłosego, a drugi od rodzica krótkowłosego, który w takim razie musi mieć allele Gg.

Krok 4. Ponieważ znamy już układ alleli u rodziców (Gg i gg), możemy zapisać krzyżówkę genetyczną i ustalić układ alleli w potomstwie.

Z krzyżówki wynika, że połowa potomstwa ma allele Gg, a druga połowa – gg, dlatego też połowa małych kawii jest krótkowłosa, a połowa – długowłosa.



WARTO WIEDZIEĆ

Grzegorz Mendel

Żył w XIX w. Był czeskim zakonnikiem. W przyklasztornym ogrodzie prowadził badania, które doprowadziły go do sformułowania podstawowych reguł przekazywania cech z pokolenia na pokolenie. Do początkowych prac wykorzystał łątwa w uprawie, samopylną roślinę – groch zwyczajny. Wnioski z jego badań stworzyły podstawy do dalszego rozwoju genetyki. Prace Mendla nie zostały docenione za jego życia, dopiero w 1900 r. zwrócono na nie uwagę.



ZAPAMIĘTAJ

- Genotyp to zestaw genów charakterystyczny dla danego osobnika.
- Fenotypem nazywamy zespół cech, które ujawniają się w życiu osobnika.
- Allele to odmiany genu; w każdej komórce organizmu diploidalnego występują po dwa allele danego genu.
- Osobnika z dwoma takimi samymi allelami danego genu określa się mianem homozygoty, a osobnika z dwoma różnymi allelami danego genu nazywa się heterozygotą.
- Niektóre allele ujawniają się zawsze (są to allele dominujące), inne ujawniają się tylko w homozygotach (są to allele recesywne).
- Podczas powstawania komórek płciowych do każdej komórki potomnej trafia jeden allel każdego genu.
- Do ustalenia fenotypów i genotypów rodziców i potomstwa często stosuje się specjalny zapis zwany krzyżówką genetyczną, w której zapisuje się genotypy krzyżowanych osobników.

POLECENIA

1. Podaj, czym zajmuje się genetyka.
2. Określ, co się dzieje z allelami jednego genu podczas podziału mitotycznego, a co podczas podziału meiotycznego.
3. Wyjaśnij pojęcia dominacji i recesywności na dowolnym przykładzie.
4. Określ, co to jest krzyżówka genetyczna.
5. Na przykładzie konkretnej krzyżówki wyjaśnij pojęcia: homozygota, heterozygota, genotyp, fenotyp.

5 Dziedziczenie wybranych cech u człowieka

Z tej lekcji dowiesz się:

- czy dziecko może mieć niebieskie oczy, jeśli rodzice mają oczy brązowe;
- czy środowisko i sposób życia mogą mieć wpływ na nasze cechy;
- jak określić prawdopodobieństwo wystąpienia danej cechy.

Wpływ środowiska na fenotyp

Do prawidłowego rozwoju i funkcjonowania każdego organizmu jest potrzebna właściwa kombinacja genów i czynników środowiska.

W wypadku niektórych cech, takich jak kolor oczu czy grupa krwi, fenotyp zależy wyłącznie od genotypu. Z kolei jeśli chodzi o inne cechy, np. wysokość czy budowę ciała, fenotyp zależy od genotypu oraz od wpływu środowiska. Na przykład człowiek, który odziedziczył po przodkach geny wysokiego wzrostu, ale nie odżywia się właściwie i pali papierosy, nie osiągnie swojego maksymalnego wzrostu.

Dziedziczenie wybranych cech

Wśród cech człowieka są takie, które zależą od wielu genów (np. kolor skóry, wzrost, masa ciała), oraz takie, na które ma wpływ tylko jeden gen (np. występowanie piegów, barwa i struktura włosów, kształt kciuka).

Przykłady cech człowieka, za które jest odpowiedzialny jeden gen (para alleli), przedstawiono na następnej stronie.

Przewidywanie występowania cech w następnym pokoleniu

Przypuśćmy, że Marek i Zosia właśnie się pobrali. Ona ma jasne, kręcone włosy. Jego włosy są ciemne i też kręcone. Ponieważ mama Zosi ma włosy proste, musimy założyć, że pod względem rodzaju włosów Zosia ma oba możliwe allele (dominujący włosów kręconych i recesywny włosów prostych).

W rodzinie Marka niektóre osoby mają włosy jasne i proste, dlatego można przypuszczać, że także w jego genach występują zarówno allele dominujący, jak i allele recesywny. Oboje, i Marek, i Zosia, mają oczy niebieskie.

Rozważmy dziedziczenie każdej z opisywanych cech. Patrz: s. 31.



■ Wybrane cechy i warunkujące je allele

Jasne włosy to cecha zależna od jednego genu, spowodowana przez allele recesywne. Jeśli dziecko odziedziczy po jednym rodzicu allel warunkujący jasne włosy, a po drugim ciemne, to ujawni się allel dominujący i dziecko będzie miało ciemne włosy.



ALLELE DOMINUJĄCE		ALLELE RECESYWNE
brązowe	barwa oczu:	niebieskie
ciemne	barwa włosów:	jasne
kręcone	struktura włosów:	proste
wolny	płatek małżowiny usznej:	zrośnięty
		
występuje	zdolność zwijania języka w rurkę:	nie występuje
		
prosty	kształt kciuka:	wygięty („autostopowicza”)
		



Dziedziczenie barwy włosów

Oznaczamy allele:

B – włosy ciemne, **b** – włosy jasne.

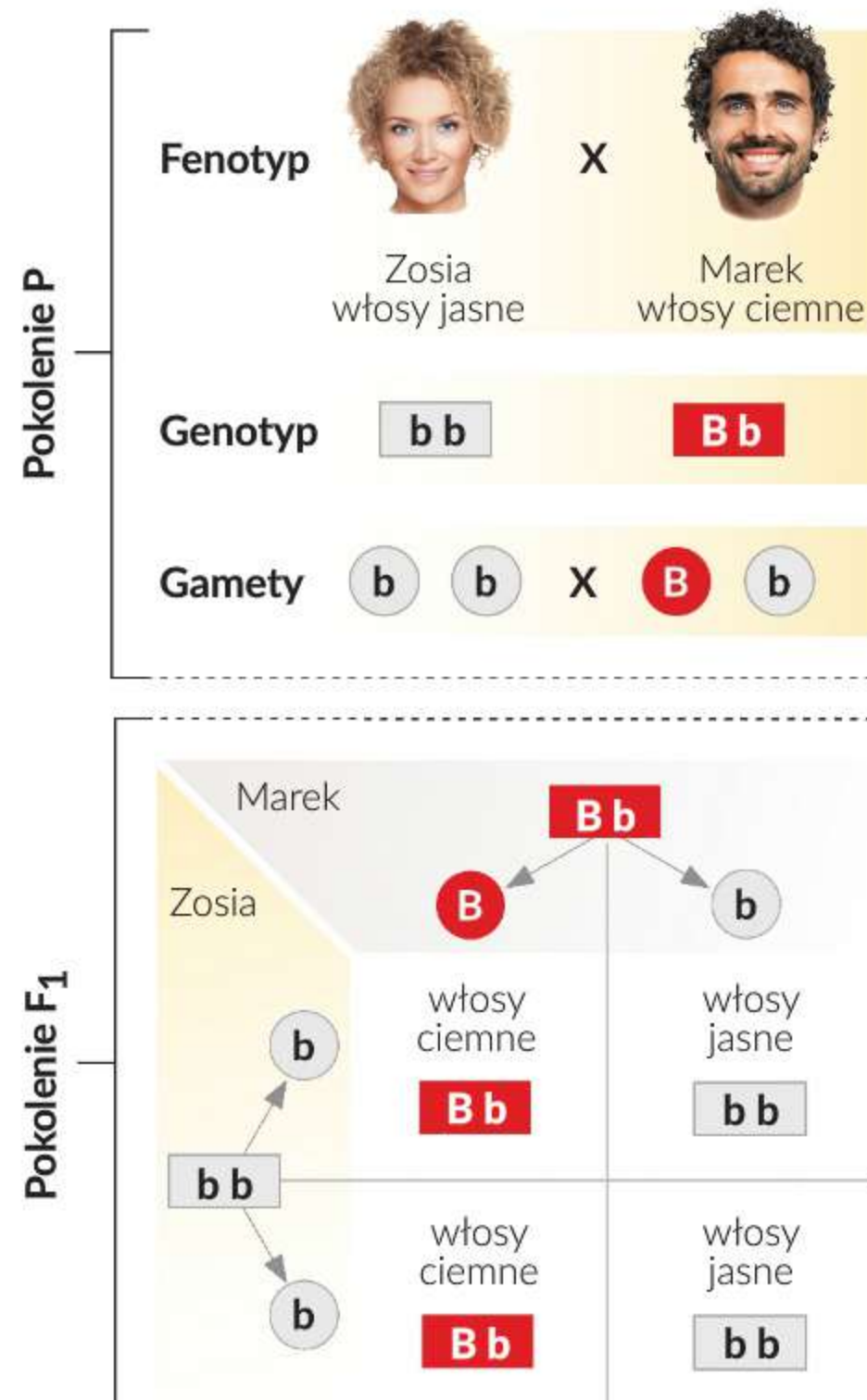
Genotypy przedstawionej pary są następujące: Zosia – **bb**, Marek – **Bb**.

Wszystkie komórki jajowe utworzone w organizmie Zosi zawierają tylko allel **b**. Natomiast organizm Marka wytwarza plemniki dwóch typów – jedne zawierają allel **B**, a inne – allel **b**.

Zapisujemy odpowiednią krzyżówkę genetyczną, aby sprawdzić, jakie genotypy mogą wystąpić u ich dzieci.

Wnioski:

- U dzieci tej pary mogą wystąpić dwa genotypy związane z barwą włosów: **Bb** i **bb**, co oznacza, że dzieci mogą mieć włosy ciemne lub jasne.
- Jeśli ta para miałaby bardzo dużo dzieci, to można przypuszczać, że włosy jasne lub włosy ciemne wystąpiłyby u dzieci z równym prawdopodobieństwem (po 50%).



Dziedziczenie struktury włosów

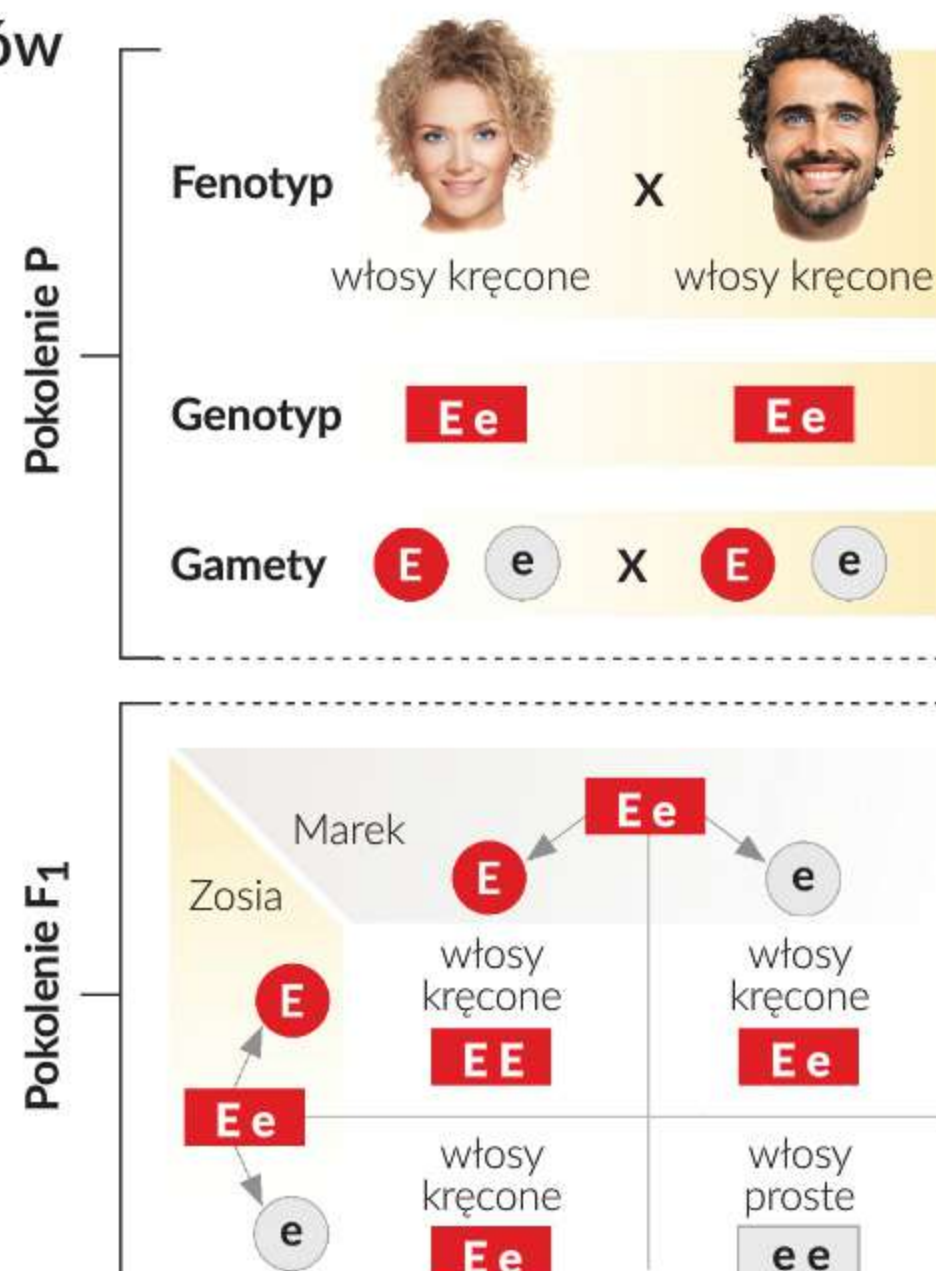
Zapisujemy krzyżówkę genetyczną, w której ustalimy możliwe genotypy dzieci Marka i Zosi.

Oznaczamy allele:

E – włosy kręcone, **e** – włosy proste

Wnioski:

- Wśród dzieci są możliwe trzy genotypy: **EE**, **Ee** i **ee**.
- Zarówno dzieci z genotypem **EE**, jak i dzieci z genotypem **Ee** będą mieć kręcone włosy.
- Prawdopodobieństwo urodzenia dziecka z włosami kręconymi jest trzykrotnie większe niż urodzenie dziecka z włosami prostymi.



■ Dziedziczenie barwy oczu

W celu określenia koloru oczu dzieci Marka i Zosi nie musimy wykonywać krzyżówki genetycznej.

Allel warunkujący oczy niebieskie jest recesywny, dlatego genotyp każdego niebieskookiego człowieka to np. **dd**, a wszystkie wytwarzane przez niego gamety mają allel **d**.

Oznacza to, że wszystkie dzieci tej pary będą miały genotyp **dd** i oczy niebieskie.



Możliwe cechy dzieci pary rodziców o niebieskich oczach oraz kręconych, jasnych i ciemnych włosach

Przedstawione cechy, np. jasne i proste włosy oraz niebieskie oczy, mogą wystąpić z takim samym prawdopodobieństwem zarówno u chłopca, jak i u dziewczynki. Badane cechy nie mają związku z dziedziczeniem płci.

W wypadku dziedziczenia cech (jak barwa skóry), za które odpowiada wiele genów, prześledzenie rozkładu tych cech w kolejnych pokoleniach jest znacznie trudniejsze. Mamy wtedy do czynienia z większą liczbą genotypów i fenotypów w potomstwie.

ZAPAMIĘTAJ

- Fenotyp organizmu zależy przede wszystkim od genotypu, ale również, w wielu wypadkach, od czynników środowiska, np. sposobu odżywiania się czy przebytych chorób.
- Prawdopodobieństwo wystąpienia określonych cech u potomstwa można określić dzięki zapisaniu odpowiedniej krzyżówki genetycznej.
- Za niektóre cechy człowieka, np. kształt kciuka czy barwę włosów, jest odpowiedzialny jeden gen, za wiele innych cech są odpowiedzialne całe zespoły genów.

POLECENIA

1. Podaj przykład wpływu środowiska na fenotyp.
2. Podaj przykłady cech człowieka warunkowanych przez jeden gen.
3. Określ etapy zapisu krzyżówki genetycznej. Wykorzystaj podstawowe pojęcia z zakresu genetyki.

6 Dziedziczenie grup krwi u człowieka

Z tej lekcji dowiesz się:

- jakie geny są odpowiedzialne za grupy krwi A, B, AB, 0;
- czy dziecko może mieć inną grupę krwi niż rodzice;
- jakie jest genetyczne podłoże konfliktu serologicznego.

Dziedziczenie grup krwi

Niektóre cechy człowieka są warunkowane przez geny, które mają allele wpływające na fenotyp z taką samą siłą. Żaden z alleli nie dominuje nad drugim.

To zjawisko występuje również podczas dziedziczenia **grup krwi**. Allel warunkujący grupę krwi **A** nie dominuje nad allelem warunkującym grupę krwi **B**. W tym wypadku stosujemy inny zapis alleli – I^A oraz I^B , by podkreślić, że oba allele są sobie równe. Osoba o genotypie $I^A I^A$ ma grupę krwi **A**, osoba o genotypie $I^B I^B$ ma grupę krwi **B**, natomiast osoba heterozygotyczna, czyli o genotypie $I^A I^B$, ma grupę krwi **AB**.

Jak wiadomo, istnieje jeszcze grupa krwi **0**. W populacji ludzkiej występuje również trzeci allel wpływający na grupę krwi. Jest to allel **i** – recesywny względem alleli I^A oraz I^B . Osoba o genotypie $I^A i$ ma grupę krwi **A**, a osoba o genotypie $I^B i$ ma

grupę krwi **B**. Natomiast osoba o genotypie ii ma grupę krwi **0**.

Dziedziczenie czynnika Rh

W poprzedniej klasie była mowa o tym, że we krwi człowieka może występować również białko zwane **czynnikiem Rh**. Jest ono dziedziczone według zasad obowiązujących dla dziedziczenia jednego genu, którego jeden z alleli jest recesywny, a drugi – dominujący.

Osoby, w których komórkach znajduje się przynajmniej jeden allel dominujący, mają białko Rh we krwi. Wówczas mówimy, że takie osoby są Rh⁺. Ludzie, u których oba allele są recesywne, nie mają we krwi białka Rh; mówimy, że są Rh⁻. Osób Rh⁺ jest w społeczeństwie więcej.

FENOTYPY I GENOTYPY GRUP KRWI	
Grupa krwi (fenotyp)	Genotyp
A	$I^A I^A$ lub $I^A i$
B	$I^B I^B$ lub $I^B i$
AB	$I^A I^B$
0	ii

WARTO WIEDZIEĆ

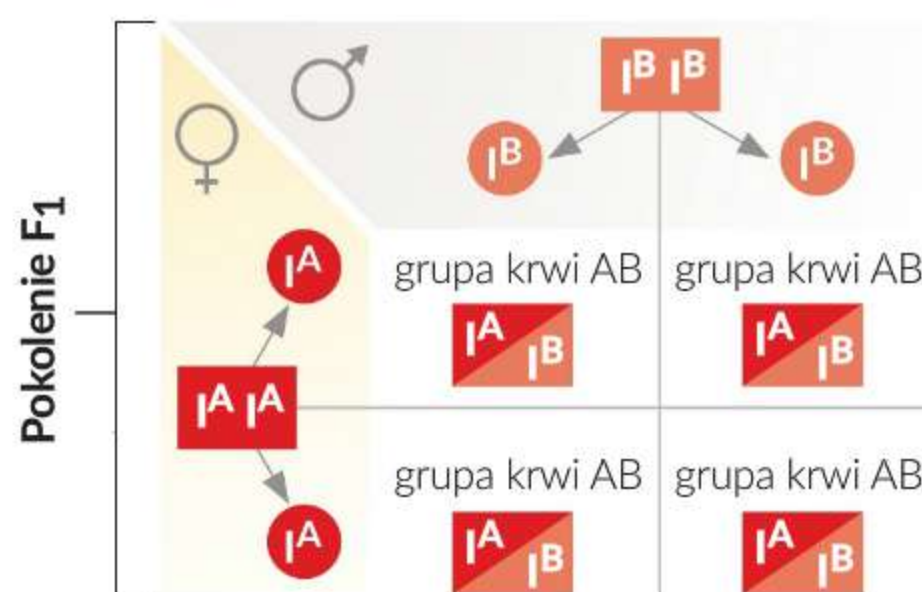
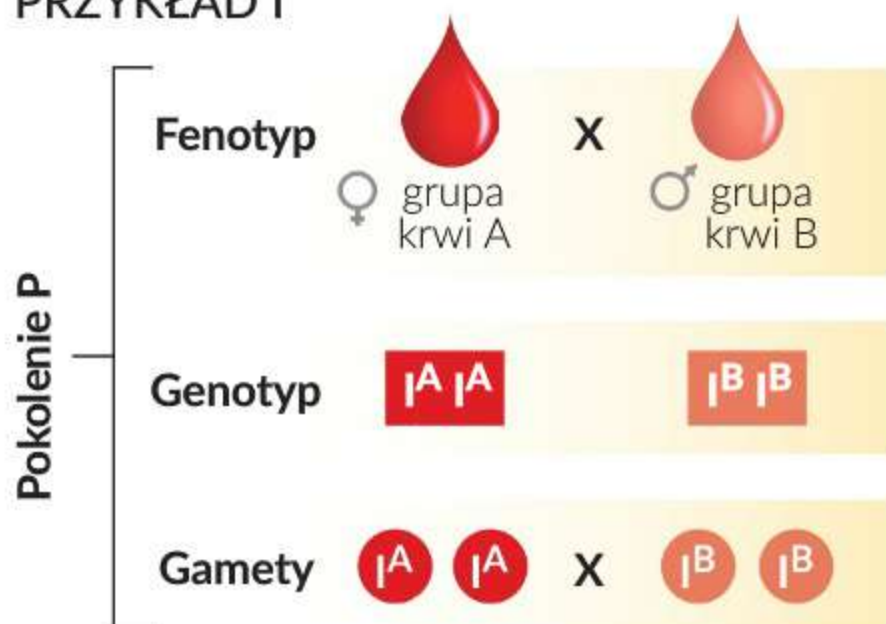
Zróżnicowanie grup krwi i innych cech u potomstwa

Gen odpowiedzialny za grupę krwi występuje w trzech odmianach (allelach). Jednak u każdego człowieka w genotypie występują tylko dwa z nich. Niektóre dzieci mają inną grupę krwi niż ich rodzice. W zależności od tego, które allele znajdują się w gametach rodziców, u potomstwa może wystąpić inny układ alleli. U człowieka wiele genów ma kilka lub kilkanaście alleli. Ich różnorodność leży u podłoża tak dużej zmienności wśród ludzi.

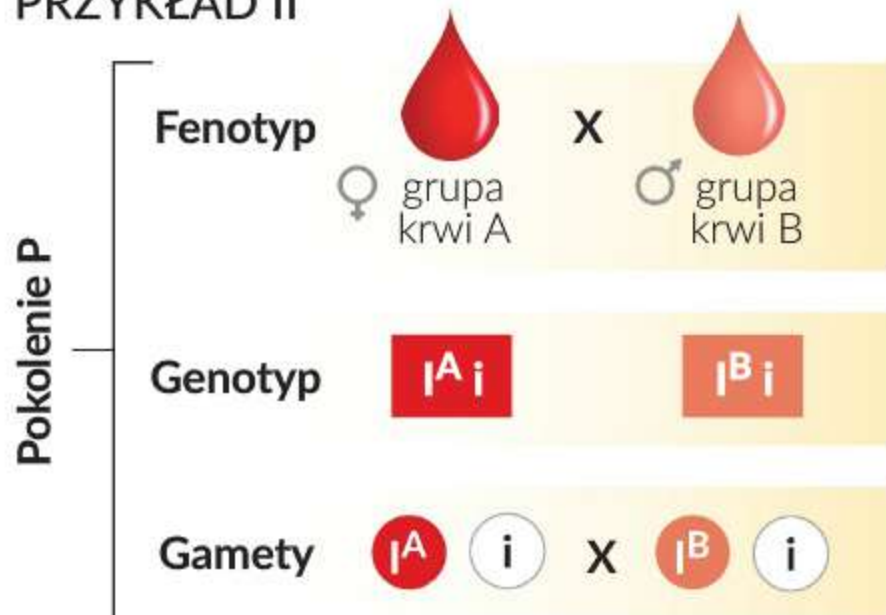
■ Przykłady dziedziczenia grup krwi

W krzyżówkach genetycznych (I, II, III) osób o grupach krwi A i B pokazano zależność grup krwi potomstwa (Pokolenie F₁) od genotypów rodziców (Pokolenie P).

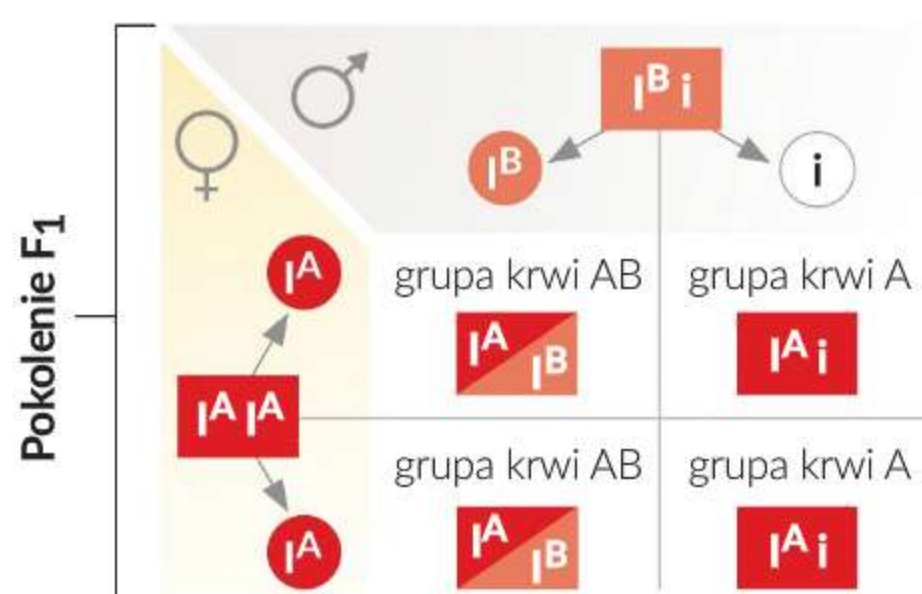
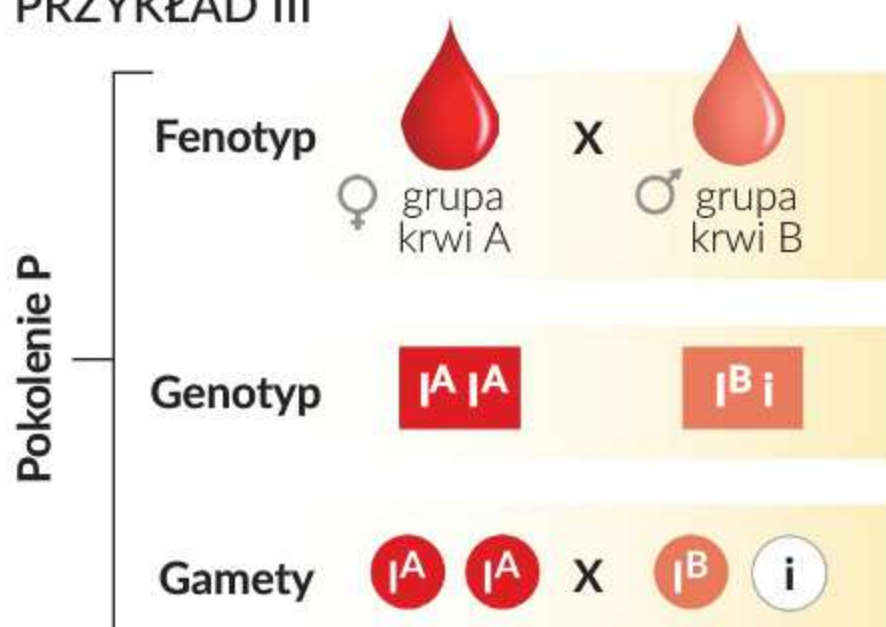
PRZYKŁAD I



PRZYKŁAD II



PRZYKŁAD III



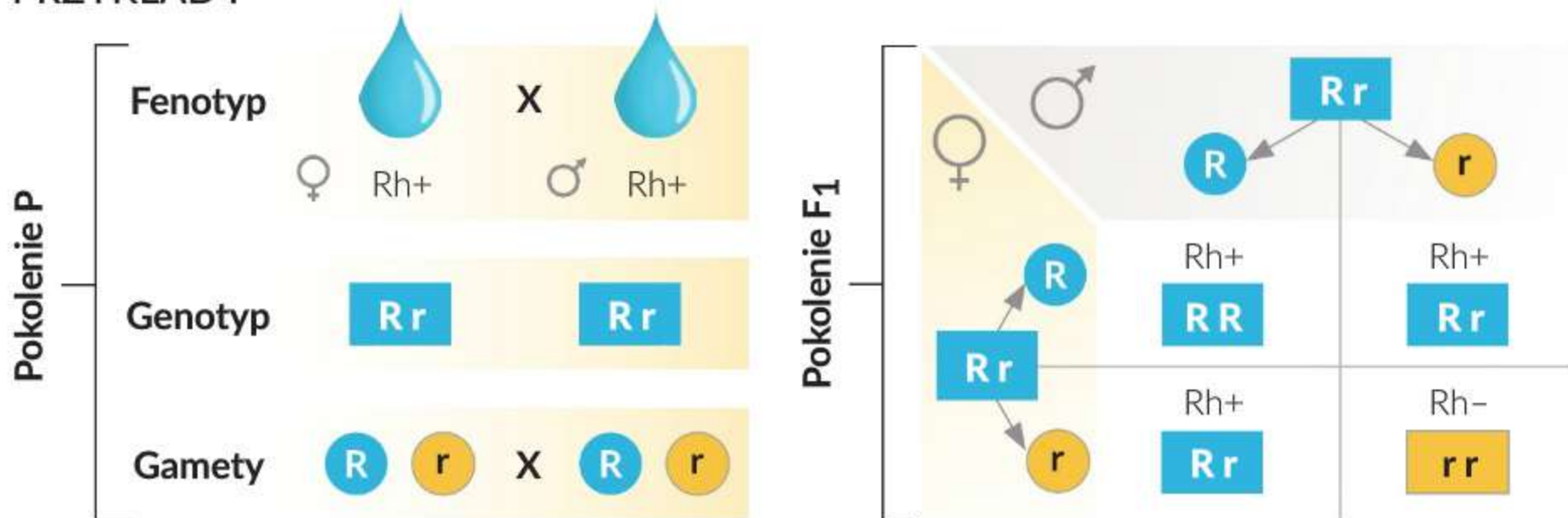
We wszystkich przedstawionych przykładach jedno z rodziców ma grupę krwi A, a drugie – B. Ze względu na różne genotypy rodziców w poszczególnych przykładach potomstwo także ma różne grupy krwi, w niektórych przypadkach inne niż rodzice:

- w przykładzie I – wszystkie dzieci mają krew grupy AB;
- w przykładzie II – dzieci mogą mieć grupy krwi – A, B, AB lub O;
- w przykładzie III – dzieci mogą mieć grupę krwi A lub AB.

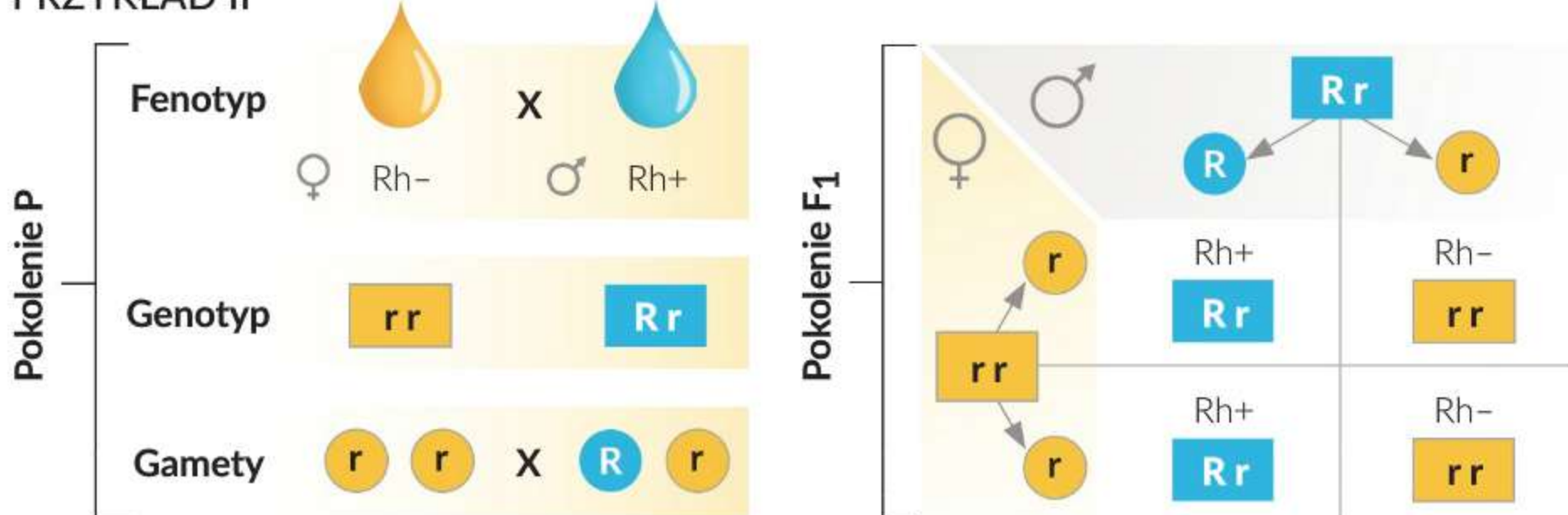
■ Przykłady dziedziczenia czynnika Rh

W krzyżówkach genetycznych (przykłady I, II, III) obrazujących dziedziczenie czynnika Rh w zależności od genotypu rodziców allel dominujący, warunkujący obecność białka Rh we krwi, oznaczono jako **R**, natomiast allel recesywny, odpowiedzialny za brak białka, jako **r**.

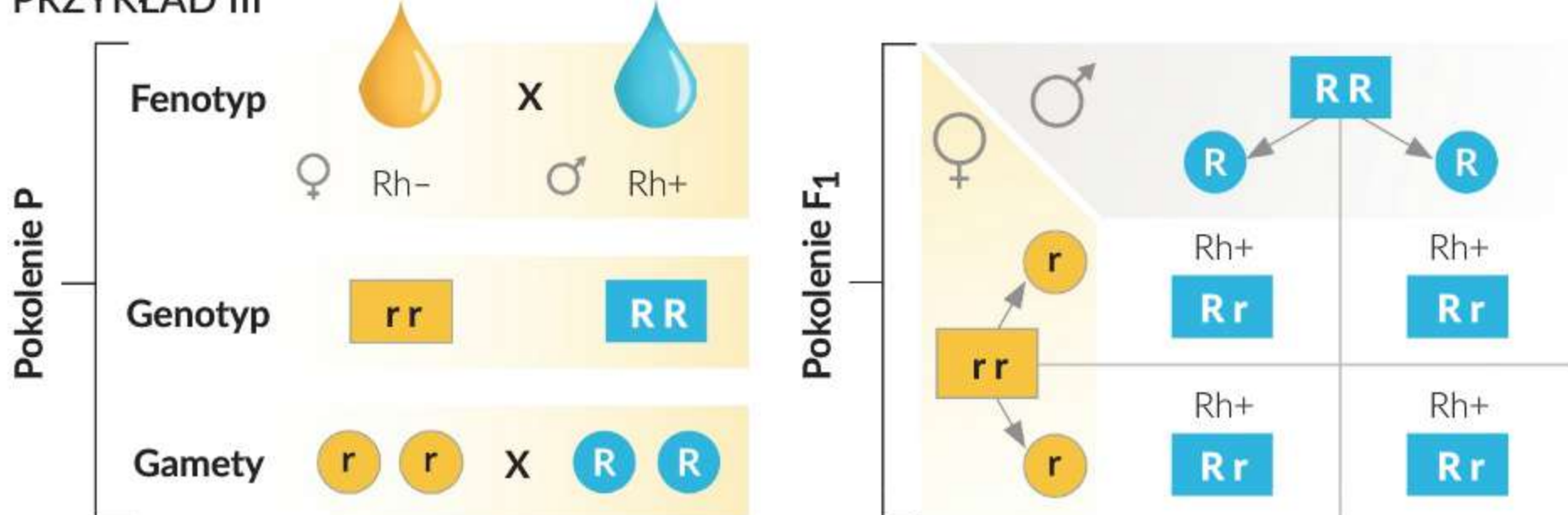
PRZYKŁAD I



PRZYKŁAD II



PRZYKŁAD III



W przykładach II i III pokazano genetyczne podłoże konfliktu serologicznego. Zaistnieje on wtedy, kiedy matka jest homozygotą recesywną **rr**, czyli jest Rh-, a ojciec dziecka jest Rh+ (heterozygotą w przykładzie II lub homozygotą dominującą w przykładzie III).

W przykładzie II jest 50% szans, że dziecko będzie Rh+, a w przykładzie III wszystkie dzieci są Rh+. Konsekwencją takiego układu fenotypów matki i potomstwa może być konflikt serologiczny, w którym przeciwciała matki anty-Rh będą przenikać przez łożysko i osłabiać płód.

WARTO WIEDZIEĆ

Anemia sierpowata

Przyczyną choroby o podłożu genetycznym, zwanej **anemią sierpowatą** jest zmieniony gen warunkujący budowę hemoglobiny. W efekcie powstaje hemoglobina o niewłaściwym kształcie, która wiąże tlen słabiej niż hemoglobina o poprawnej budowie. Krwinki zawierające nieprawidłową hemoglobinę mają kształt półksiężyca. Jeżeli jedno z rodziców jest zdrowe, a drugie chore (ma oba allele zmienione), to ich dzieci mają jeden allele hemoglobiny „zdrowy”, a drugi zmieniony (u heterozygot), zatem połowa krwinek ma właściwy kształt, a połowa – zmieniony. Oznacza to, że allele zmieniony nie dominuje nad prawidłowym.



ZAPAMIĘTAJ

- Grupy krwi są warunkowane przez różne allele tego samego genu.
- W dziedziczeniu czynnika Rh gen warunkujący obecność białka Rh jest dominujący.
- Grupy krwi układu AB0 są warunkowane przez układ dwóch spośród trzech istniejących alleli: I^A , I^B , i.
- Na podstawie grup krwi dwojga ludzi można przewidywać, jakie grupy krwi może mieć ich przyszłe potomstwo.

POLECENIA

1. Podaj swoją grupę krwi układu AB0 i określ, jaki możesz mieć genotyp.
2. Ustal na podstawie krzyżówki genetycznej, czy rodzice, z których jedno ma grupę krwi A, a drugie AB, mogą mieć dziecko o grupie krwi 0.
3. Wyjaśnij, w przypadku jakich genotypów rodziców może rozwinąć się konflikt serologiczny między organizmem matki a płodem.

7 Dziedziczenie płci u człowieka i cech sprzężonych z płcią

Z tej lekcji dowiesz się:

- od czego zależy płeć człowieka;
- czy jeśli rodzicom urodziła się już córka, to jest większa szansa, że kolejny będzie syn;
- dlaczego niektóre choroby występują prawie wyłącznie u mężczyzn;
- czy syn daltonisty będzie daltonistą.

Dziedziczenie płci

Jak już wspomniano, w każdej komórce ciała człowieka, oprócz komórek rozrodczych, znajduje się 46 chromosomów – diploidalny komplet odziedziczony po obojgu rodzicach, 23 chromosomy od każdego z nich. Spośród tych chromosomów 44 to **autosomy** (22 pary), oznaczone umownie kolejnymi numerami od 1 do 22, oraz dwa **chromosomy płci**, oznaczone literami, wyznaczające płeć człowieka w chwili zapłodnienia.

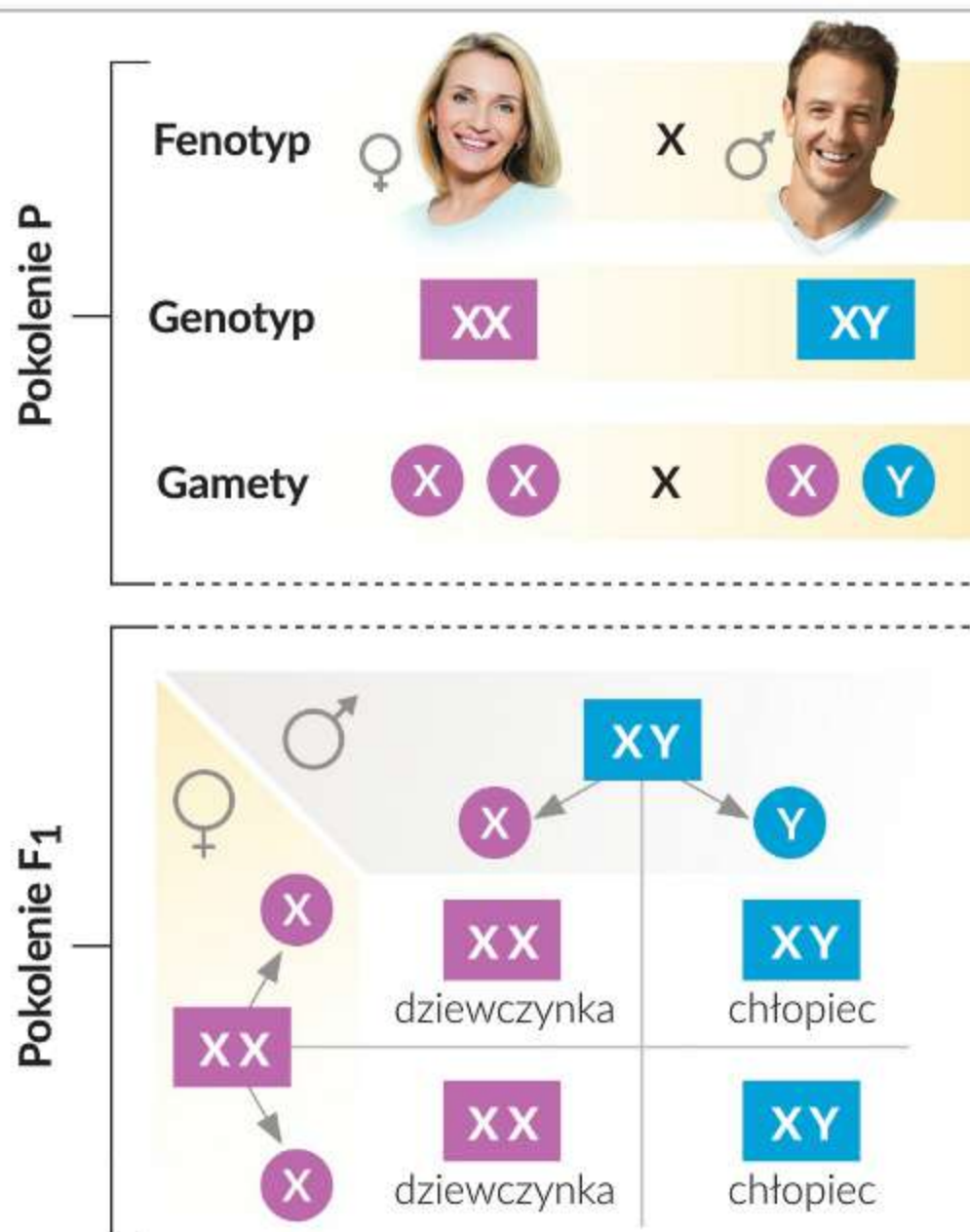
U **kobiet** występują dwa takie same chromosomy płci, zwane chromosomami **X**, natomiast u **mężczyzn** – jeden chromosom **X** i jeden **Y**. Podczas mejozy do komórki rozrodczej trafia haploidalna liczba chromosomów – po jednym z pary. U kobiety w każdej komórce rozrodczej znajdują się więc 22 chromosomy, które nie mają wpływu na płeć, oraz chromosom **X**. U mężczyzn w połowie plemników oprócz 22 autosomów występuje chromosom **X**, a w drugiej połowie – **Y**.

Układ chromosomów płci wyznacza płeć człowieka

Prawdopodobieństwo urodzenia się dziecka każdej z płci wynosi 50%.

Ponieważ każde zapłodnienie jest niezależne od poprzedniego, jeśli rodzicom urodziła się np. córka, to w przypadku kolejnego dziecka znowu istnieje 50% prawdopodobieństwo, że urodzi się dziewczynka, i 50%, że urodzi się chłopiec.

To tak jak z rzutem monetą. Prawdopodobieństwo, że będzie reszka albo orzeł w kolejnym rzucie zawsze wynosi 50%.



Jeśli komórka jajowa zostanie zapłodniona plemnikiem zawierającym chromosom **X**, to zygota będzie miała układ chromosomów płciowych **XX** i rozwine się z niej dziewczynka. Jeśli natomiast komórka jajowa zostanie zapłodniona przez plemnik zawierający chromosom **Y**, to zygota będzie miała chromosomy **XY** i rozwine się z niej chłopiec.

Chromosom **Y** zawiera fragment odpowiedzialny za rozwój jąder podczas rozwoju zarodkowego, co prowadzi do ukształtowania płci męskiej. Jeśli w komórkach zarodka nie ma chromosomu **Y**, rozwijają się jajniki, co prowadzi do ukształtowania płci żeńskiej przyszłego dziecka.

Cechy sprzężone z płcią

Chromosom **Y**, występujący jedynie u mężczyzn, zawiera prawie wyłącznie geny związane z rozwojem męskich cech płciowych. Natomiast chromosom **X** zawiera wiele bardzo ważnych dla życia genów, np. związanych z prawidłowym krzepnięciem krwi. Ten chromosom mamy wszyscy, bez względu na płeć.

Cechy warunkowane przez geny znajdujące się w chromosomie **X** nazywamy **cechami sprzężonymi z płcią**.

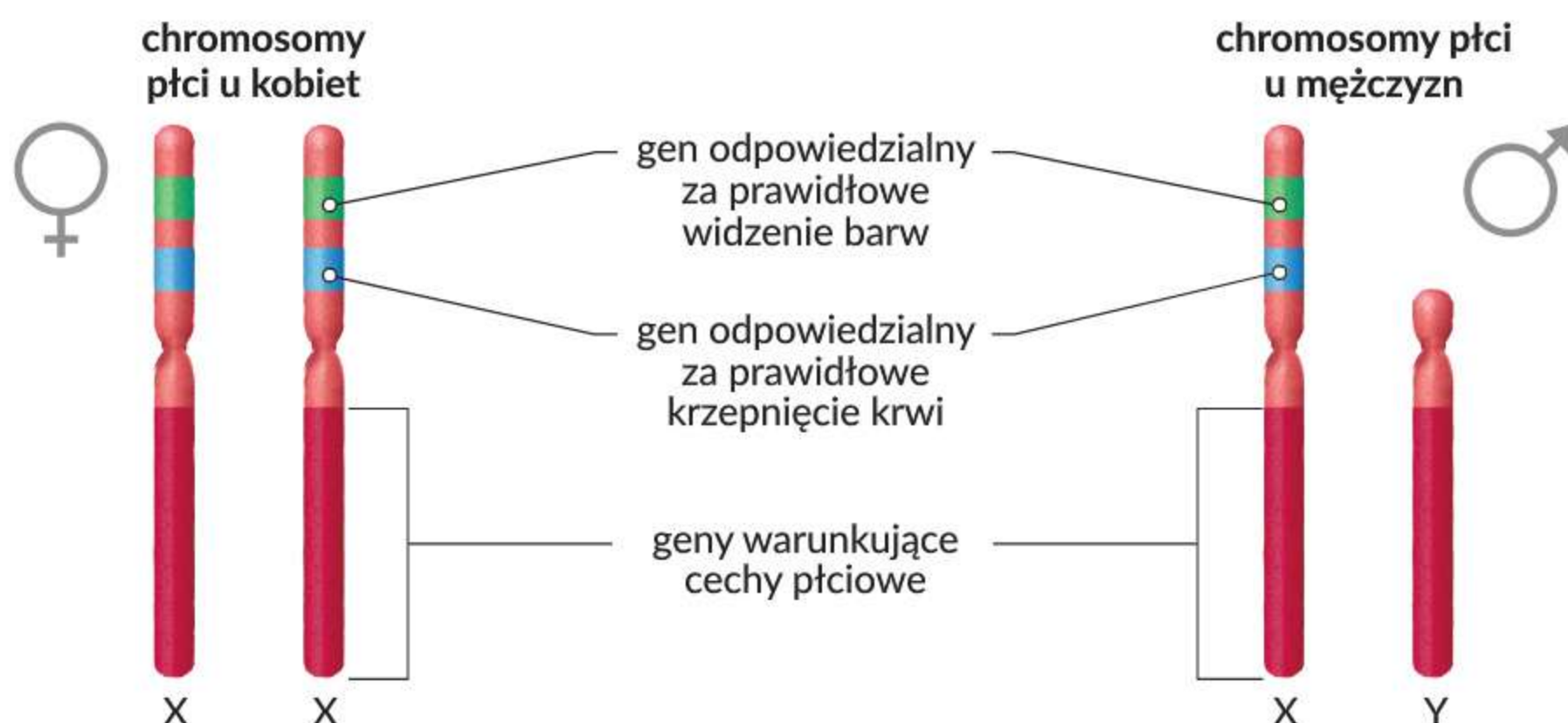
Ponieważ kobieta ma dwa chromosomy **X**, ma także dwa allele każdego z genów zlokalizowanych na tym chromosomie. Mężczyzna natomiast, jako że ma tylko jeden chromosom **X**, dysponuje tylko jednym allele każdego z genów zawartych w tym chromosomie.

Choroby sprzężone z płcią

Choroby sprzężone z płcią to te, których występowanie zależy od obecności określonych alleli w chromosomie **X**. Najczęściej są wywoływane obecnością alleli recesywnych albo w obu chromosomach homologicznych **X** u kobiet, albo w jednym chromosomie **X** u mężczyzn.

Choroby sprzężone z płcią występują u mężczyzn znacznie częściej niż u kobiet, ponieważ do ujawnienia się recesywnej cechy wystarczy odziedziczenie wadliwego genu po matce – bo to od niej mężczyzna dostaje swój jedyny chromosom **X**. By choroba wystąpiła u kobiety, musiałaby

■ Lokalizacja wybranych genów w chromosomach płci



Widzenie prawidłowe



Widzenie przez daltonistę



▲ Widzenie kolorów przez człowieka zdrowego oraz symulacja postrzegania kolorów przez daltonistę

ona odziedziczyć dwa allele recesywne – zarówno od matki, jak i od ojca (na każdym otrzymanym chromosomie X), co jest mniej prawdopodobne.

Jedną z chorób sprzężonych z płcią jest **daltonizm**, czyli nierozróżnianie barwy czerwonej i zielonej, co wynika z nieprawidłowego funkcjonowania czopków w siatkówce oka.

Inną chorobą sprzężoną z płcią jest **hemofilia**. Przyczyną hemofilii jest niewytwarzanie przez wątrobę prawidłowej formy jednego z białek, niezbędnego do procesu krzepnięcia krwi. Osoba chora na hemofilię jest narażona na trudne do opamiętania krwawienia, zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne. Obecnie hemofilia nie jest już tak niebezpieczną chorobą jak dawniej, ponieważ chorym można podawać lekarstwa zwiększające krzepliwość krwi.

Dziedziczenie chorób sprzężonych z płcią

Aby określić prawdopodobieństwo wystąpienia chorób sprzężonych z płcią, należy zapisać krzyżówkę genetyczną podobną do tych, które już znasz. Różnica dotyczy zapisu alleli. Oprócz samych alleli uwzględnia

się również chromosomy płci, na których allele się znajdują. Geny sprzężone z płcią oznacza się literą w indeksie górnym przy symbolu chromosomu płci X.

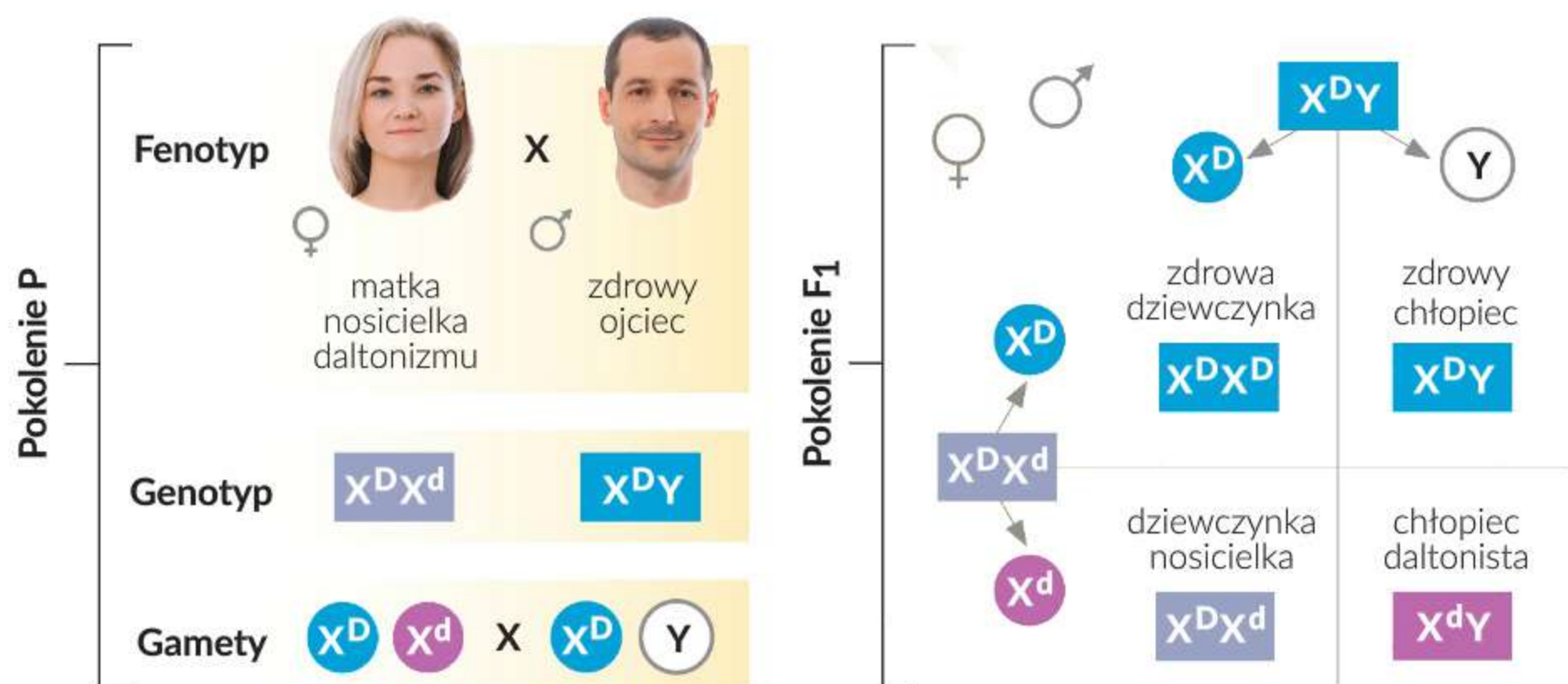
Przykładowo gen odpowiedzialny za prawidłowe widzenie barw oznacza się jako X^D (allel dominujący), a gen odpowiedzialny za nieprawidłowe widzenie barw – jako X^d (allel recesywny). Możliwe genotypy ludzi i odpowiadające im fenotypy pod względem widzenia barw są następujące:

- $X^D X^D$ – kobieta, która prawidłowo widzi barwy;
- $X^D X^d$ – kobieta, która prawidłowo widzi barwy, ale jest nosicielką allelu recesywnego (daltonizmu);
- $X^d X^d$ – kobieta, która nieprawidłowo widzi barwy (bardzo rzadki przypadek, daltonistka);
- $X^D Y$ – mężczyzna, który prawidłowo widzi barwy;
- $X^d Y$ – mężczyzna, który nieprawidłowo widzi barwy (daltonista).

Hemofilia jest uwarunkowana recesywnym allelem genu, co zapisujemy umownie X^h . Z kolei dominujący allel warunkuje powstawanie prawidłowej formy białka odpowiedzialnego za krzepnięcie krwi. Zapisujemy go jako X^H .

Dziedziczenie daltonizmu

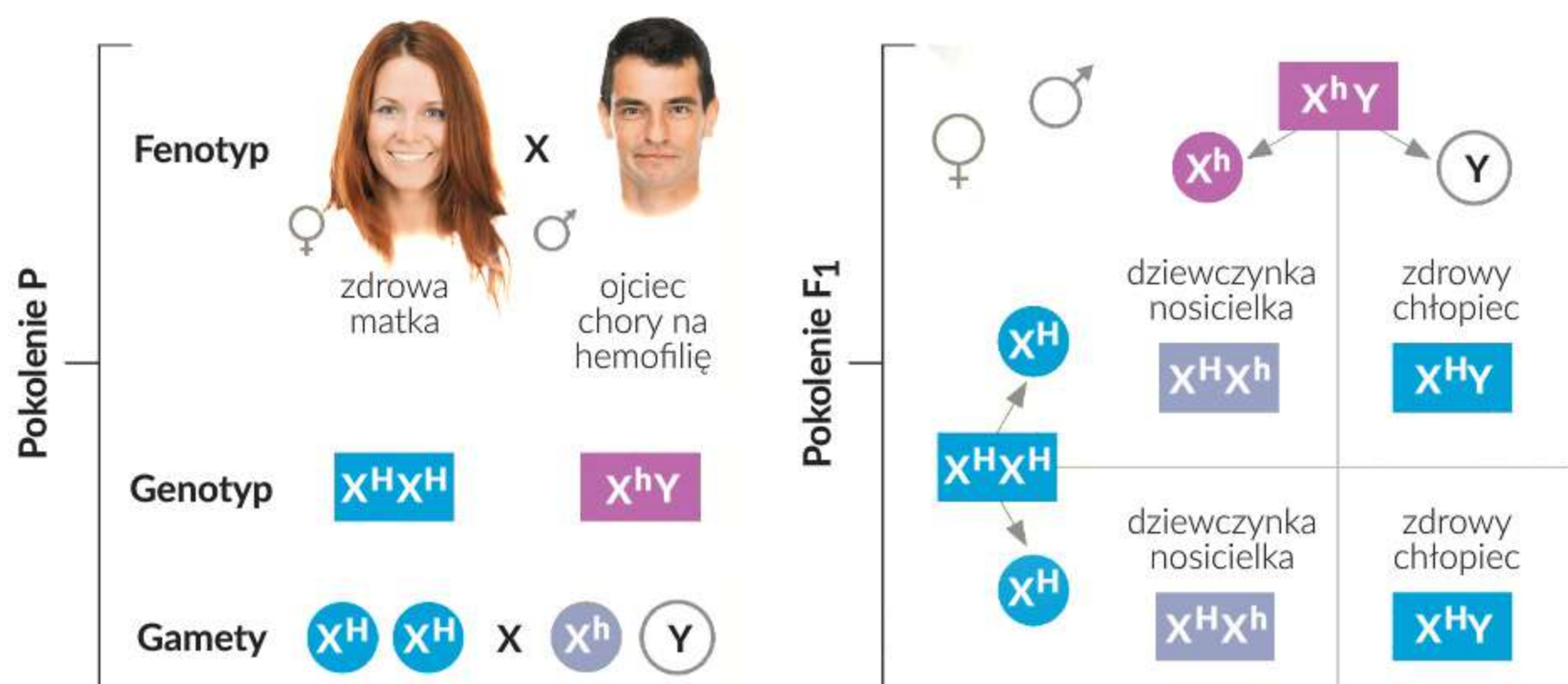
Poniższa krzyżówka przedstawia sytuację, gdy ojciec prawidłowo rozróżnia barwy, a matka jest nosicielką allelu daltonizmu.



Z powyższej krzyżówki wynika, że jeśli rodzicom urodzi się dziewczynka, to będzie prawidłowo rozpoznawała barwy, ale istnieje 50% prawdopodobieństwo, że będzie nosicielką daltonizmu. Jeśli urodzi się syn, to istnieje 50% prawdopodobieństwo, że będzie zdrowy, i 50%, że będzie daltonistą.

Dziedziczenie hemofilii

Przykładowy zapis krzyżówki w przypadku, gdy mężczyzna jest chory na hemofilię, a kobieta jest zdrowa i nie jest nosicielką.



To, czy mężczyzna jest zdrowy czy chory, zależy tylko od jednego allelu. U kobiet hemofilia występuje bardzo rzadko.

Warto zwrócić uwagę na to, że w przypadku cech sprzężonych z płcią wyniki krzyżówki są różne w zależności od płci. Dlatego przy podawaniu wyników musimy

odnieść się do dziewcząt i chłopców. Oczywiście cały czas pamiętamy, że krzyżówka przedstawia tylko możliwości i nie określa jednoznacznie cech potomstwa.

WARTO WIEDZIEĆ

Drzewo rodowe

Obok pokazano dziedziczenie allelu choroby sprzężonej z płcią (np. daltonizmu albo hemofilii) za pomocą **drzewa rodowego**.

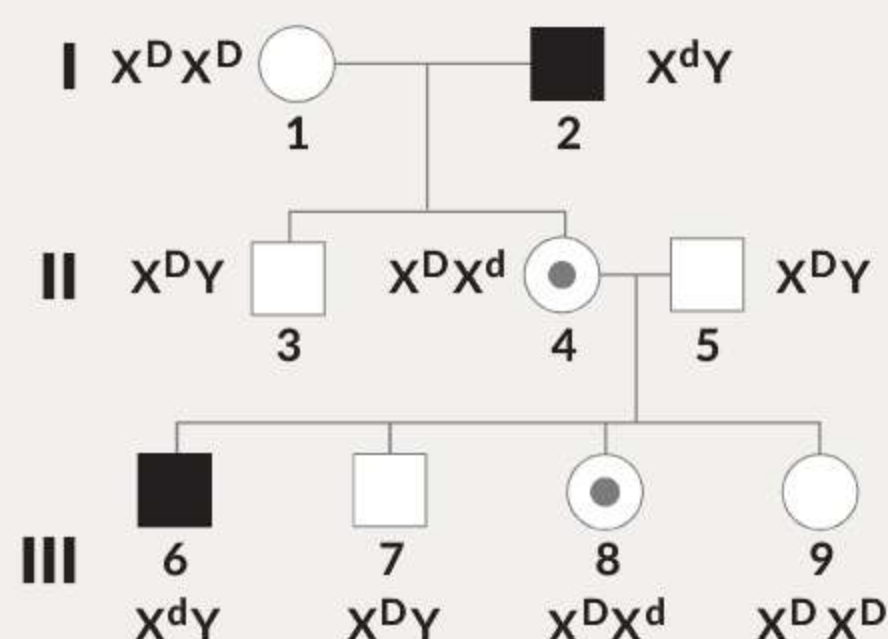
Jest to forma zapisu dziedziczenia cech,

w której umownie kobiety oznaczamy kółkiem, a mężczyźn kwadratem; osoby połączone poziomą kreską to rodzice dzieci wymienionych w kolejnej linii.

Osoby chore są oznaczane wypełnieniem kształtu na czarno, osoby zdrowe – brakiem wypełnienia, a nosicielki kropką w środku kółka.

Na drzewie obok uwzględniono sytuację, w której w pokoleniu I matka (1) była zdrowa, a ojciec (2) był chory. Dzieci tych rodziców (pokolenie II) to zdrowy syn (3)

i córka nosicielka (4), której mąż był zdrowy (5). W kolejnym pokoleniu (III) urodzili się: chory syn (6), zdrowy syn (7), córka – nosicielka choroby (8) i zdrowa córka (9). Dla ułatwienia obok symboli podano genotypy wszystkich osób.



ZAPAMIĘTAJ

- Żeński zestaw chromosomów różni się od zestawu męskiego jedną parą chromosomów zwanych chromosomami płci; u kobiet występują dwa chromosomy X, a u mężczyzn chromosom X oraz chromosom Y.
- Występowanie mniej więcej równej liczby kobiet i mężczyzn na świecie wynika ze sposobu dziedziczenia płci.
- Chromosom Y jest mniejszy w porównaniu z chromosomem X i dlatego nie zawiera

wszystkich odpowiadających alleli genów występujących w chromosomie X.

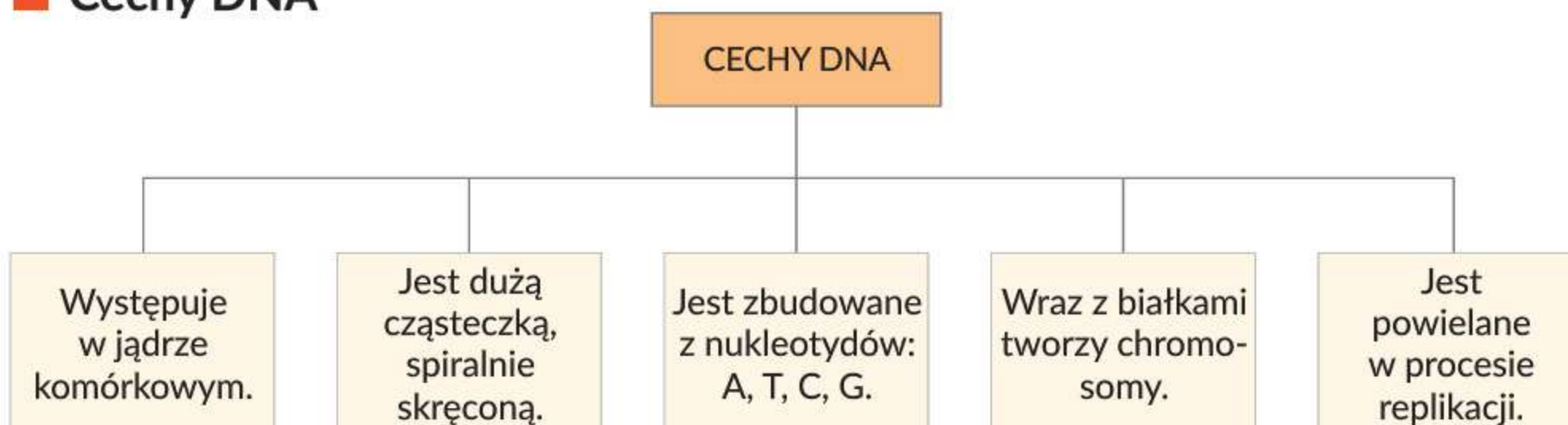
- W chromosomach płci znajdują się zarówno geny warunkujące cechy płciowe, jak i inne cechy, niezwiązane z płcią (np. geny odpowiedzialne za występowanie niektórych chorób).
- Daltonizm i hemofilia są cechami sprzężonymi z płcią. Choroby te występują znacznie częściej u mężczyzn niż u kobiet.

POLECENIA

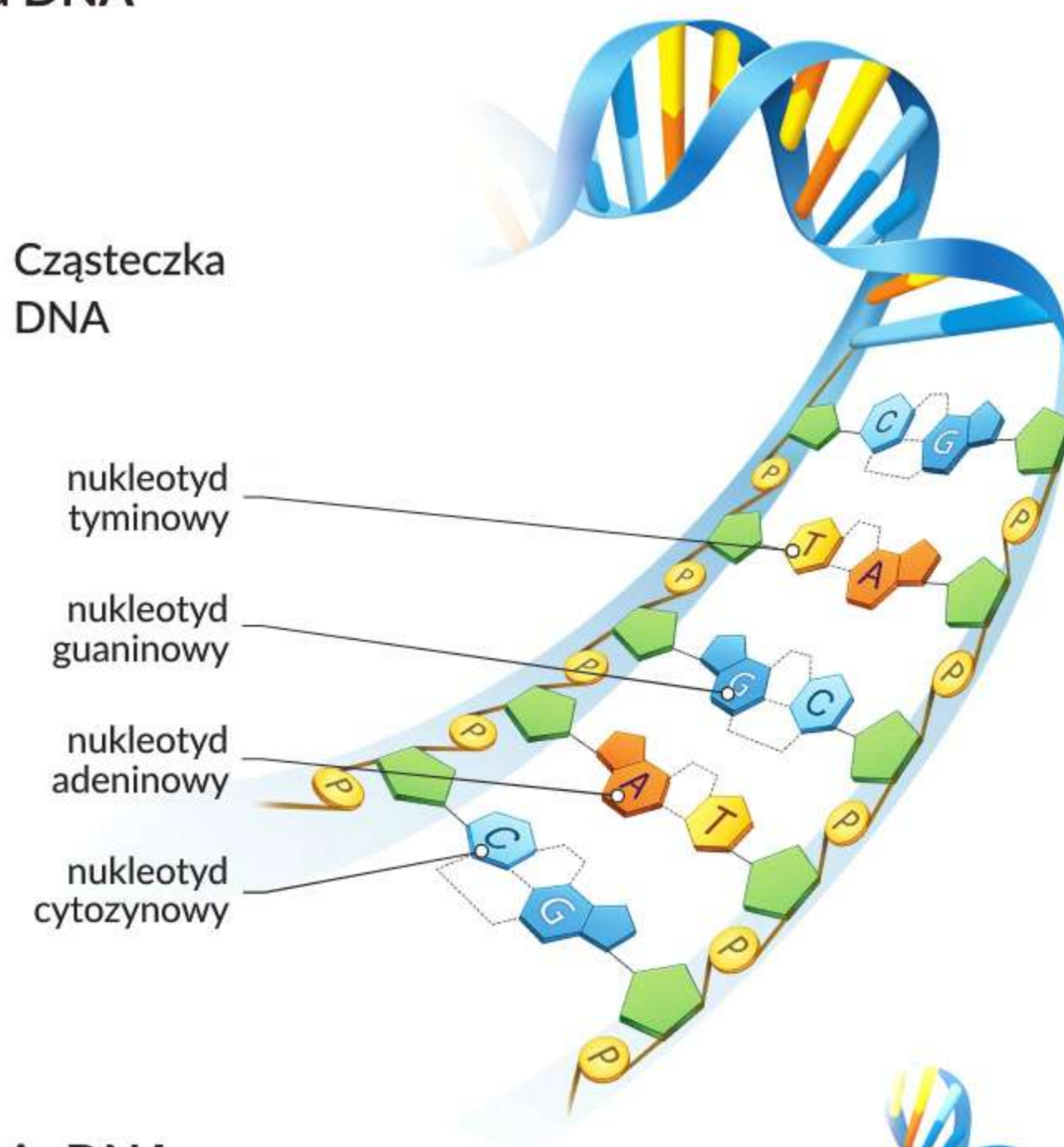
1. Przedstaw sposób dziedziczenia płci człowieka.
2. Podaj, co oznacza termin: cecha sprzężona z płcią.
3. Wyjaśnij, co to jest daltonizm i dlaczego znacznie częściej występuje u mężczyzn niż u kobiet.
4. Podaj przyczyny i objawy hemofilii.
5. Przedstaw sposób dziedziczenia wybranej choroby sprzężonej z płcią.

8 Podsumowanie działu

Cechy DNA

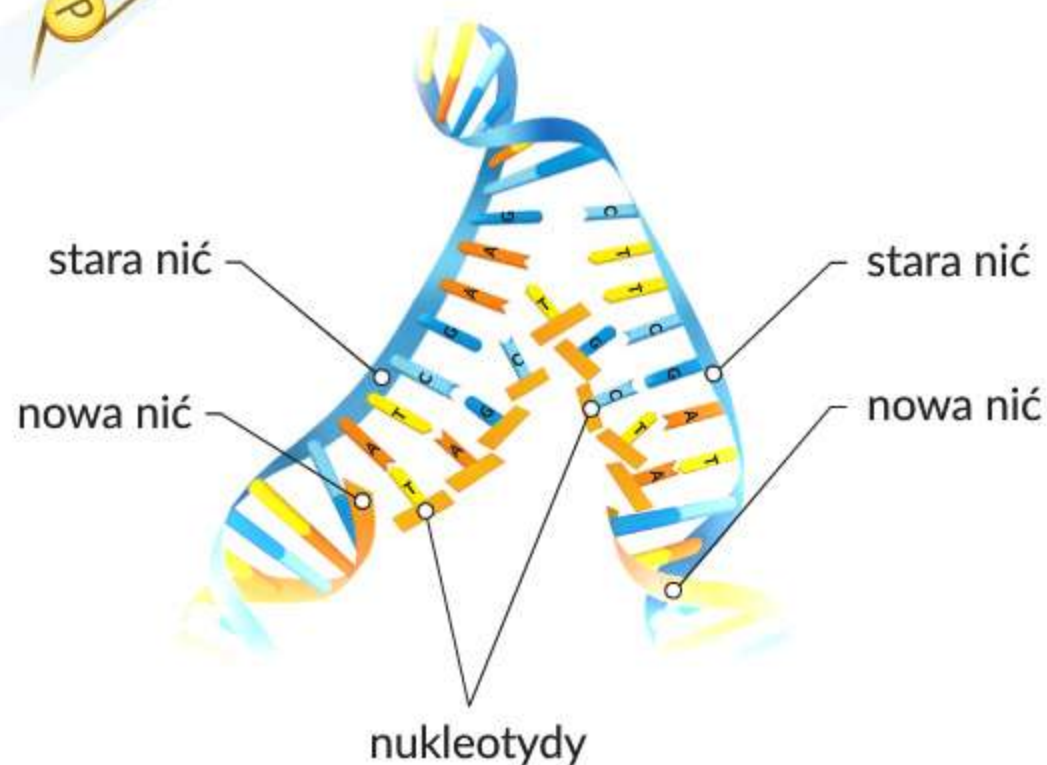


Budowa DNA



Replikacja DNA

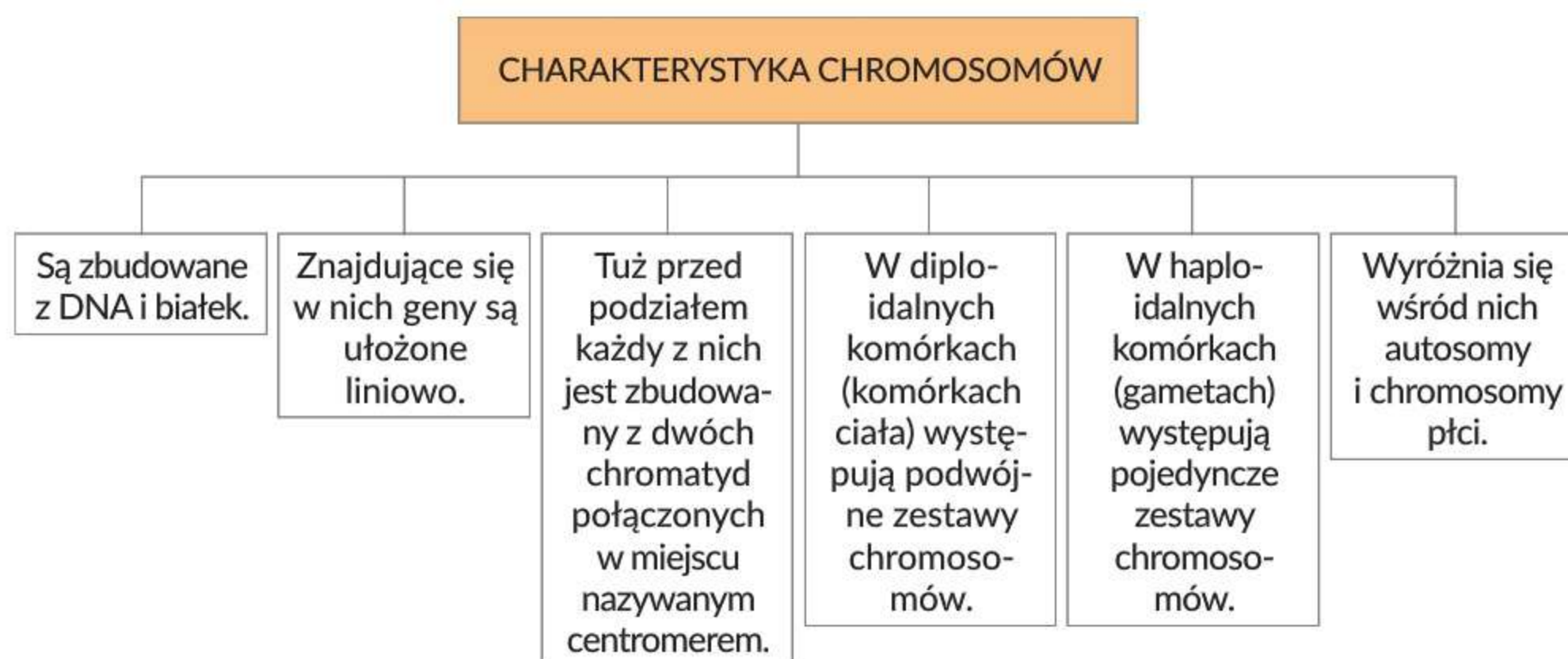
W wyniku replikacji DNA powstają dwie cząsteczki DNA identyczne z cząsteczką macierzystą.



■ Etapy ujawniania się informacji o cechach



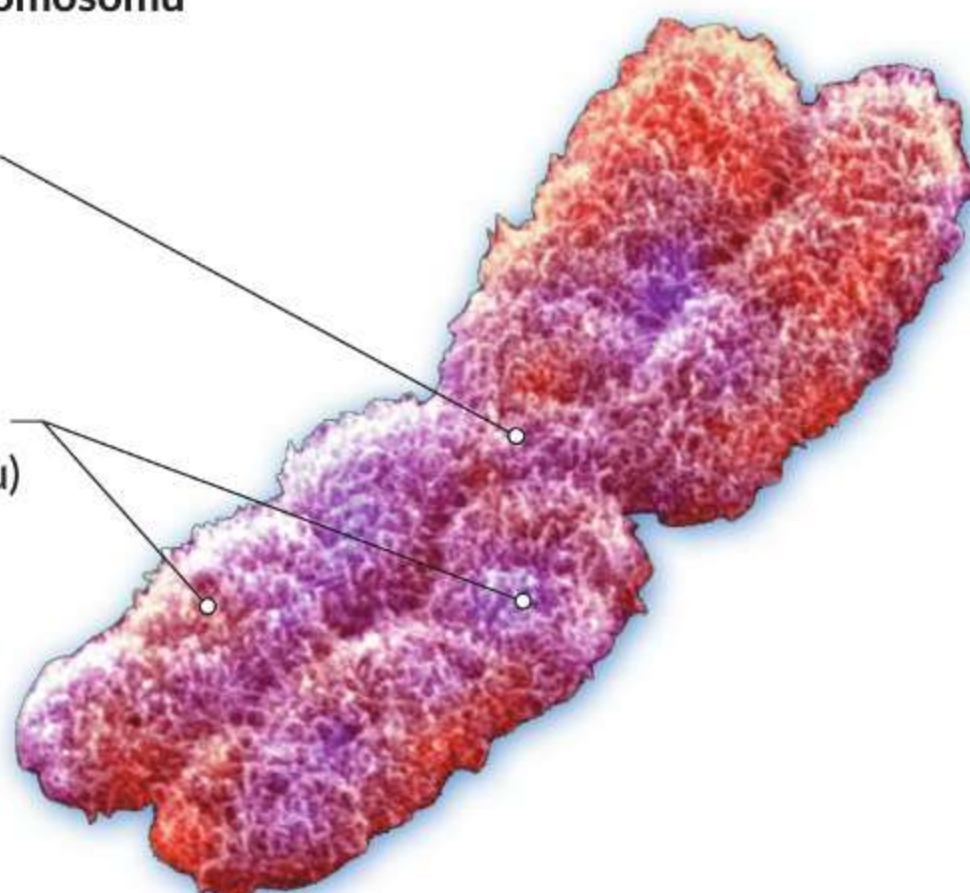
■ Chromosomy



Budowa chromosomu

centromer

chromatydy
(połówki chromosomu)



■ Związek między genotypem a fenotypem



■ Porównanie mitozy i mejozy

PORÓWNYWANE CECHY	MITOZA	MEJOZA
Liczba powstających komórek	2	4
Zmniejszenie liczby chromosomów w komórkach potomnych	nie	tak
Rekombinacja genetyczna	nie	tak
Zachodzenie w organizmie człowieka	podczas wzrostu i rozwoju, od zapłodnienia do końca życia, podczas odtwarzania zużytych komórek, np. naskórka, krwi	podczas powstawania komórek rozrodczych

■ Definicje terminów genetycznych

TERMIN	DEFINICJA
gen	Odcinek DNA występujący w chromosomie, niosący informację o jednym białku
allel	Wersja genu; allele (A lub a) tego samego genu zajmują tę samą pozycję (miejsce) w chromosomach homologicznych (siostrzanych)
allel dominujący	Allel, który przejawia się w fenotypie nawet w obecności innego allelu (np. osoba o genotypie Aa ma oczy brązowe, bo A determinuje brązową barwę oczu). Allel dominujący jest oznaczany zawsze wielką literą
allel recesywny	Allel, który w fenotypie przejawia się tylko pod nieobecność allelu dominującego (tylko u osoby o genotypie aa). Allel recesywny jest oznaczany małą literą
homozygota	Organizm, w którym dana cecha jest warunkowana przez dwa identyczne allele tego samego genu (AA, aa)
heterozygota	Organizm, w którym dana cecha jest warunkowana przez dwa różne allele tego samego genu (Aa)
genotyp	Informacja o wszystkich genach organizmu. Zwyczajowo przez to pojęcie rozumie się układ alleli jednego lub kilku genów określonego osobnika rozpatrywanych w danym zadaniu (AA lub aa, lub Aa)
fenotyp	Zestaw charakterystycznych cech osobnika, które ujawniają się jako odzwierciedlenie genotypu, np. brązowy lub niebieski kolor oczu, masa ciała; niekiedy może się zmieniać pod wpływem czynników środowiska

■ Kolejność zapisu krzyżówki genetycznej



■ Sposoby dziedziczenia

OPIS SPOSOBU DZIEDZICZENIA	PRZYKŁADY
U heterozygot ujawniają się wyłącznie allele dominujące	dziedziczenie zdolności do zwijania języka w rurkę, czynnika Rh i odstających uszu u człowieka
Istnieją więcej niż dwa allele tego samego genu warunkujące cechę	dziedziczenie grup krwi układu AB0 u człowieka
Gen warunkujący cechę znajduje się w chromosomie X	dziedziczenie daltonizmu i hemofilii u człowieka

Sprawdź, co umiesz

Uwaga! Odpowiedzi do zadań zapisz w zeszycie.

Zadanie 1.

Wybierz spośród niżej wymienionych te cechy, które są dziedziczne.

- | | |
|---------------|---------------|
| A. masa ciała | C. opalenizna |
| B. grupa krwi | D. barwa oczu |

Zadanie 2.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Informacja o cechach organizmu jest zawarta w

- | | | | |
|------------|---------|--------------|-------------|
| A. białku. | B. DNA. | C. enzymach. | D. cukrach. |
|------------|---------|--------------|-------------|

Zadanie 3.

Oceń prawdziwość poniższych zdań (I i II) i wskaż odpowiednią literę spośród A–D.

- I. Nukleotydy budujące DNA różnią się od siebie jednym składnikiem i są oznaczane literami: A, T, C i G.
- II. DNA składa się z jednego łańcucha połączonych ze sobą nukleotydów.
- | | |
|--------------------------------|---|
| A. Oba zdania są prawdziwe. | C. Zdanie I jest prawdziwe, a zdanie II – nieprawdziwe. |
| B. Oba zdania są nieprawdziwe. | D. Zdanie I jest nieprawdziwe, a zdanie II – prawdziwe. |

Zadanie 4.

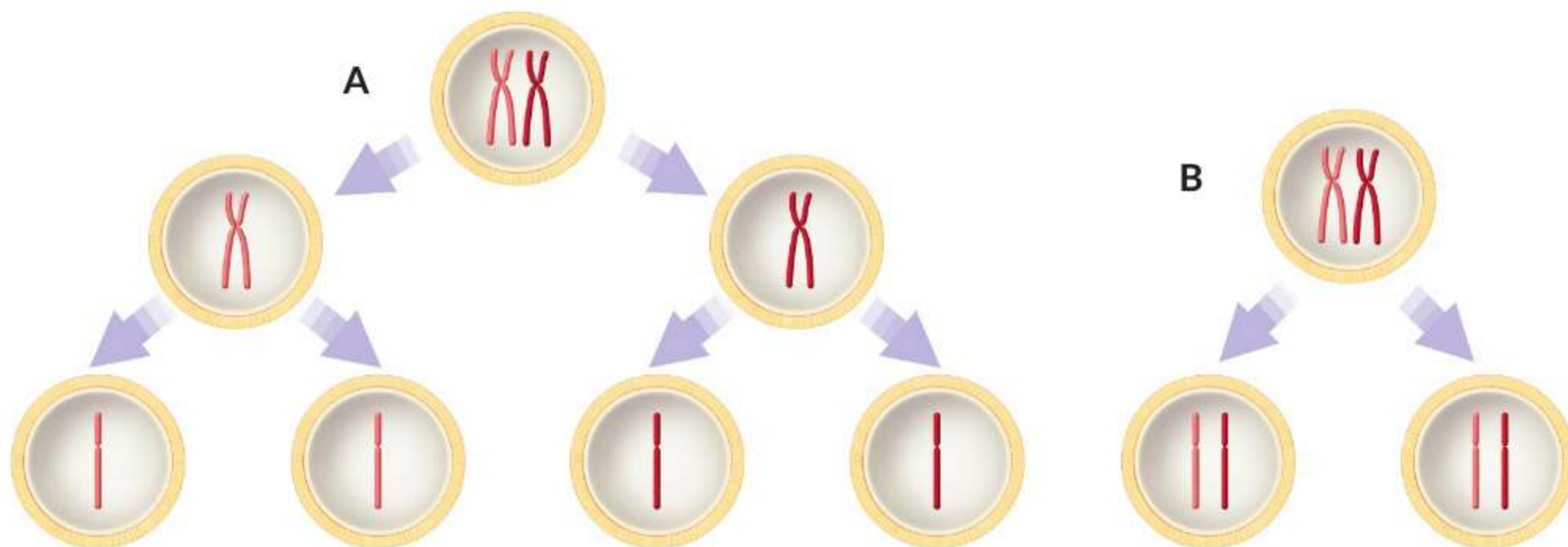
Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Gen to

- | |
|--|
| A. odcinek DNA zawierający informację o jednym białku. |
| B. odcinek białka zawierający informację o DNA. |
| C. odcinek białka zawierający informację o cechach organizmu. |
| D. odcinek DNA zawierający informację o wszystkich białkach organizmu. |

Zadanie 5.

Na poniższym rysunku przedstawiono dwa uproszczone schematy podziałów komórkowych: A i B.



Wskaż schemat, który przedstawia mitozę.

- | | | | |
|-------|--------|-------------|--|
| I. A. | II. B. | III. A i B. | IV. Żaden ze schematów nie przedstawia mitozy. |
|-------|--------|-------------|--|

Zadanie 6.**Wskaż poprawne dokończenie zdania.**

W wyniku mitozy komórki diploidalnej o 30 chromosomach powstaną

- A. dwie komórki haploidalne o 15 chromosomach każda.
- B. cztery komórki haploidalne o 15 chromosomach każda.
- C. dwie komórki diploidalne o 30 chromosomach każda.
- D. cztery komórki diploidalne o 30 chromosomach każda.

Zadanie 7.Cecha oczu piwnych dominuje nad cechą oczu niebieskich. **Wskaż odpowiedź poprawnie ilustrującą prawdopodobieństwo wystąpienia oczu niebieskich u dziecka homozygotycznych rodziców o oczach piwnych.**

- A. 0%
- B. 25%
- C. 50%
- D. 75%

Zadanie 8.**Wskaż poprawną odpowiedź na poniższe pytanie.**

Ile alleli danego genu mieszczącego się w autosomach występuje w komórce ciała człowieka?

- A. Żaden.
- B. Jeden.
- C. Dwa.
- D. Cztery.

Zadanie 9.

U myszy allel warunkujący czarną sierść (B) dominuje nad allelem warunkującym brązową sierść (b).

Wskaż poprawny zapis genotypu myszy o brązowej sierści.

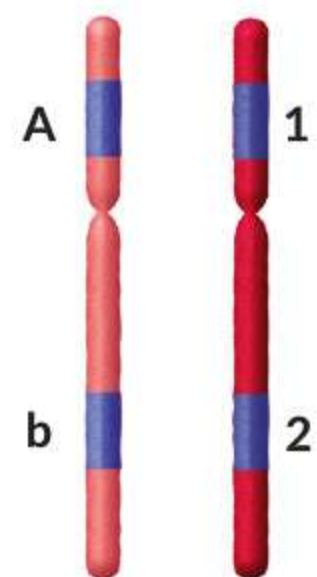
- A. BB
- B. Bb
- C. bb

Zadanie 10.

Na rysunku przedstawiono dwa chromosomy i dwa różne geny.

Wskaż poprawny zapis alleli genów A i b, które trzeba wpisać w miejsca oznaczone jako 1 i 2, aby otrzymać w pierwszym genie homozygotę, a w drugim – heterozygotę.

- A. 1 – A, 2 – B
- B. 1 – A, 2 – b
- C. 1 – a, 2 – B
- D. 1 – a, 2 – b

**Zadanie 11.****Wskaż poprawne dokończenie zdania.**

Zespół cech, które ujawniły się u danego osobnika, określamy mianem

- A. fenotypu.
- B. genotypu.
- C. genu.
- D. homozygoty.

Zadanie 12.**Wskaż poprawne dokończenie zdania.**

Osoba o grupie krwi 0 nie może mieć dziecka o grupie krwi

- A. A.
- B. B.
- C. AB.
- D. 0.

Zadanie 13.

Matka ma grupę krwi B, a dziecko – grupę krwi 0.

Ustal, jakiej grupy krwi nie może mieć ojciec.

- A. A
- B. B
- C. AB
- D. 0

Zadanie 14.

W pewnym małżeństwie urodziło się czworo dzieci. Wśród nich troje miało włosy kręcone, a jedno proste. Literami A i a oznaczamy odpowiednio allele włosów kręconych i prostych. W tabeli podano genotypy wszystkich dzieci i jednego z rodziców.

Ustal gamety oraz genotyp drugiego rodzica. Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Gamety pierwszego rodzica Gamety drugiego rodzica	A	a
	AA	Aa
	Aa	aa

Genotyp drugiego rodzica to
A. AA. B. Aa. C. aa.

Zadanie 15.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

W każdej komórce człowieka są 22 pary chromosomów zwanych

- A. chromosomami płci. C. autosomami.
B. centromerami. D. chromatydami.

Zadanie 16.

Ustal, z których dwóch gamet powstanie zygota, a następnie dziecko płci żeńskiej (w odpowiedziach podano liczbę autosomów oraz rodzaj chromosomu płci w każdej gamecie).

- A. 22X + 22Y B. 22X + 22X C. 22Y + 22Y D. 22XX + 22Y

Zadanie 17.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Daltonizm jest warunkowany przez allel

- A. dominujący, obecny w chromosomie Y. C. dominujący, obecny w chromosomie X.
B. recesywny, obecny w chromosomie Y. D. recesywny, obecny w chromosomie X.

Zadanie 18.

W pewnej rodzinie urodził się syn daltonista. Oboje rodzice prawidłowo widzieli barwy, ale matka była nosicielką recesywnego allelu daltonizmu.

Przyporządkuj genotypy do właściwych fenotypów.

Fenotypy:

- A. syn daltonista
B. ojciec poprawnie widzący barwy
C. matka nosicielka daltonizmu

Genotypy:

- I. X^DX^d III. X^DX^D V. X^dX^d
II. X^DY IV. X^dY

Zadanie 19.

Prawidłowo widząca barwy kobieta, której ojciec jest daltonistą, spodziewa się dziecka. Jej mąż również jest daltonistą.

Wskaż prawdopodobieństwo urodzenia się dziewczynki daltonistki w tej rodzinie.

- A. 0% B. 25% C. 50% D. 100%

2

Zmienność genetyczna i ewolucjonizm

A detailed fossil of a dragonfly is embedded in a textured, brownish-grey rock surface. The fossil shows the intricate patterns of the dragonfly's wings and its segmented body. The rock surface has a mottled appearance with some cracks and mineral deposits.

Spośród wszystkich zwierząt szympanś jest najbardziej zbliżony do człowieka pod względem genów.

W Polsce znaleziono odciski stóp najstarszych kręgowców lądowych.

Rasy psów powstały w wyniku doboru sztucznego.

9 Przyczyny i skutki mutacji

Z tej lekcji dowiesz się:

- na czym polegają zmiany w DNA;
- co to są mutacje i jakie są ich przyczyny;
- czy wszystkie mutacje wywołują negatywne skutki;
- jaki jest związek między mutacjami a nowotworami.

Zmienność dziedziczna i niedziedziczna

Potomstwo organizmów rozmnażających się płciowo jest podobne do organizmów rodzicielskich, ale nie jest ich kopią. Osobniki potomne mają indywidualne cechy osobnicze. Tę różnorodność w obrębie gatunku określa się mianem **zmienności**. Na przykład w jednej klasie nie ma dwóch identycznych dziewcząt.

Przyczyny tej różnorodności są rozmaite. Wśród nich można wymienić zmiany powstające pod wpływem środowiska, a ściślej pod wpływem m.in. takich czynników, jak sposób odżywiania się czy temperatura otoczenia.

Dobrym przykładem wpływu środowiska na organizm rośliny jest barwa kwia-

tów hortensji rosnących na glebach o różnej kwasowości. Krzew hortensji na glebach kwaśnych ma niebieskie kwiaty, a na glebach zasadowych – różowe. Z kolei u człowieka cechy mogą mieć związek z prowadzonym trybem życia, np. rozrost mięśni w wyniku treningu, smukła sylwetka wynikająca z właściwej diety. Cechy te nie są dziedziczone przez następne pokolenie.

Tę różnorodność w obrębie gatunku, która jest wynikiem wpływu środowiska na cechy osobników, nazywamy **zmiennością niedziedziczną**.

Innym typem zmienności jest **zmienność dziedziczna**. Jest to różnorodność w obrębie gatunku, która wiąże się ze zmianami w DNA i jest przekazywana z pokolenia na pokolenie.



▲ Wygląd dziewcząt z jednej klasy to przykład zmienności genetycznej w populacji ludzi



▲ Wykorzystanie przez hodowców zależności barwy kwiatów hortensji od kwasowości gleby

Rekombinacja i mutacje

Na zmienność dziedziczną składają się dwa rodzaje procesów – rekombinacja i mutacje. Istotą **zmienności rekombinacyjnej** jest powstawanie nowych zestawów (kombinacji) istniejących alleli genów. Głównym źródłem tej zmienności jest mejoza. Dzięki temu, gdy dojdzie do zapłodnienia, zestaw alleli genów nowego osobnika jest niepowtarzalny.

Zmienność mutacyjna jest wynikiem **mutacji**, czyli trwałych zmian w DNA.

Mutacje mogą zachodzić w różnych komórkach danego osobnika i wywierają niekiedy duży wpływ na funkcjonowanie organizmu. Jeśli pojawią się w komórkach ciała (niebędących komórkami płciowymi), to nie zostaną odziedziczone przez potomstwo. Jedynie te mutacje, które wystąpiły w komórkach rozrodczych bądź komórkach, z których powstają gamety, przechodzą na kolejne pokolenie i są obecne we wszystkich komórkach osobnika potomnego.

Rodzaje mutacji

Ze względu na zakres zmian zachodzących w DNA mutacje można podzielić na genowe i chromosomowe.

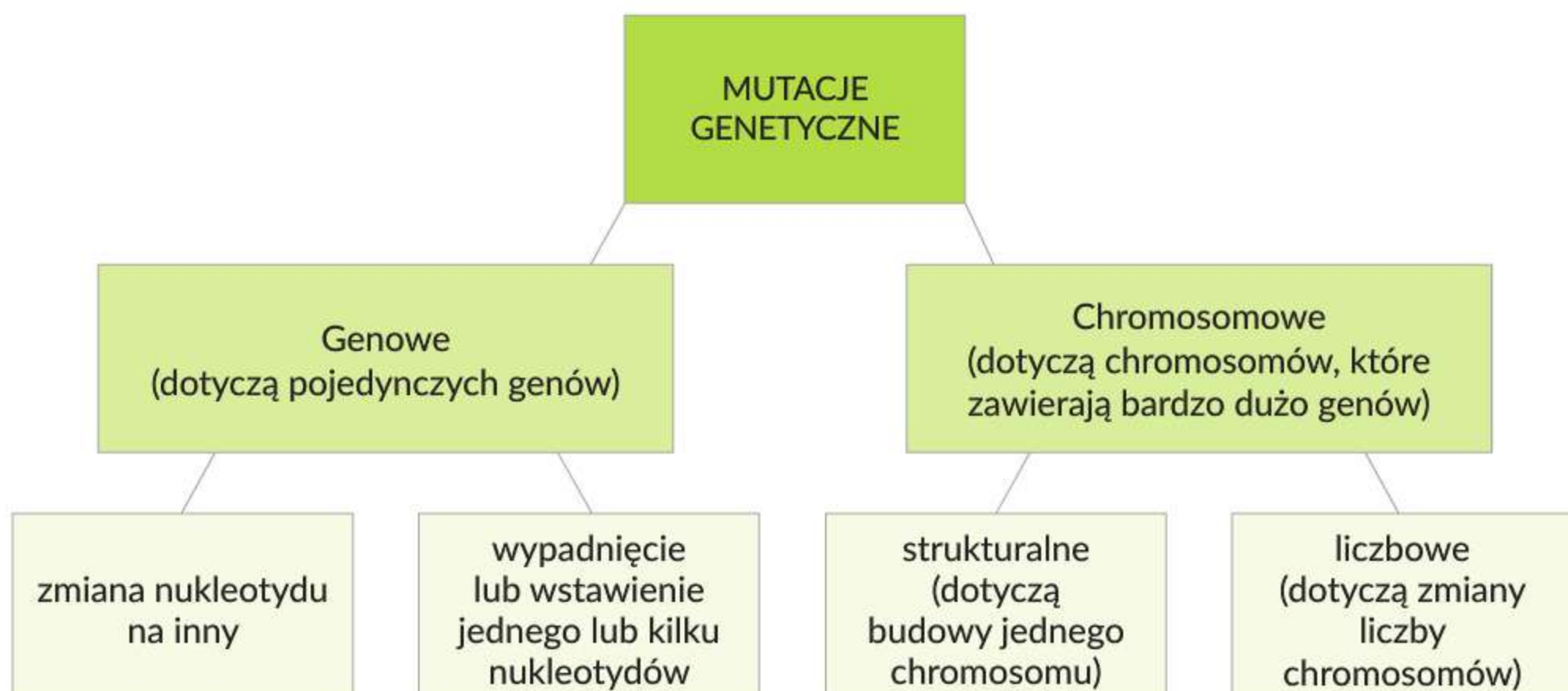
Mutacje genowe to wszystkie zmiany kolejności nukleotydów w pojedynczym genie.

Mutacje chromosomowe dotyczą zmian w budowie chromosomów (mutacje chromosomowe strukturalne) lub w ich liczbie (mutacje chromosomowe liczbowe) – zwiększenie lub zmniejszenie np. o jeden liczby chromosomów w zestawie.

Przyczyny mutacji

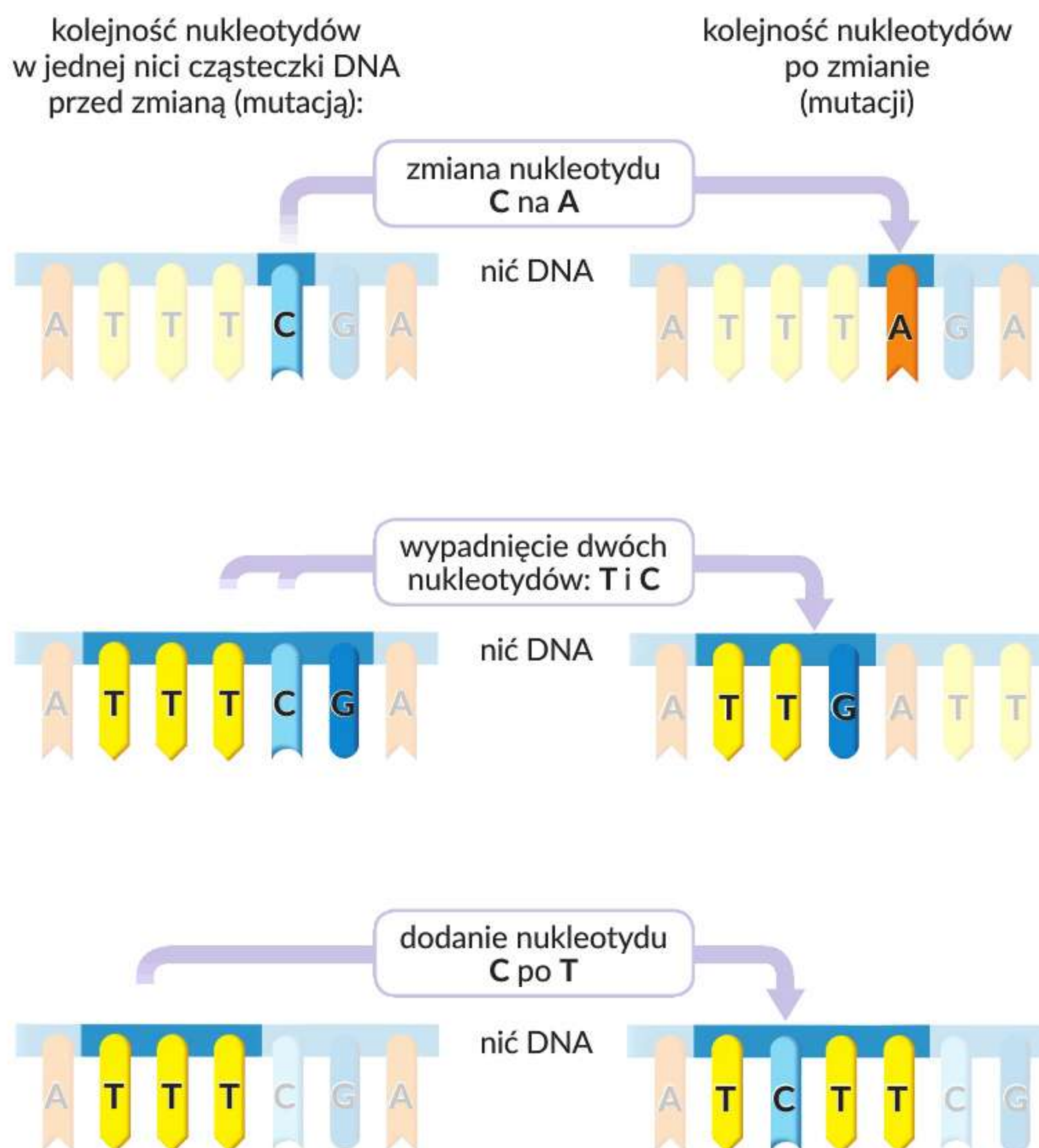
Mutacje zachodzą nieustannie w komórkach wszystkich organizmów, także człowieka. Najczęściej dochodzi do nich podczas replikacji, czyli podwajania DNA. Choć replikacja przebiega z dużą dokładnością i bardzo rzadko dochodzi do pomyłki, to jednak bywa, że gdzieś zostaje wstawiony niewłaściwy nukleotyd. Takie mutacje są **spontaniczne**, ponieważ nie wynikają z działania czynników zewnętrznych.

Zdarza się też, że na organizm działają czynniki, które zwiększają częstość występowania mutacji. Są one zwane **czynnikami mutagennymi**. Komórka może nie poradzić sobie z dużą ilością mutacji, które pozostają nienaprawione i czasem dają negatywne dla zdrowia efekty.



■ Mutacje genowe

Mutacje genowe mogą polegać na: zamianie jednego nukleotydu w cząsteczce DNA na inny, wypadnięciu jednego lub kilku nukleotydów, dodaniu nukleotydów do DNA.



Do czynników mutagennych zalicza się czynniki fizyczne, np. odpady radioaktywne, promieniowanie rentgenowskie, niektóre rodzaje promieniowania ultrafioletowego, wysoką temperaturę, oraz czynniki chemiczne i biologiczne.

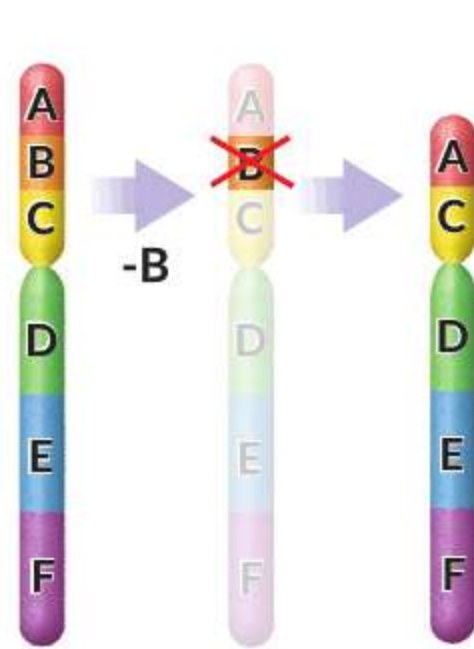
Do czynników mutagennych natury chemicznej zalicza się wiele naturalnie występujących związków chemicznych, np. niektóre toksyny wytwarzane przez grzyby oraz substancje powstające

wskutek działalności człowieka. Należą do nich np. substancje zawierające jony metali ciężkich (ołowiu, rtęci, kadmu), niektóre składniki dymu papierosowego (np. benzo-piren) oraz wiele środków ochrony roślin, barwników, konserwantów, składników materiałów budowlanych (m.in. azbest).

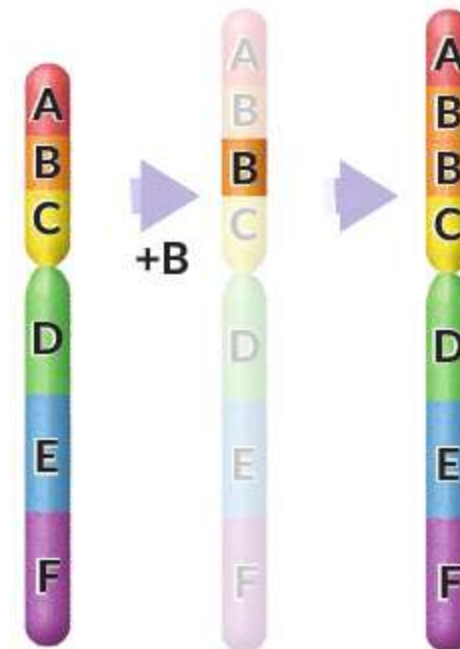
Do czynników mutagennych należą również niektóre bakterie i wirusy, np. HIV wywołujący AIDS czy niektóre odmiany HPV wywołujące raka szyjki macicy.

■ Rodzaje mutacji chromosomowych strukturalnych

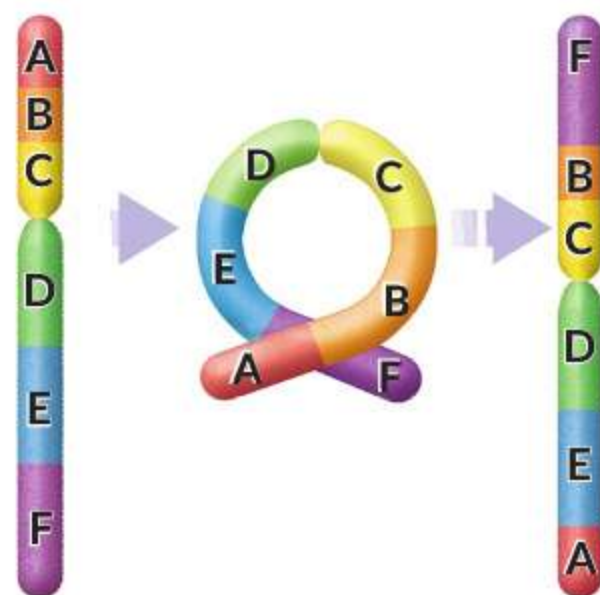
Mutacje chromosomowe strukturalne polegają na zmianach w obrębie chromosomu – np. na podwojeniu lub utracie jego części, odwróceniu jego fragmentu, a niekiedy na oderwaniu fragmentu jednego chromosomu i połączeniu go z innym chromosomem.



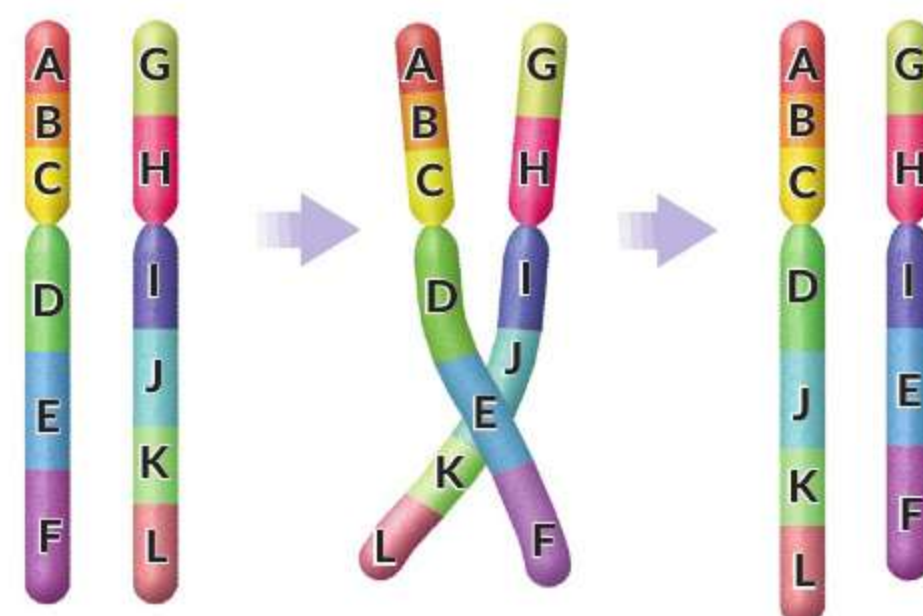
utrata części chromosomu



podwojenie części chromosomu



odwrócenie fragmentu chromosomu



przemieszczenie fragmentu chromosomu na inny chromosom

Litery oznaczają geny.

Efekty mutacji

Skutki mutacji najczęściej są niekorzystne, ponieważ gen, który funkcjonował prawidłowo, w wyniku mutacji może utracić zapis potrzebny do budowy odpowiedniego białka, a wówczas ono z kolei nie może wykonywać swojej funkcji. Może się zdarzyć, że mutacja stanie się przyczyną choroby.

Z drugiej strony dzięki mutacjom powstają nowe allele genów, a więc kształtuje się zmienność genetyczna, która wa-

runkuje różnorodność organizmów i daje możliwość zachodzenia procesu ewolucji organizmów na Ziemi.

O **chorobach nowotworowych** była mowa w klasie siódmej. Istotą tych chorób są niekontrolowane podziały komórek, w wyniku czego często powstają guzy, a komórki odrywające się od guzów tworzą następnie przerzuty w innych częściach organizmu. U podłoża chorób nowotworowych leżą mutacje genowe i chromosomowe.

Prawidłowo funkcjonujące komórki organizmu dzielą się bądź nie w zależności od potrzeb. Ich podziały kończą się, gdy komórka stanie się wyspecjalizowaną częścią określonej tkanki obok innych tego typu komórek.

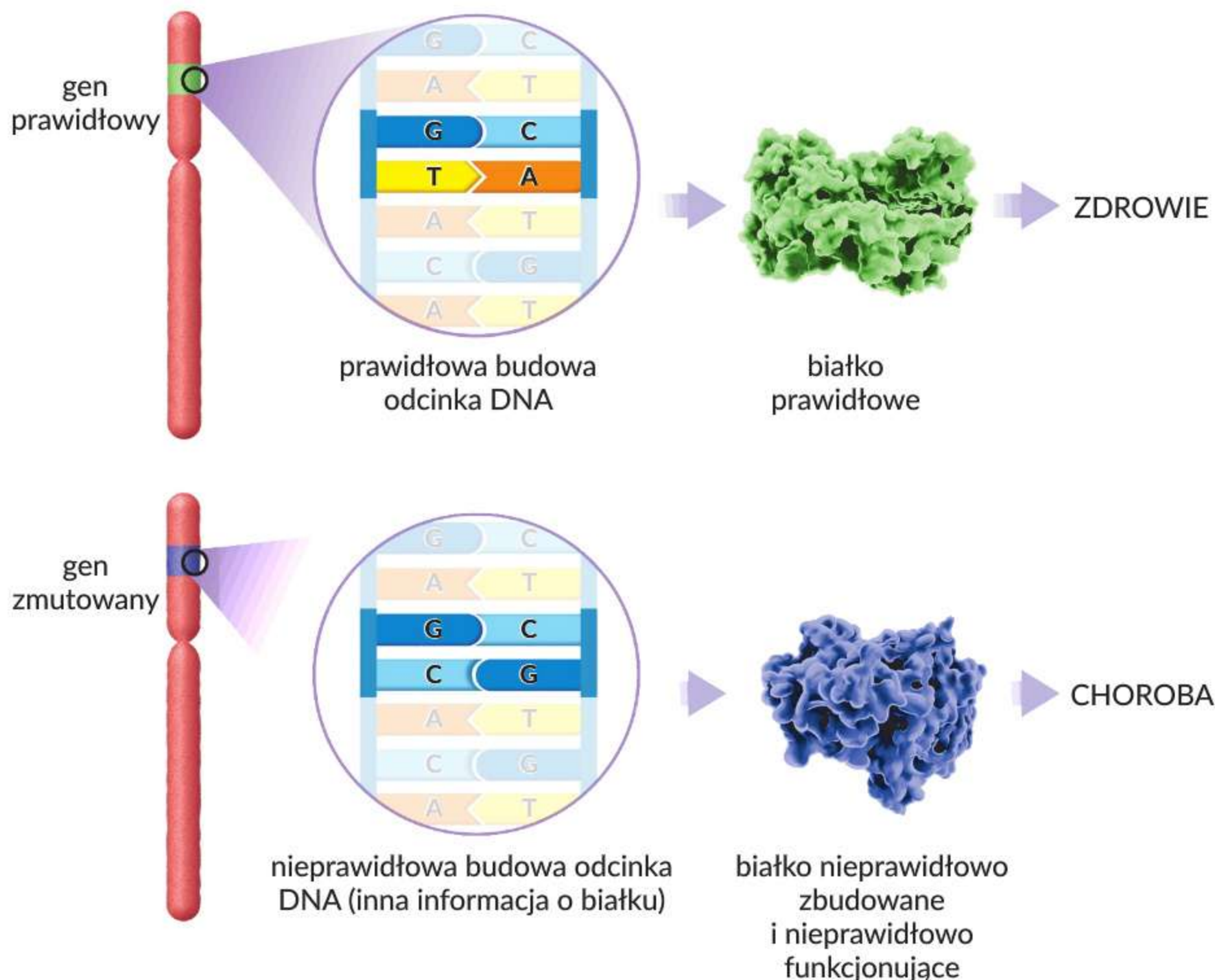
W wyniku mutacji niektórych genów może dojść do utraty kontroli nad podziałami komórki, która zaczyna dzielić się w sposób niekontrolowany. Do tego, by rozwinął się nowotwór, zazwyczaj po-

trzebnych jest kilka mutacji, nad którymi organizm straci kontrolę. Dlatego jeśli ktoś odziedziczy po przodkach DNA, w którym obecna jest już część tych mutacji, prawdopodobieństwo rozwoju nowotworu jest u niego większe niż u kogoś, kto odziedziczy DNA bez mutacji.

Ze względu na to, że przyczyną nowotworów są mutacje, lista czynników sprzyjających rozwojowi nowotworów jest taka sama jak lista czynników mutagennych.

■ Zależność między mutacją w DNA a powstaniem choroby

Niezmutowany gen stanowi zapis informacji o budowie prawidłowego białka, które może wykonywać swoją funkcję. Na przykład jedno z białek wytwarzanych w wątrobie jest wydzielane do osocza krwi i umożliwia jej krzepnięcie w przypadku zranienia. Mutacja w genie prowadzi do powstawania nieprawidłowej formy białka, które nie jest w stanie wykonywać swojej funkcji i prowadzi do choroby, w tym przypadku hemofilii, objawiającej się obniżoną krzepliwością krwi.



WARTO WIEDZIEĆ**Poliploidalność**

To trudne słowo oznacza efekt mutacji polegającej na zwielokrotnieniu (np. podwojeniu) całego kompletu chromosomów danego organizmu. Dla ssaków taka mutacja jest śmiertelna, natomiast rośliny, które jej ulegną, często osiągają większe rozmiary. Wiele roślin jest naturalnymi lub wytworzonymi przez człowieka poliploidami. Hodowcy niekiedy celowo wywołują poliploidalność u roślin, by zwiększyć plony. Widoczne na zdjęciu obok pszenżyto powstało w wyniku podwojenia liczby chromosomów w mieszańcu żyta i pszenicy.

**ZAPAMIĘTAJ**

- Zmienność – różnorodność osobników w obrębie gatunku – może być dziedziczna lub niedziedziczna.
- Zmienność niedziedziczna jest wywołana czynnikami środowiska, a zmienność dziedziczna wynika ze zmian zachodzących w DNA organizmu.
- Na zmienność dziedziczną składają się: zmienność rekombinacyjna i zmienność mutacyjna.
- Mutacje to trwałe zmiany w DNA.
- Ze względu na wielkość objętego zmianami DNA wyróżniamy mutacje genowe (zmiany w obrębie jednego genu) i chromosomowe (dotyczące struktury chromosomu lub liczby chromosomów).
- Czynniki mutagenne mogą być: fizyczne (np. niektóre rodzaje promieniowania), chemiczne (np. azbest, niektóre składniki dymu papierosowego) i biologiczne (np. wirus HPV).
- Mutacje są przyczyną nowotworów.

POLECENIA

1. Wyjaśnij, na czym polega różnica między zmiennością mutacyjną a rekombinacyjną.
2. Wymień rodzaje mutacji ze względu na zakres i przyczynę powstania.
3. Wyjaśnij, czy każda mutacja genowa jest dziedziczona przez potomstwo.
4. Podaj przykłady czynników mutagennych fizycznych, chemicznych i biologicznych.
5. Wykaż związek między mutacjami a nowotworami.

10 Choroby genetyczne

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to są choroby genetyczne;
- czy zdrowi rodzice mogą mieć dziecko chore na chorobę genetyczną;
- jakie są przyczyny wystąpienia u człowieka niektórych chorób genetycznych;
- jak się objawiają choroby genetyczne.

Choroby genetyczne

Przyczyną chorób genetycznych są mutacje genowe lub chromosomowe. Mutacje te mogą być odziedziczone po rodzicach, mogą zajść podczas powstawania komórek rozrodczych lub we wczesnych etapach rozwoju zarodka – albo spontanicznie, albo pod wpływem czynników mutagennych.

Do chorób genetycznych należą choroby sprzężone z płcią, np. hemofilia czy dal-

tonizm. Istnieją także choroby wywołane mutacjami, które zaszły w genach znajdujących się w autosomach. Do takich chorób należą mukowiscydoza i fenyloketonuria.

Choroby będące skutkiem mutacji genowych

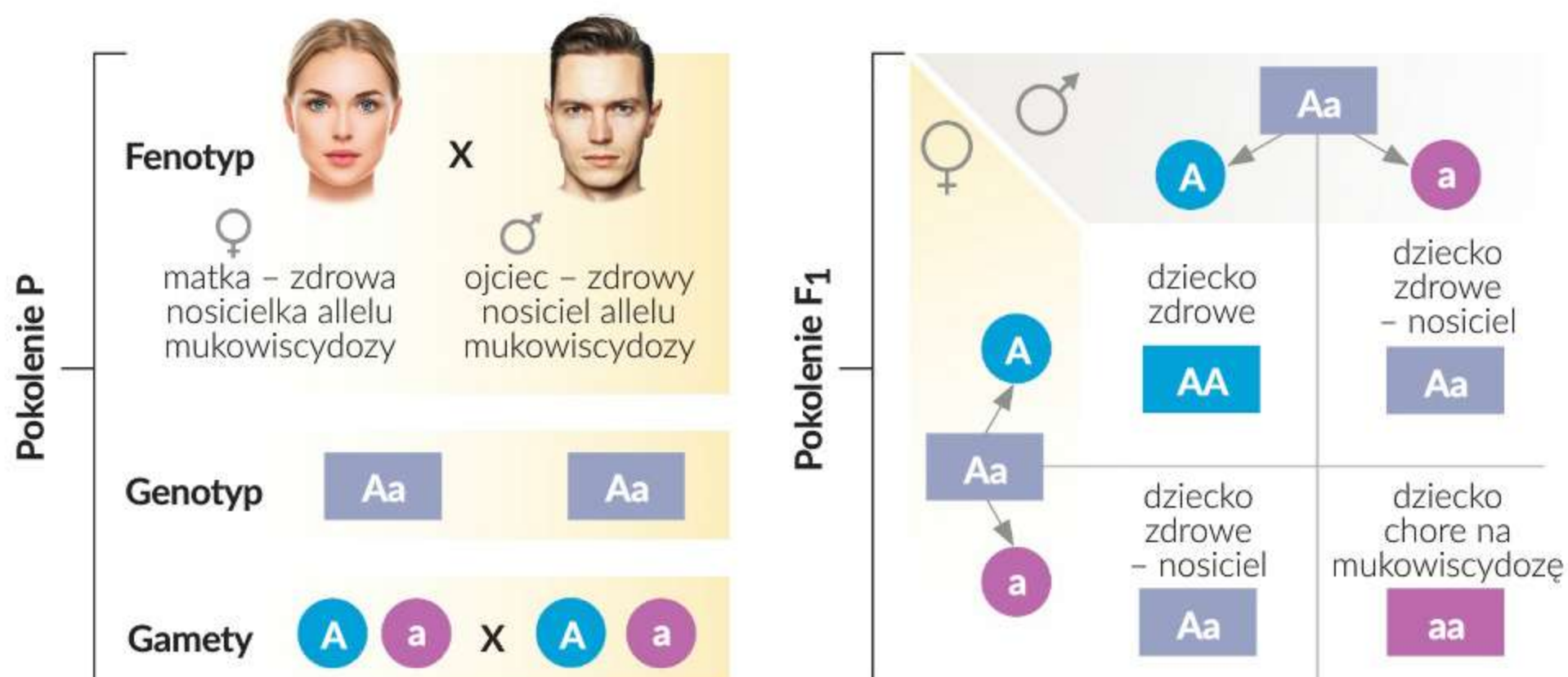
Mukowiscydoza jest chorobą genetyczną warunkowaną przez allel recesywny obecny w autosomie. Chore są wyłącznie osoby

Dziedziczenie mukowiscydozy

Przyjmijmy, że duża litera **A** oznaczać będzie allel dominujący (gen) decydujący o braku choroby, natomiast mała litera **a** – allel recesywny warunkujący mukowiscydozę.

AA oznacza osobę całkowicie zdrową, **Aa** – osobę nosiciela, **aa** – osobę chorą.

Jeżeli mamy do czynienia z rodzicami, którzy są nosicielami choroby, to istnieje możliwość, że wystąpi ona u dziecka. Wystarczy, że od obojga rodziców otrzyma ono po jednym allelu **a**.



będące homozygotami, które otrzymały po jednym allelu recesywnym od ojca i matki. Osoby heterozygotyczne są nosicielami allelu mukowiscydozy i nie wykazują objawów choroby, ponieważ mają w każdej komórce jeden prawidłowy allel dominujący.

Jak wynika z zapisu krzyżówki, jeśli oboje rodzice są heterozygotami, to prawdopodobieństwo, że ich dziecko będzie chore na mukowiscydozę, wynosi 25%. Allel recesywny warunkujący mukowiscydozę występuje znacznie rzadziej niż prawidłowy allel dominujący. Większość ludzi to homozygoty dominujące. Prawdopodobieństwo, że kobieta nosicielka mukowiscydozy i mężczyzna nosiciel spotkają się i będą mieli dzieci, jest niewielkie. W Polsce średnio 1 na 2500 urodzonych dzieci cierpi na tę chorobę.

Mukowiscydoza to bardzo ciężka choroba. Zmutowany gen warunkuje powstawanie nieprawidłowo funkcjonującego białka, co prowadzi do zaburzeń w gospodarce jonami chloru w organizmie. W efekcie w układzie oddechowym chorego są wydzielane duże ilości gęstego śluzu, który utrudnia oddychanie. Śluz ten stanowi także pożywkę dla rozwoju bakterii chorobotwórczych, wywołujących m.in. ciężkie zapalenie płuc. Problemy dotyczą także układu pokarmowego, szczególnie trzustki, która nie wydziela w sposób prawidłowy soku trzustkowego, co prowadzi do upośledzenia trawienia pokarmu. Ponadto u mężczyzn chorych na mukowiscydozę dochodzi często do bezpłodności.

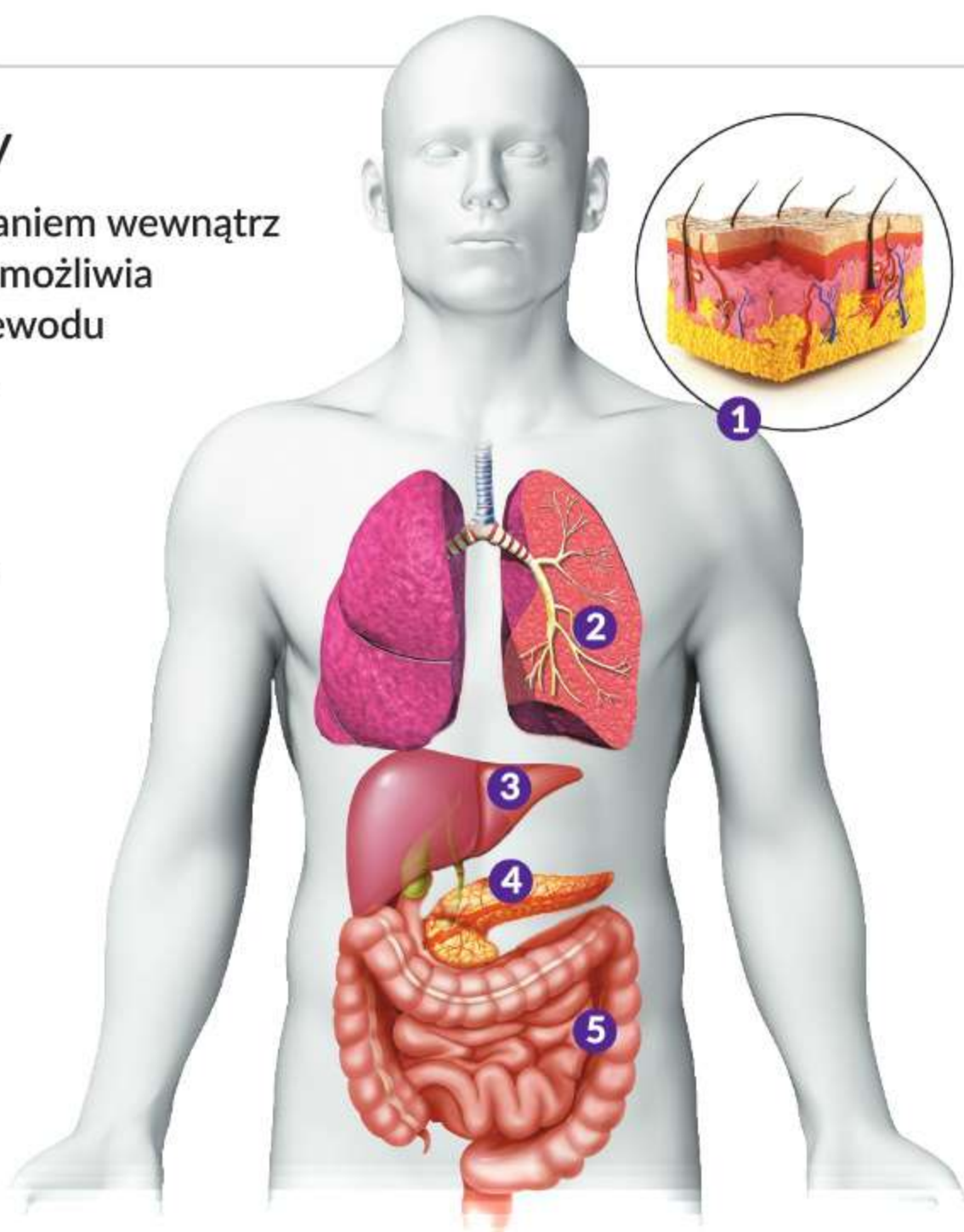
Niestety, nie opracowano do tej pory skutecznego i powszechnie dostępnego sposobu leczenia mukowiscydozy.

■ Objawy mukowiscydozy

Choroba charakteryzuje się wydzielaniem wewnątrz organizmu gęstego śluzu, który uniemożliwia normalne funkcjonowanie m.in. przewodu pokarmowego i dróg oddechowych.

NARZĄDY DOTKNIĘTE CHOROBA

- 1 Skóra:** gruczoły potowe wydzielają bardzo słony pot.
- 2 Płuca:** lepki śluz przykleja się do oskrzeli i utrudnia oddychanie; zwiększa ryzyko infekcji.
- 3 Wątroba:** gęsta żółć blokuje drogi żółciowe.
- 4 Trzustka:** śluz w przewodach trzustkowych uniemożliwia enzymom trawiennym dotarcie do jelita.
- 5 Jelita:** złe trawienie powoduje bóle brzucha.





▲ Pobieranie krwi u noworodków w celu wczesnego rozpoznania fenyloketonurii

Można jedynie łagodzić objawy przez podawanie leków rozpuszczających śluz i usuwanie śluzu zalegającego w układzie oddechowym.

Fenyloketonuria to choroba genetyczna, której sposób dziedziczenia jest taki sam jak w przypadku mukowiscydozy. Chorują jedynie homozygoty recesywne. Choroba ta występuje średnio u 1 na 15 000 urodzonych dzieci. U osób tych w efekcie uszko-

dzenia genu nie działa prawidłowo enzym biorący udział w przekształcaniu fenyloalaniny, jednego z aminokwasów. W efekcie z czasem w organizmie gromadzi się toksyczna substancja, która może uszkadzać układ nerwowy. Na szczęście opracowano prosty test pozwalający na wykrywanie fenyloketonurii już u noworodków. Badania przeprowadza się u wszystkich nowo narodzonych dzieci. Są to tzw. badania przesiewowe. Jeśli okaże się, że dziecko jest chore na tę chorobę, wprowadza się odpowiednią dietę, o znacznie zmniejszonej zawartości fenyloalaniny, co łagodzi objawy choroby.

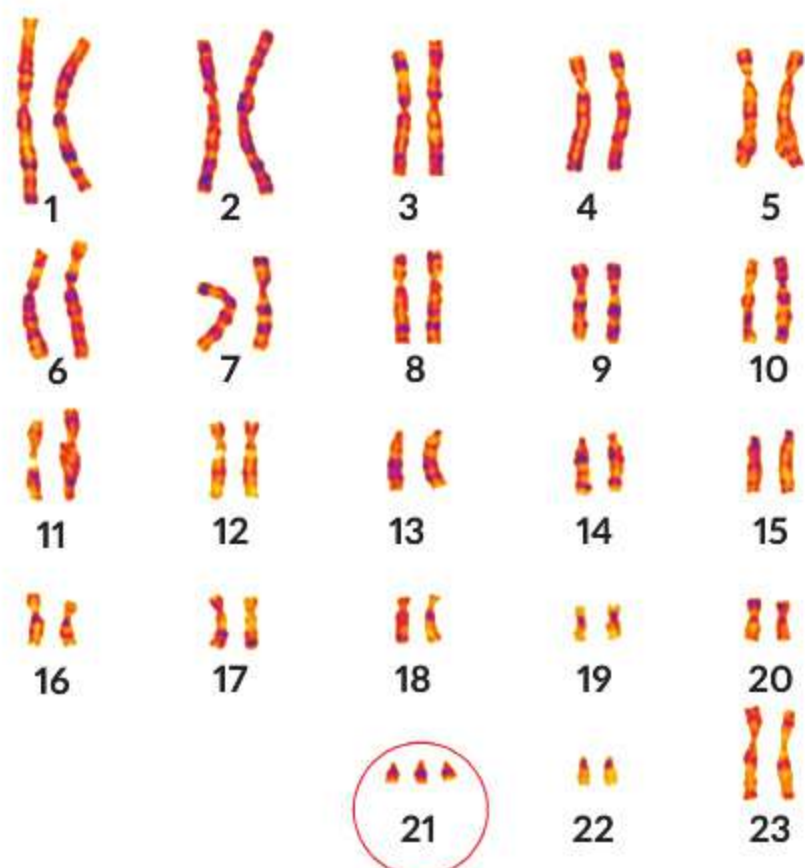
Choroby będące skutkiem mutacji chromosomowych

Istnieje wiele chorób będących skutkiem mutacji chromosomowych, jednak występują one bardzo rzadko. Wiele z nich powoduje śmierć dziecka jeszcze na etapie rozwoju płodowego lub w niedługim czasie po

■ Zespół Downa

Przyczyną zespołu Downa jest występowanie u człowieka dodatkowego chromosomu w 21. parze (oznaczono na rys. kółkiem).

Zestaw chromosomów osoby z zespołem Downa



▲ Osoby z zespołem Downa są zazwyczaj bardzo uczuciowe i mogą rozwijać różne talenty

urodzeniu. Wyjątkiem jest zespół Downa – choroba genetyczna występująca raz na ok. 900 urodzonych dzieci. Osoby z zespołem Downa mogą żyć tak długo, jak inni ludzie, jeśli są otoczone odpowiednią opieką.

Osoba cierpiąca na tę chorobę ma o jeden chromosom więcej niż inni ludzie – zamiast pary chromosomów oznaczonych numerem 21 ma aż trzy takie same chromosomy (trisomia), czyli łącznie 47 zamiast 46.

Podczas mejozy prowadzącej do powstawania komórek rozrodczych zdarza się niekiedy, że dwa chromosomy nie rozdzielą się i razem trafią do jednej gamety, która

ma z tego powodu 24 zamiast 23 chromosomów. Gdy taka komórka rozrodcza połączy się z drugą, prawidłową, zygota zawiera 47 chromosomów. Jeśli dodatkowy chromosom to ten, jeden z najmniejszych, oznaczony numerem 21, dziecko będzie cierpiało na zespół Downa.

Zespół Downa może mieć różny stopień nasilenia, zawsze jednak charakteryzuje się opóźnieniem rozwoju intelektualnego i charakterystycznym wyglądem, a także wadami budowy i zaburzeniami funkcjonowania niektórych narządów wewnętrznych.

WARTO WIEDZIEĆ

Terapia genowa

Od ponad dwudziestu lat naukowcy i lekarze prowadzą badania nad metodą leczenia chorób genetycznych – **terapią genową**. Celem terapii jest dokonanie takich zmian w DNA osoby chorej, żeby zapobiec rozwojowi choroby. Terapia genowa może polegać na zahamowaniu działania wadliwego genu bądź na wstawieniu do DNA osoby chorej prawidłowych kopii genu tak, by uzupełnić brak. Przykładowo, gdyby udało

się do materiału genetycznego osoby chorej na hemofilię wprowadzić prawidłowy gen powodujący powstawanie brakującego czynnika krzepnięcia krwi, można by wyleczyć tę osobę. Badania nad terapią genową są zaawansowane, dzięki tej metodzie udało się już pomóc kilkudziesięciu osobom cierpiącym na różne choroby genetyczne. Nie jest to jednak wciąż metoda w pełni bezpieczna.

ZAPAMIĘTAJ

- Choroby genetyczne mogą być efektem mutacji genowych albo chromosomowych.
- Mukowiscydoza to choroba uwarunkowana przez allel recesywny niesprzężony z płcią, a jej objawem jest wydzielanie gęstego śluzu w układzie oddechowym.
- Fenyloketonuria to choroba uwarunkowana przez allel recesywny niesprzężony z płcią,

a jej efektem może być uszkodzenie układu nerwowego.

- Przyczyną zespołu Downa jest występowanie w komórkach dodatkowego, trzeciego chromosomu w 21. parze (trisomia), czego efektem są opóźnienie rozwoju intelektualnego i nieprawidłowości w rozwoju fizycznym.

POLECENIA

1. Określ, czym choroby genetyczne różnią się od innych chorób.
2. Wyjaśnij sposób dziedziczenia fenyloketonurii.
3. Scharakteryzuj objawy mukowiscydozy.
4. Wyjaśnij przyczynę i wymień objawy zespołu Downa.

11 Źródła wiedzy o ewolucji organizmów

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to jest ewolucja;
- jakie są świadectwa ewolucji;
- czy można udowodnić zachodzenie ewolucji;
- co wspólnego ma ręka ludzka ze skrzydłem ptaka;
- co to są żywe skamieniałości.

Czym jest ewolucja organizmów?

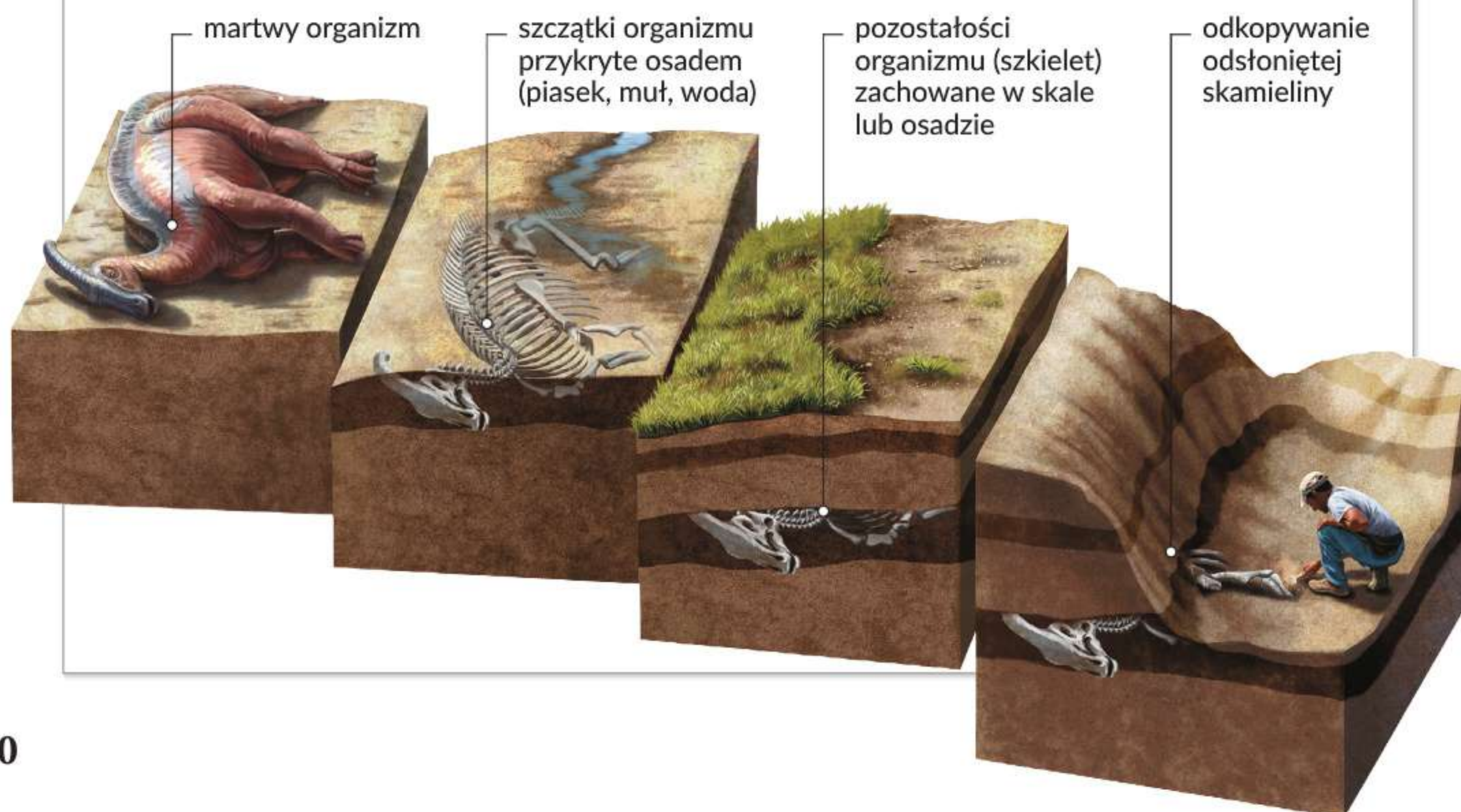
Na przestrzeni dziejów Ziemi jedne gatunki powstawały, inne wymierały. Ich pozostałości są odkrywane przez badaczy – **paleontologów** – w postaci **skamieniałości**. Szczątki te są przesycone różnymi związkami mineralnymi, dzięki czemu zachowują wielką trwałość (np. kości dinozaurów). To właśnie odkrycia skamieniałości spowo-

dowały, że naukowcy zaczęli zastanawiać się nad tym, jak wytłumaczyć występowanie w przeszłości innych organizmów niż te, które znamy obecnie.

Odpowiedź na to pytanie przyniosła **teoria ewolucji organizmów**, której podstawy stworzył w XIX w. angielski uczony Karol Darwin (i niezależnie od niego Alfred Wallace).

■ Powstawanie skamieniałości

Proces powstawania skamieniałości wymaga szczególnych warunków. Jednym z nich jest szybkie przykrycie organizmu np. warstwą piasku lub gliny, tak aby nie doszło do procesów rozkładu przeprowadzanych przez bakterie i grzyby. Niekiedy skamieniałości powstają, gdy szczątki organizmów ulegają zatopieniu w bagnistym mule, gdzie panują warunki beztlenowe, uniemożliwiające ich rozkład. Najstarsze znane skamieniałości mają ponad 2 miliardy lat!



■ Skamieniałości

Szczątki dawniej żyjących organizmów dostarczają wielu informacji zarówno na temat budowy oraz trybu życia tych organizmów, jak i okresu w dziejach Ziemi, w którym żyły dane zwierzęta lub rośliny.

Skamieliny powstały z twardych części organizmu, np. fragmentów pni roślin drzewiastych, ziaren pyłku, nasion, muszli, kości, zębów. Najwięcej informacji dostarczają znaleziska zawierające duże fragmenty organizmów lub nawet całe organizmy.



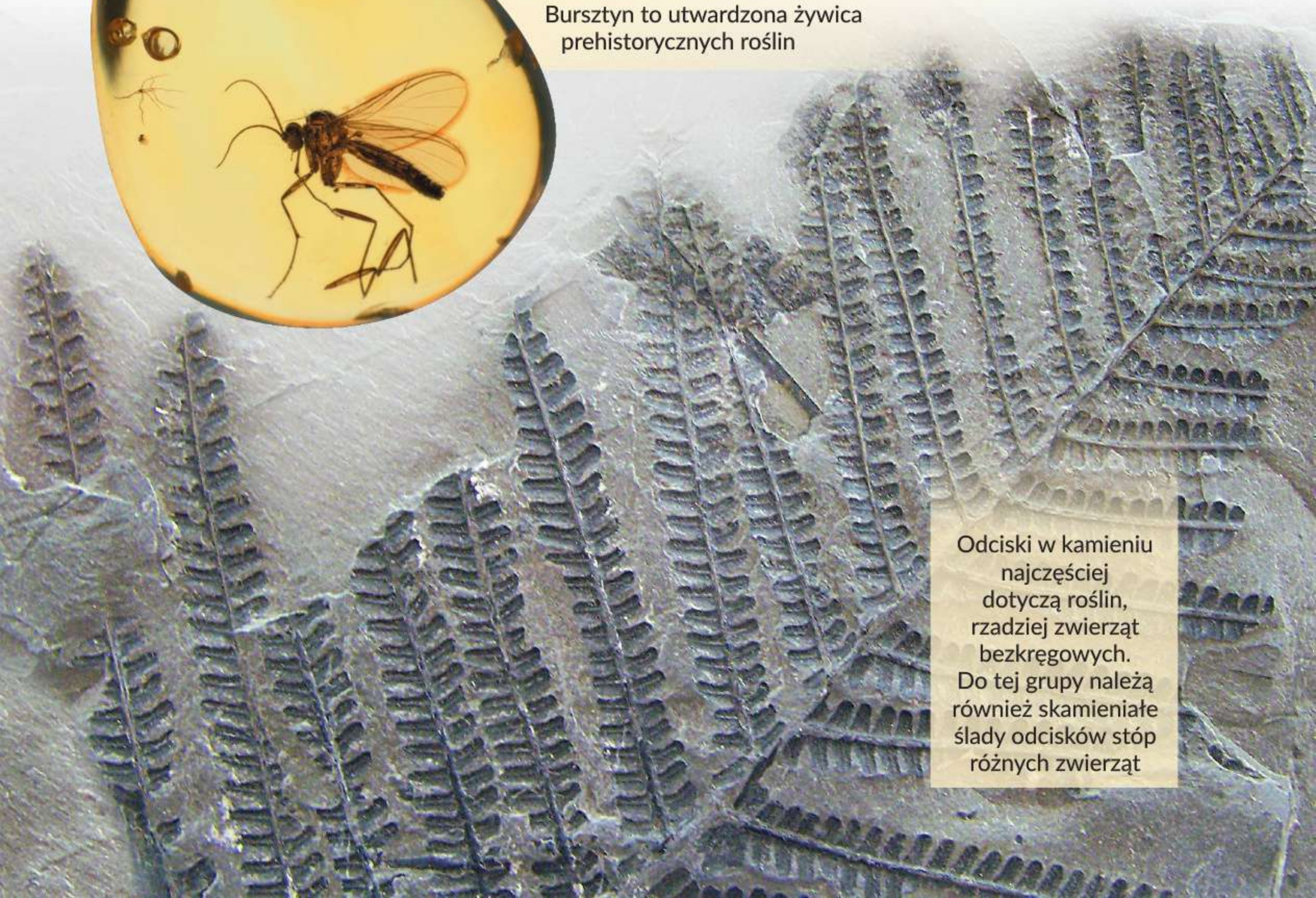
muszla amonita



trylobit



Niektóre małe organizmy (zazwyczaj owady) bądź ich fragmenty zachowały się zatopione w bursztynie. Bursztyn to utwardzona żywica prehistorycznych roślin



Odciski w kamieniu najczęściej dotyczą roślin, rzadziej zwierząt bezkręgowych. Do tej grupy należą również skamieniałe ślady odcisków stóp różnych zwierząt

Ewolucją nazywamy proces ciągłych, dziedzicznych zmian w budowie i funkcjonowaniu organizmów, następujących z biegiem pokoleń. Jej efektem jest ogromna różnorodność gatunkowa na Ziemi.

Teoria ewolucji jest podstawą biologii, a dzięki odkryciom z dziedziny genetyki jest wciąż rozbudowywana i udoskonalana. Bez niej nie sposób byłoby zrozumieć różnorodności organizmów na Ziemi i powiązań między nimi. Ewolucja zazwyczaj zachodzi wolno i trudno ją zaobserwować. Aby zbadać jej przebieg, trzeba odwołać się do różnych świadectw. Dział biologii zajmujący się badaniem ewolucji organizmów to **ewolucjonizm**.

Źródła wiedzy o ewolucji

Niektóre skamieniałości dostarczają szczególnie interesujących informacji. Należą do nich tzw. **formy przejściowe**. Są to wymarłe organizmy, które stanowią pośrednie ogniwo między grupami systematycznymi, np. gromadami. Przykładem zwierzęcia łączącego w sobie cechy dwóch różnych grup systematycznych jest występujący ok. 150 milionów lat temu **praptak**, mający zarówno cechy gadów, jak i ptaków. Zwierzę to miało ok. 45 cm długości. Choć pozycja praptaka w ewolucji nie jest do końca rozstrzygnięta, istnienie takiego zwierzęcia świadczy o pochodzeniu ptaków od gadów.

PRZYKŁADY CECH GADZICH I PTASICH W BUDOWIE PRAPTAKA	
Cechy gadzie	Cechy ptasie
• uzębione szczęki • obecność dużej liczby kręgów ogonowych	• ciało pokryte piórami • kończyny przednie przekształcone w skrzydła



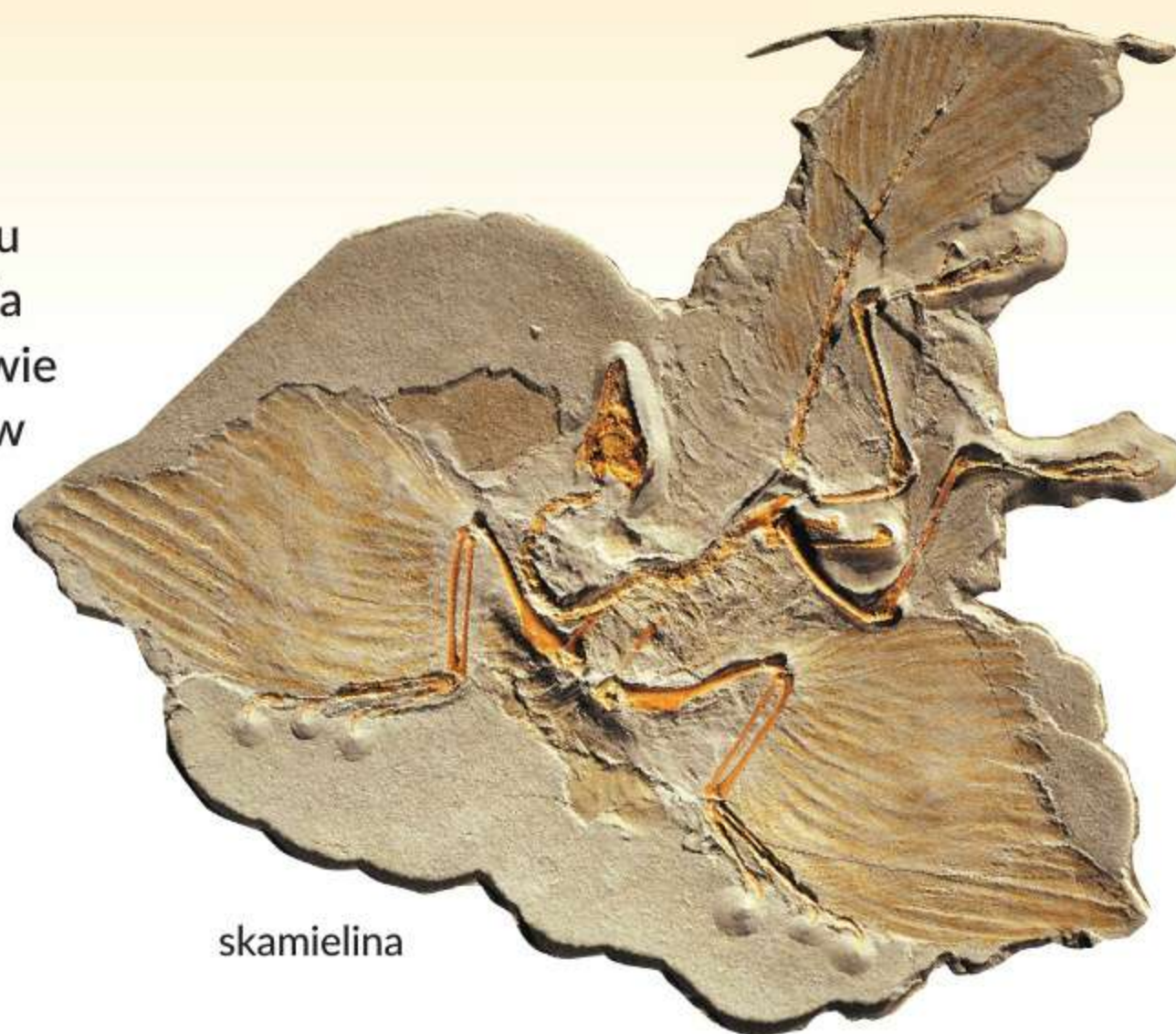
▲ Jeden z okazów latimerii wyłowionych u wschodnich wybrzeży Afryki miał 2 m długości

Świadectwami ewolucji są też **żywe skamieniałości**, czyli pojedyncze gatunki należące do grupy organizmów, której zostali przedstawiciele dawno wymarli. Ich badanie dostarcza informacji o anatomii i fizjologii, które trudno uzyskać na podstawie samych skamieniałości. Przykładem żywej skamieniałości jest latimeria, żyjąca w Oceanie Indyjskim przedstawicielka ryb mięśniopłetwych. Pozostałe gatunki tych ryb wymarły ok. 250 milionów lat temu. Ryby mięśniopłetwe to niezwykle ważna grupa w ewolucji kręgowców, ponieważ to właśnie od przedstawicieli tej grupy pochodzą wszystkie kręgowce lądowe – płazy, gady, ptaki i ssaki.

Przykładem żywej skamieniałości w świecie roślin jest miłorząb japoński. To pochodzące z Chin drzewo o charakterystycznych liściach przypominających kształtem wachlarze często jest u nas hodowane w parkach. Miłorząb to jedyny gatunek z grupy miłorzębowych (należących do nagonasiennych, choć niemających igieł). Wszyscy inni przedstawiciele tej grupy wymarli przed wieloma milionami lat.

■ Praptak

Rekonstrukcji budowy, wyglądu i prawdopodobnego trybu życia praptaka dokonano na podstawie analizy zachowanych szczątków kopalnych. Analiza kolejnych znalezisk dostarcza nowych faktów na temat biologii tych zwierząt.



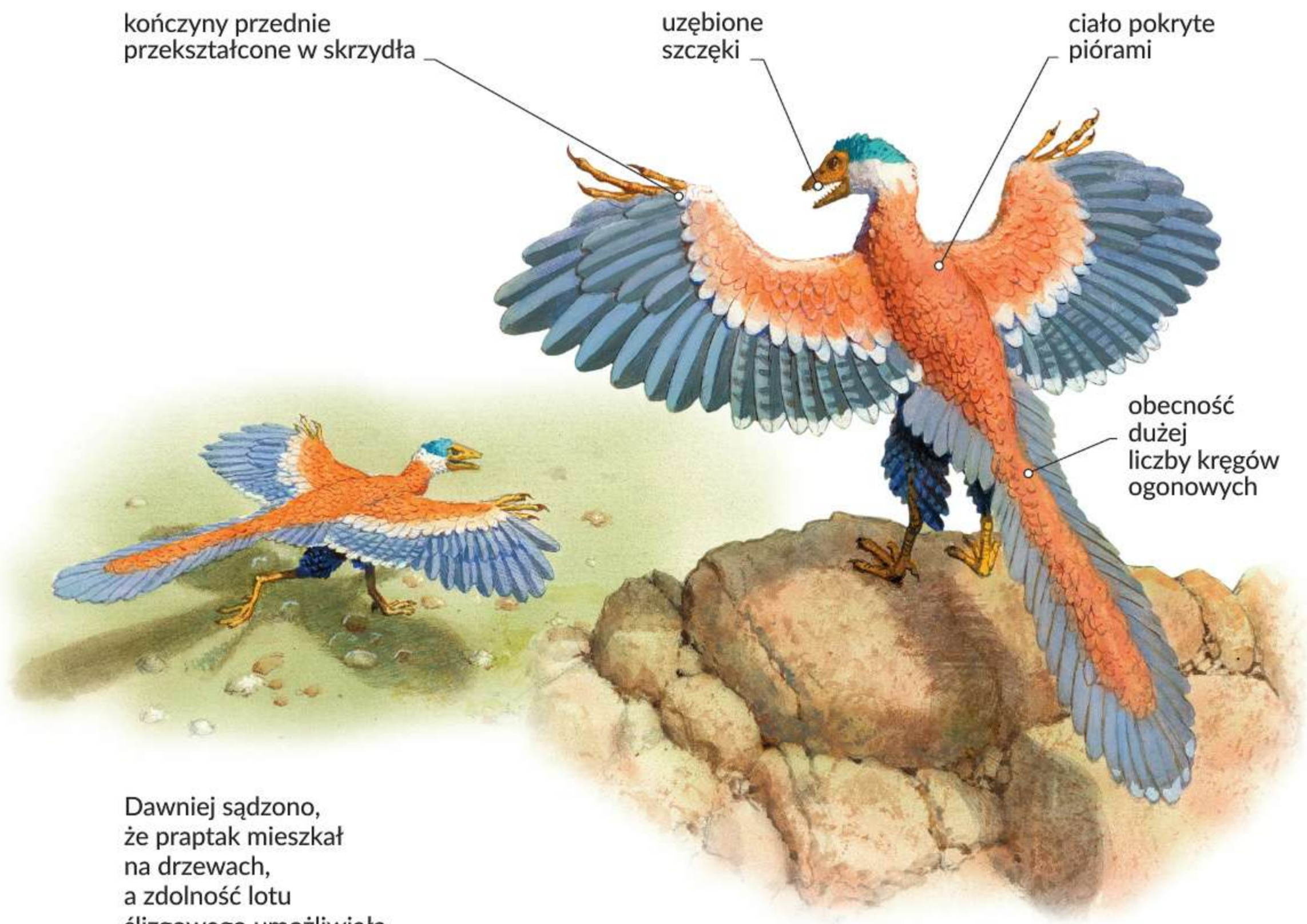
skamielina

kończyny przednie przekształcone w skrzydła

uzębione szczęki

ciało pokryte piórami

obecność dużej liczby kręgów ogonowych



Dawniej sądzono, że praptak mieszkał na drzewach, a zdolność lotu ślizgowego umożliwia mu skuteczne łapanie zdobyczy. Obecnie większość naukowców jest zdania, że był to gatunek polujący na ziemi.

W pogoni za ofiarą praptak utrzymywał równowagę dzięki balansowaniu przednimi kończynami. Być może również podskakiwał, aby upolować owady. Prawdopodobnie przed większymi drapieżnikami chronił się na drzewach, a umiejętność lotu ślizgowego pozwalała mu szybko powrócić na ziemię.



▲ Miłorząb dwuklapowy wygląda prawie tak samo jak miłorzęby sprzed 200 milionów lat!

Porównywanie współczesnych organizmów

Na podstawie samych skamieniałości nie da się zrekonstruować przebiegu ewolucji wszystkich organizmów. Skoro jednak wszystkie organizmy na Ziemi są mniej lub bardziej ze sobą spokrewnione, to można porównywać je ze sobą i na tej podstawie wnioskować o ich pokrewieństwie.

Nawet pobieżna obserwacja pozwala na zauważenie, że niektóre organizmy są do siebie bardziej podobne niż inne. Nie ma wątpliwości, że ryś, tygrys i puma są ze sobą bliżej spokrewnione niż któreś z tych zwierząt z myszą czy foką. Z kolei wszystkie wymienione zwierzęta mają więcej wspólnych cech niż którekolwiek z nich z karpem czy szczupakiem. Niekiedy jednak zewnętrzne podobieństwo może być mylące, dlatego w badaniach naukowych trzeba odwoływać się do innych cech.

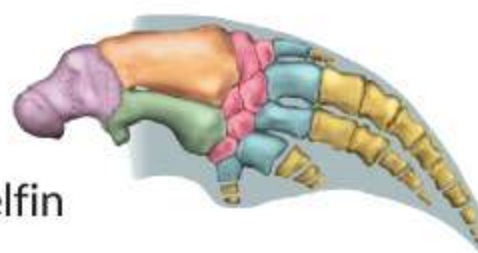
Do porównania organizmów mogą posłużyć cechy budowy wewnętrznej (anatomiczne), przebieg procesów życiowych (zajmuje się nim **fizjologia**), a także budowa białek i kwasów nukleinowych (**biochemia i genetyka**).

Podobieństwo budowy anatomicznej kończyn przednich kręgowców

Przykładem świadectwa ewolucji z dziedziny anatomii jest podobieństwo budowy kończyn różnych kręgowców. Choć zewnętrznie wyglądają różnie i służą do różnych celów, wewnątrz mają odpowiadające sobie kości.



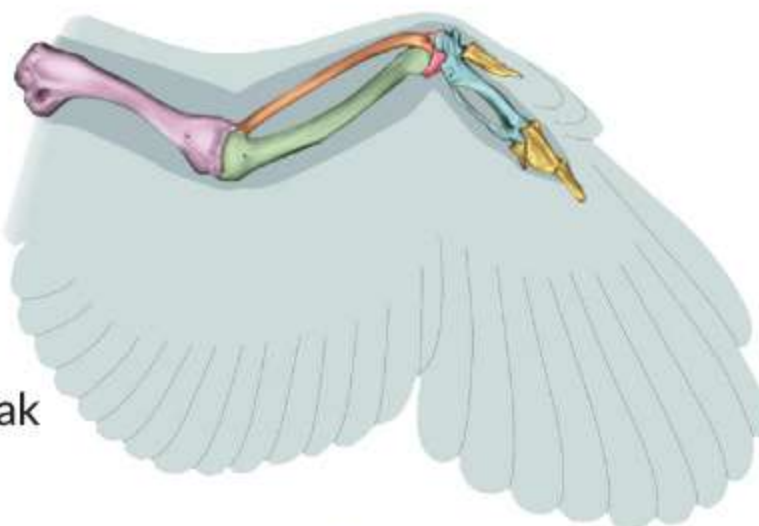
jaszczurka



delfin



człowiek



ptak

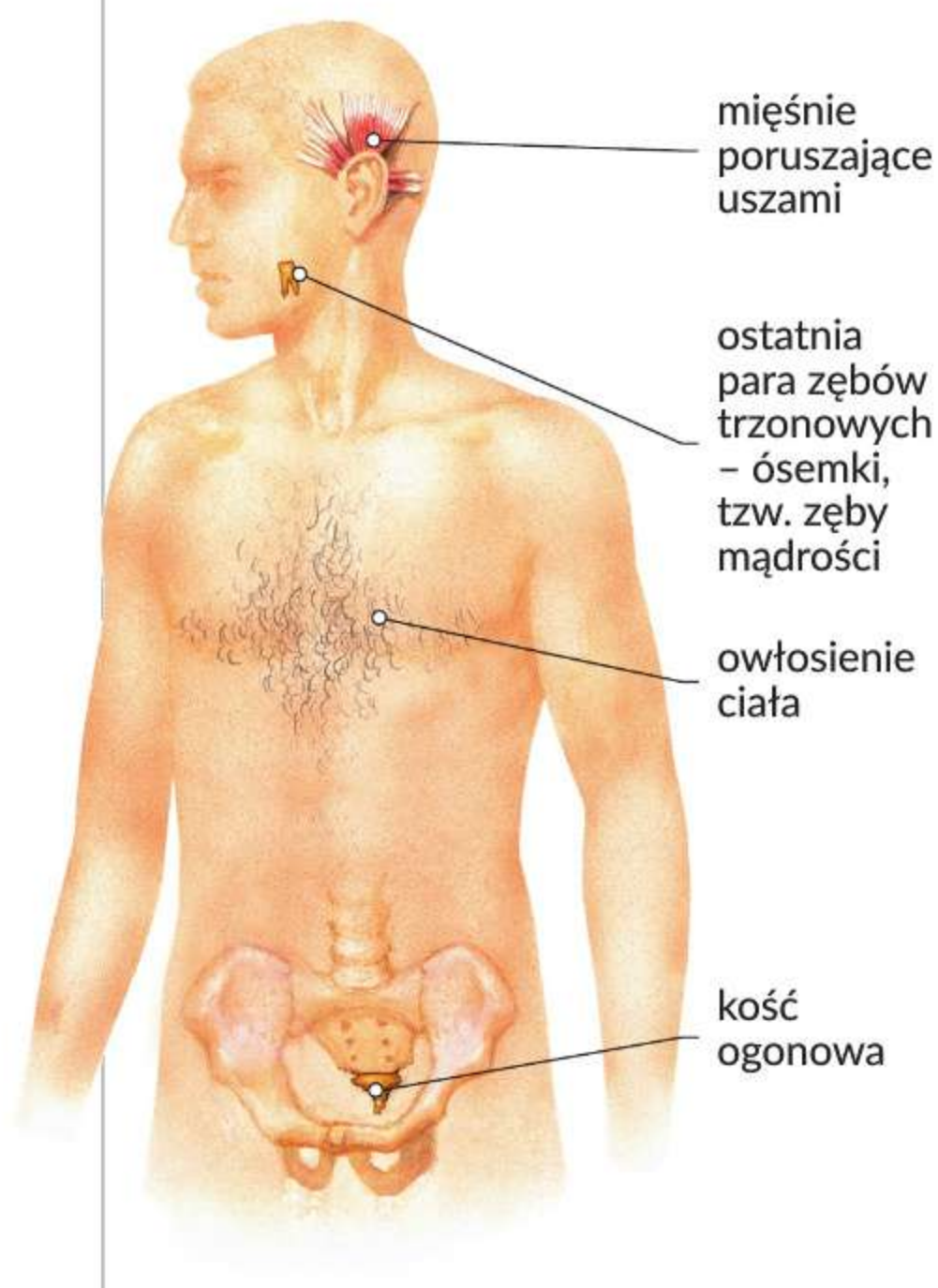


nietoperz

- | | |
|--------------------|--------------------|
| ■ kość ramienna | ■ kości nadgarstka |
| ■ kość promieniowa | ■ kości śródręcza |
| ■ kość łokciowa | ■ kości palców |

■ Narządy szczątkowe

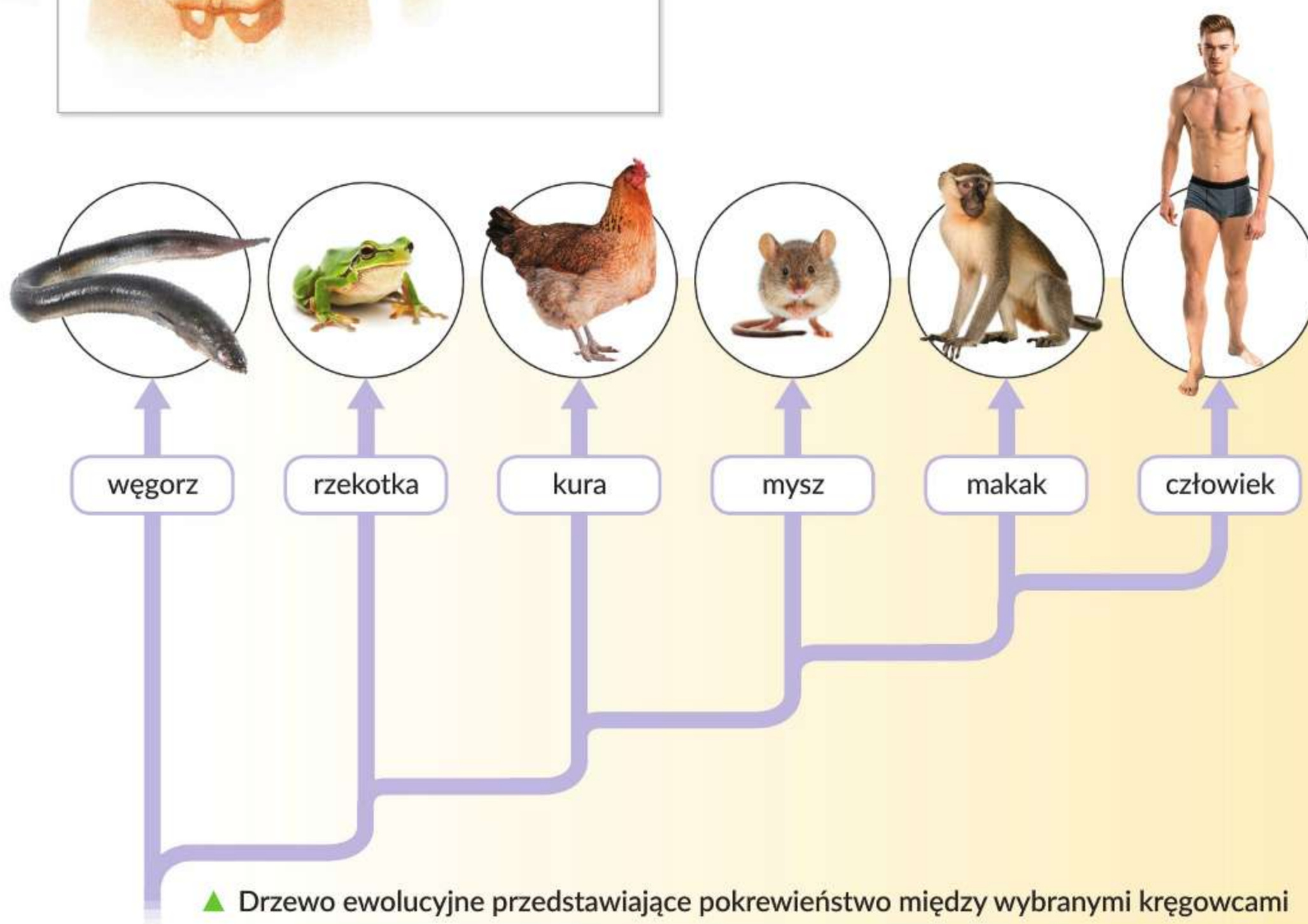
Narządy szczątkowe to niepotrzebne współczesnym ludziom pozostałości po odległych przodkach.



Innym anatomicznym świadectwem ewolucji jest występowanie **narządów szczątkowych**, czyli narządów o uproszczonej budowie, będących pozostałościami narządów występujących u odległych przodków danego gatunku. Narządy szczątkowe stopniowo zanikają ze względu na to, że nie pełnią żadnych istotnych funkcji. Możemy je znaleźć m.in. w ciele człowieka, co świadczy o tym, że nasz gatunek powstał w efekcie ewolucji biologicznej.

Elementy budowy komórkowej

O wspólnym pochodzeniu organizmów świadczy też ich budowa chemiczna (obecność białek, cukrów, kwasów nukleinowych), elementy budowy komórkowej, ten sam sposób zapisu w DNA informacji o budowie białka, a także podobieństwa w przebiegu procesów metabolicznych, np. oddychania komórkowego.



Jednak współcześnie najczęściej wykorzystywanym źródłem wiedzy o ewolucji jest analiza genetyczna: porównywanie kolejności nukleotydów w DNA oraz aminokwasów w białkach. Badania takie polegają na ustalaniu, jak wiele różnic występuje w nukleotydach odpowiadających sobie genów czy cząsteczkach białek różnych organizmów. Przykładowo można porównać kolejność aminokwasów w łańcuchu budującym hemoglobinę u różnych zwierząt i na tej podstawie określić, które są bliżej, a które dalej ze sobą spokrewnione. Im więcej różnic – tym dalsze pokrewieństwo.



▲ Żyjący ok. 375 milionów lat temu kręgowiec – tiktaalik – był prawdopodobnie ogniwem pośrednim między rybami a płazami

Na podstawie danych zawartych w poniższej tabeli możemy stwierdzić, że spośród uwzględnionych w niej organizmów:

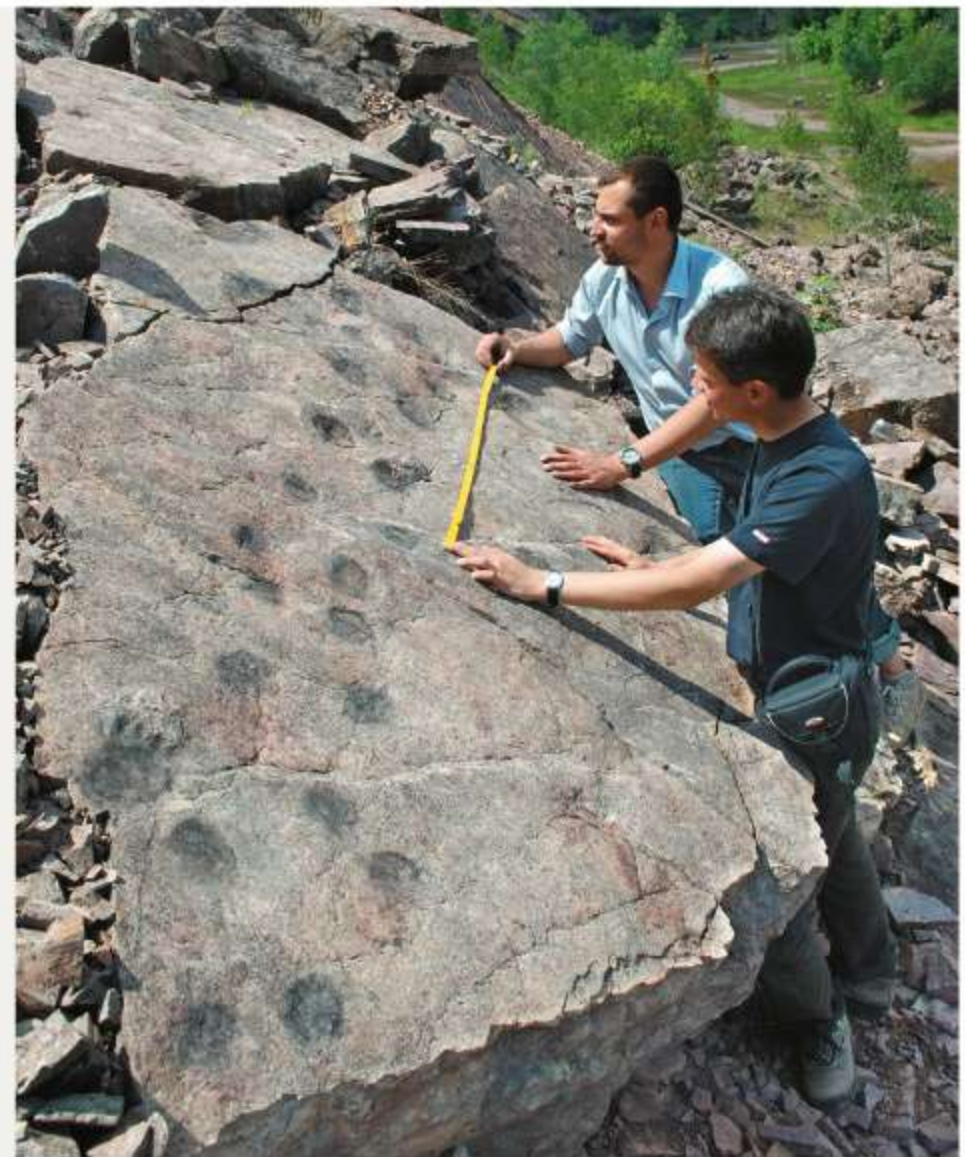
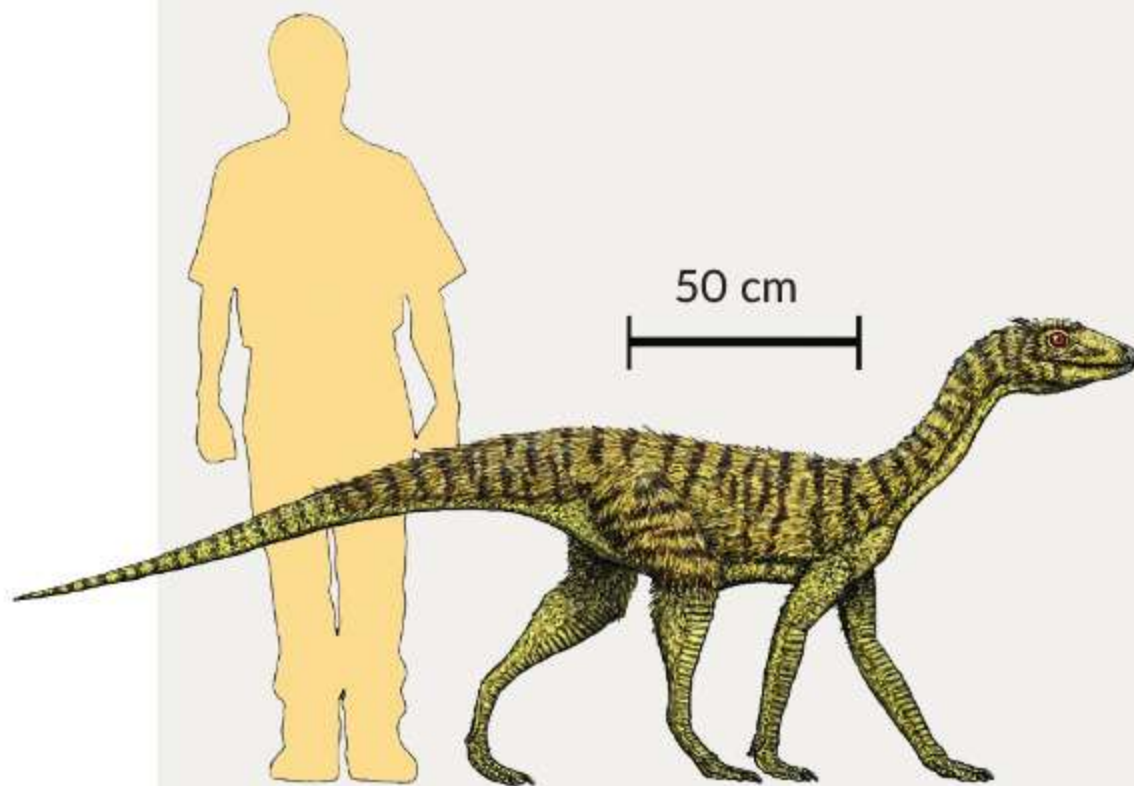
- Człowiek pod względem genetycznym najmniej różni się od myszy (31 różnic) i od szczura (34 różnice). Wynika z tego, że te organizmy są najbliżej spokrewnione z człowiekiem.
- Człowiek pod względem genetycznym najbardziej różni się od drożdży (110 różnic), czyli to drożdże są najbardziej oddalone ewolucyjnie od człowieka.
- Najmniejsza liczba różnic (9) występuje między myszą a szczurem, co znaczy, że te dwa organizmy są ze sobą najbliżej spokrewnione.
- Najbardziej odległe od pozostałych organizmów są drożdże, ponieważ liczba różnic między nimi a wszystkimi pozostałymi organizmami jest największa.

Do analizy porównawczej budowy DNA i białek wykorzystuje się specjalne programy komputerowe. Na podstawie wyników takich analiz można z dużą dokładnością określić pokrewieństwo między organizmami, co z kolei pozwala na zrekonstruowanie przebiegu ewolucji.

LICZBA RÓŻNIC W NUKLEOTYDACH TEGO SAMEGO GENU MIĘDZY WYBRANYMI ORGANIZMAMI						
	człowiek	mysz	szczur	kura	muszka owocowa	drożdże
człowiek	0	31	34	58	87	110
mysz		0	9	53	83	117
szczur			0	58	77	119
kura				0	92	119
muszka owocowa					0	127
drożdże						0

WARTO WIEDZIEĆ

Niezwykle istotne znaleziska związane z przebiegiem ewolucji organizmów są niejednokrotnie znajdowane na terenie Polski. W 2003 r. w Krasiejowie polscy paleontolodzy odkryli szczątki zwierzęcia, które było prawdopodobnie jednym z pierwszych dinozaurów. W związku z miejscem odkrycia (na Śląsku Opolskim) prehistorycznego gada nazwano *Silesaurus opolensis*.



Z kolei w latach 2002–2008 w kamieniołomie Zachełmie w Górach Świętokrzyskich zostały odkryte odciski stóp zwierząt, które okazały się najstarszymi znanymi kręgowcami lądowymi!

ZAPAMIĘTAJ

- Ewolucja organizmów to proces zmian w budowie i życiu organizmów; w wyniku tego procesu powstają nowe gatunki.
- Ewulucjonizm to dział biologii, zajmujący się badaniem ewolucji organizmów.
- Do świadectw ewolucji należą skamieniałe szczątki organizmów (wśród nich formy przejściowe), a także żywe skamieniałości.
- Formy przejściowe to wymarłe organizmy stanowiące pośrednie ogniwo między grupami systematycznymi.
- Żywe skamieniałości to żyjące do dziś gatunki organizmów z grup systematycznych, których pozostali przedstawiciele dawno wymarli.
- O przebiegu ewolucji można też wnioskować na podstawie porównywania budowy i czynności życiowych współcześnie żyjących organizmów.
- Obecnie rekonstrukcje przebiegu ewolucji wykonuje się najczęściej przez porównywanie sekwencji kwasów nukleinowych i białek różnych organizmów.

POLECENIA

1. Wyjaśnij, na czym polega ewolucja organizmów.
2. Wymień świadectwa zachodzenia ewolucji dostarczane przez paleontologię.
3. Wyjaśnij, co to są narządy szczątkowe. Podaj dwa przykłady takich narządów występujących u człowieka.
4. Wskaż, dlaczego budowa prąptaka świadczy o pochodzeniu ptaków od gadów.
5. Opisz sposoby porównywania żyjących dziś organizmów, pozwalające wnioskować o ich pokrewieństwie.

12 Dobór naturalny i sztuczny

Z tej lekcji dowiesz się:

- dlaczego ewolucja cały czas zachodzi;
- co to jest dobór naturalny, a co to jest dobór sztuczny;
- w jaki sposób może powstać nowy gatunek;
- jak doszło do powstania ras psów i innych gatunków zwierząt.

Czynniki ewolucji

Zgodnie ze współczesną teorią ewolucji, opartą na koncepcji Karola Darwina i wzbogaconą o późniejsze odkrycia, ewolucja zachodzi dzięki temu, że:

- istnieje zmienność wewnątrzgatunkowa osobników, wynikająca ze zmienności dziedzicznej;
- rodzi się nadmiar potomstwa;
- osobniki danego gatunku konkurują o przetrwanie (jest to tzw. walka o byt);
- działa dobór naturalny polegający na przeżywaniu osobników najlepiej dostosowanych do warunków środowiska.

Przyczyn zróżnicowania osobników jest wiele. Dla gatunku najważniejsze są zmiany dziedziczone z pokolenia na pokolenie, czyli wynikające ze zmian zachodzących

w materiale genetycznym (DNA). Zmienność zwiększa szanse gatunku na przetrwanie, ponieważ wśród zróżnicowanego potomstwa mogą się pojawić osobniki lepiej przystosowane do danego środowiska niż pozostałe.

Nadmiar potomstwa oznacza, że organizmy wydają na świat znacznie więcej potomstwa, niż może przeżyć. Aby uświadomić sobie ten fakt, wystarczy pomyśleć, ile nasion wytwarza jedno drzewo, ile jaj składa żaba, a ile – w czasie swojego życia – para ptaków, ile młodych przez całe życie może urodzić samica dowolnego gatunku ssaka. Gdyby całe potomstwo przeżywało, wkrótce zabrakłoby niezbędnego do życia miejsca i pokarmu.

Dobór naturalny

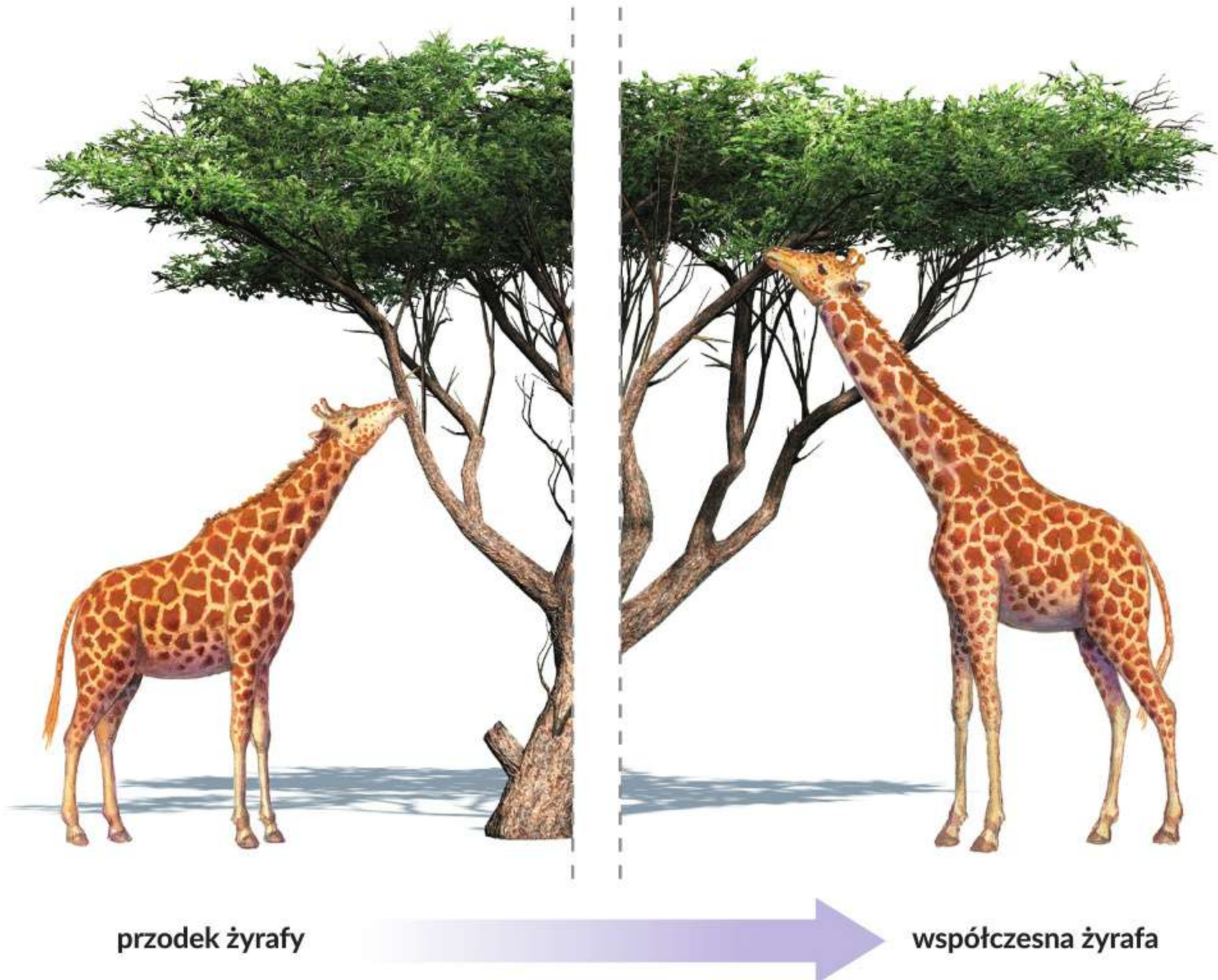
O tym, które spośród wielu osobników przetrwają, decyduje **dobór naturalny**. Polega on na tym, że organizmy, które są lepiej przystosowane do życia w danym środowisku (np. wygrywają konkurencję o pożywienie, szybciej uciekają przed drapieżnikiem), mają większe szanse na przeżycie. W rezultacie mogą się rozmnożyć i przekazać potomstwu geny warunkujące korzystne cechy. Innym organizmom trudniej przetrwać w danym środowisku. Jeśli w konsekwencji gorszego przystosowania do warunków środowiska osobniki się



▲ Zebrzy różnią się między sobą np. układem czarnych i białych pasków na skórze

■ Porównanie współczesnej żyrafy i jej hipotetycznej formy wyjściowej

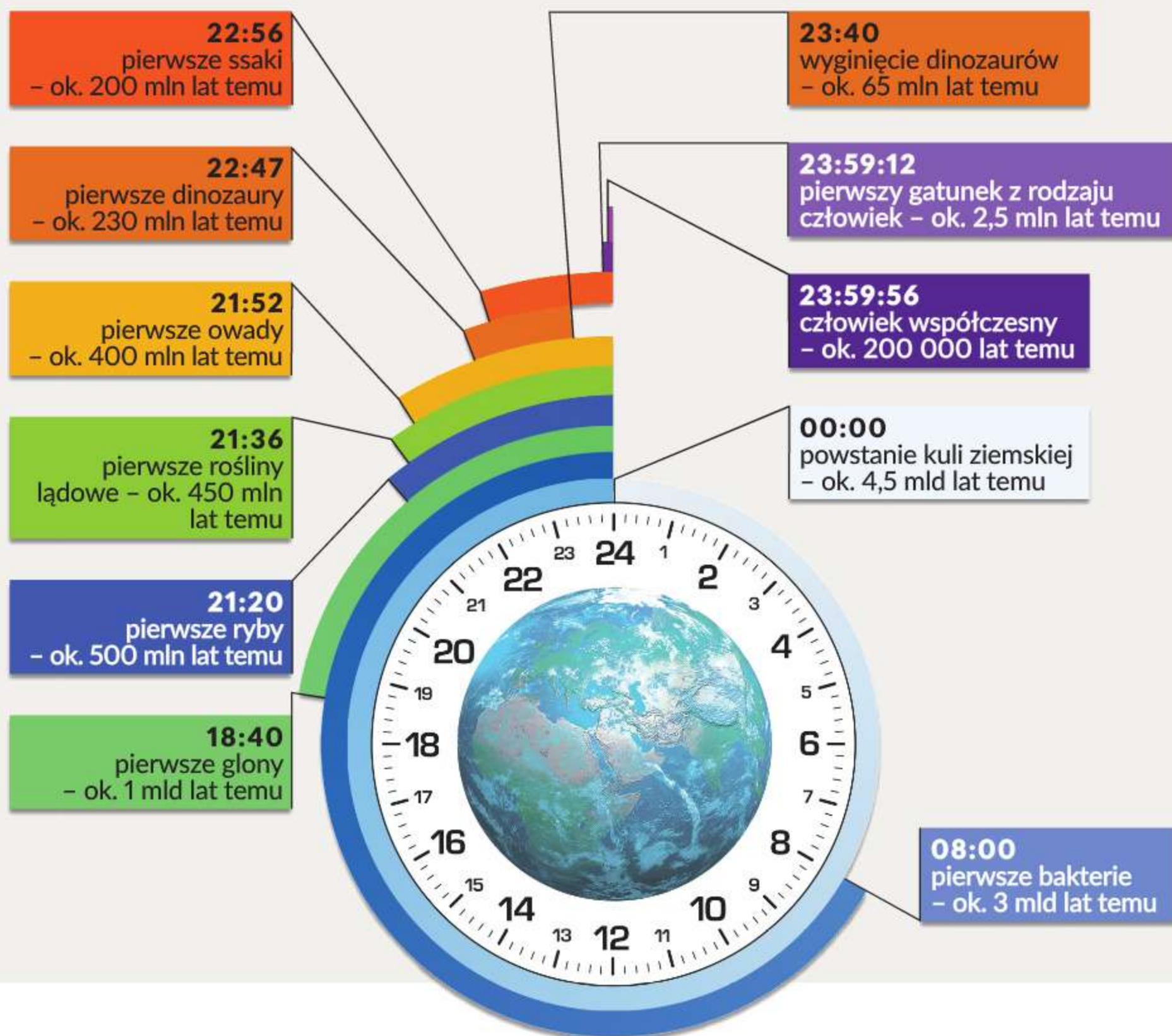
Prześledźmy sposób myślenia Darwina w celu wytłumaczenia, w jaki sposób powstały współczesne żyrafy.



1. Dawne żyrafy miały krótsze kończyny i szyje niż żyrafy żyjące współcześnie. Populacja pradawnych żyraf cechowała się zmiennością i składała z osobników mających różnej długości szyje i kończyny. Cecha długości kończyn i szyj była warunkowana genetycznie i dziedziczona.
2. Na Ziemi żyło wiele żyraf, które wraz z innymi zwierzętami konkurowały o pożywienie. Tylko te żyrafy, które miały dostęp do wystarczającej ilości jedzenia, mogły przetrwać. Żyrafy o dłuższych kończynach i szyjach miały większe szanse na zdobycie pożywienia, ponieważ liście znajdujące się wysoko w koronach drzew były niedostępne dla innych zwierząt.
3. Żyrafy o dłuższych kończynach i szyjach przeżywały i mogły się rozmnażać. W ten sposób przekazywały swoje cechy potomstwu. Kończyny i szyje żyraf w następnym pokoleniu były już nieco dłuższe od przeciętnych.
4. Wśród osobników w kolejnych pokoleniach również istniało zróżnicowanie długości kończyn i szyj (na długie i bardzo długie). Znowu żyrafy o dłuższych szyjach i kończynach miały większe szanse na przeżycie i przekazanie swoich cech potomstwu.
5. Selekcja organizmów (dobór naturalny) spowodowała, że w którymś z kolejnych pokoleń były już tylko żyrafy o bardzo długich kończynach i szyjach (choć nadal panowało pewne zróżnicowanie ich długości). W ten sposób powstały współcześnie żyjące żyrafy.

WARTO WIEDZIEĆ**Ewolucja organizmów w skrócie**

Ziemia istnieje ok. 4,5 miliarda lat. Najstarsze jednokomórkowe organizmy pojawiły się ok. 3 miliardów lat temu. Człowiek z trudem może wyobrazić sobie sto lat, a co dopiero tysiąc... milion... miliard. Żeby lepiej uzmystwić sobie przebieg ewolucji organizmów, można na chwilę przyjąć, że Ziemia istnieje nie 4,5 miliarda lat, a tylko 24 godziny. Na tarczy 24-godzinnej zegara zaznaczono, o której godzinie pojawiłyby się różne organizmy, w tym człowiek. Choć historia dziejów ludzkich wydaje się nam bardzo długa, to mieści się w całości w ostatniej minucie 24-godzinnych dziejów Ziemi.



nie rozmnażają, to nie przekazują swoich cech następnym pokoleniom. W ten sposób osobniki słabsze (i ich geny) są eliminowane ze środowiska. Dzięki doborowi naturalnemu kolejne pokolenia są genetycznie lepiej przystosowane do przeżycia w danych warunkach.

Warto sobie uświadomić, że dobór naturalny działa różnie w zależności od miejsca i czasu. Jeżeli np. na jakimś obszarze

wystąpi epidemia choroby zakaźnej, przeżyją osobniki, które są na nią najbardziej odporne. Jeżeli nastąpi ochłodzenie klimatu, przeżyją organizmy, które najlepiej znoszą zimno. Tylko te, które dożyją wieku rozrodczego, przekażą swoje cechy potomstwu.

W przykładzie z żyrafą pokazano, jak ten sam gatunek może się zmieniać w czasie. Jednak zasadniczym procesem ewolu-

cyjnym jest powstawanie nowych gatunków. Jak może do tego dojść? Wyjściowy gatunek musi podzielić się na dwie grupy, które żyją w izolacji od siebie, np. po dwóch stronach rzeki czy na dwóch wyspach. Jeśli dobór naturalny działa w różnych kierunkach w dwóch miejscach występowania gatunku, mówimy o izolacji geograficznej. Jeśli w jednym z tych miejsc dominuje np. inny rodzaj pożywienia, to z czasem, po upływie wielu pokoleń, organizmy mogą zacząć się różnić od siebie tak bardzo, że utworzą dwa różne gatunki.

Ewolucja zachodząca na naszych oczach

Niekiedy zmiany ewolucyjne zachodzą bardzo szybko. Przykładem może być nabywanie przez bakterie oporności na antybiotyki wprowadzone przez człowieka. Już po kilku latach od wprowadzenia nowego, nieistniejącego wcześniej w przyrodzie antybiotyku pojawiają się doniesienia o tym, że u niektórych pacjentów ten antybiotyk nie działa na bakterie. Jak to jest możliwe?

Bakterii jest bardzo, bardzo dużo i rozmnażają się bardzo często, co sprawia, że

szybko zachodzą w nich zmiany, dzięki którym lepiej przystosowują się do zmieniających się warunków. Gdy człowiek wprowadza nowy antybiotyk, prawie wszystkie bakterie giną. Jednak wśród ich miliardów znajdzie się taka, która – całkiem przypadkowo, na skutek mutacji genetycznej – jest niewrażliwa na ten antybiotyk. Może to wynikać np. z umiejętności rozkładania tej substancji albo szybkiego pozbywania się jej z komórki. Ta bakteria przetrwa działanie antybiotyku, a następnie zacznie się intensywnie dzielić. Całe jej potomstwo będzie odporne na antybiotyk.

Dobór sztuczny

W wypadku organizmów hodowanych przez człowieka czynnikiem decydującym o rozmnażaniu (i przekazywaniu genów) jest przydatność w gospodarce. Człowiek wybiera i krzyżuje takie osobniki, które mają pożądane przez niego cechy. Dzięki temu wybrane cechy mogą przejawiać się u organizmów w kolejnym pokoleniu. Pozostałe organizmy – niedopuszczone do rozrodu – giną bezpotomnie. Taki rodzaj selekcji nazywa się **doborem sztucznym**.

NAJWAŻNIEJSZE RÓŻNICE MIĘDZY DOBREM NATURALNYM A SZTUCZNYM		
Porównywana cecha	Dobór naturalny	Dobór sztuczny
czynnik selekcyjny osobniki do rozrodu	warunki środowiska	decyzja człowieka
kierunek zmian cech osobników	zmienny, zależny od warunków	stały, ustalony przez człowieka
czas działania na gatunek	nieograniczony	do momentu uzyskania pożądanych cech
efekt działania	lepsze przystosowanie organizmów do danego środowiska	uzyskanie cech organi- zmów selekcyjnych korzystnych dla człowieka, najczęściej nieprzydatnych w naturalnym środowisku

■ Dobór sztuczny

Od wieków człowiek rozmnażał i wybierał do dalszej hodowli najbardziej przydatne z jego punktu widzenia gatunki roślin i zwierząt. W wyniku doboru sztucznego uzyskał współczesne odmiany warzyw, rasy krów, psów czy kotów.



Kapusta warzywna (*Brassica oleracea*) – wyhodowano z niej poniższe odmiany warzyw

MODYFIKOWANE CZĘŚCI ROŚLINY

skrócony pęd z liśćmi

skrócone ulistnione pędy boczne

łodyga (bulwa pędowa)

liście

kwiatostan



kapusta głowiasta



kapusta brukselska



kalarepa



jarmuż



kalafior

■ Dziko rosnąca trawa to przodek dzisiejszych zbóż



nasiona dziko rosnącej trawy



nasiona owsa



nasiona jęczmienia



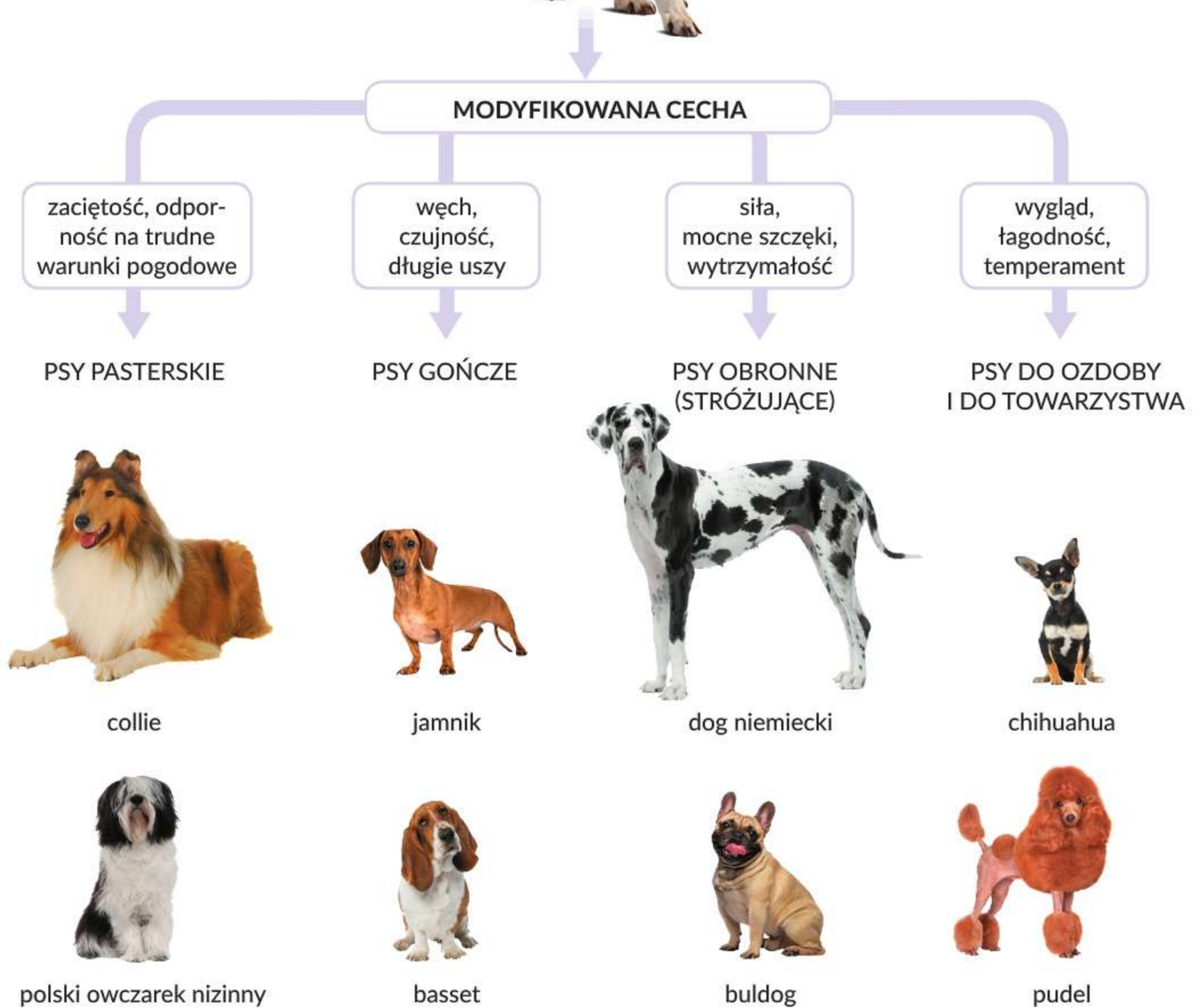
nasiona żyta



nasiona pszenicy



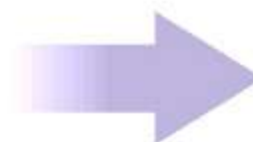
Wilk (*Canis lupus*)
– przodek psa domowego



■ Tur – przodek bydła domowego



tur



bydło domowe

PRZYKŁADY ROŚLIN I ZWIERZĄT WYHODOWANYCH W WYNIKU DOBORU SZTUCZNEGO	
Organizmy	Cecha stanowiąca podstawę selekcji
ziemniaki	• odporność na choroby • przydatność do przyrządzania określonych potraw
kukurydza	• większe plony • odporność na szkodniki lub choroby
krowy	• wzrost produkcji mleka • chude mięso
kury	• szybki wzrost • duża liczba jaj składanych w ciągu roku
psy	• cechy typowe dla konkretnej rasy, np. myśliwskie, obronne

ZAPAMIĘTAJ

- Ewolucja organizmów zachodzi dzięki istnieniu zmienności dziedzicznej, nadmiarowi potomstwa, konkurencji między osobnikami oraz doborowi naturalnego.
- Zmienność dziedziczna polega na występowaniu różnic między osobnikami w obrębie gatunku. Różnice te dotyczą budowy i funkcjonowania organizmów, a ich przyczyną są różnice w genach.
- Nadmiar potomstwa to wytwarzanie przez organizmy większej liczby potomków, niż jest w stanie przeżyć.
- Dobór naturalny polega na przeżywaniu osobników najlepiej przystosowanych do środowiska i przekazywaniu potomstwu genów przez te osobniki.
- Dobór sztuczny polega na wybieraniu przez człowieka do rozmnażania osobników o pożądanych cechach.
- W wyniku działania doboru sztucznego doszło do powstania odmian roślin uprawnych (np. ziemniaków, pomidorów, kukurydzy) i ras zwierząt udomowionych (np. krów, kotów, psów).

POLECENIA

1. Podaj przykłady zmienności dziedzicznej cech wybranego zwierzęcia i wybranej rośliny.
2. Uzasadnij, że nadmiar potomstwa jest typowym zjawiskiem wśród organizmów, i opisz, jakie są tego konsekwencje.
3. Wyjaśnij, jak działa dobór naturalny.
4. Porównaj dobór naturalny i dobór sztuczny pod względem sposobu działania i końcowego efektu.
5. Podaj przykład zwierzęcia hodowanego i cech, pod kątem których zostało wyselekcjonowane.

13 Miejsce człowieka w świecie organizmów

Z tej lekcji dowiesz się:

- gdzie jest miejsce człowieka w systematyce zwierząt;
- czym różnimy się od małp człekokształtnych;
- jakie najważniejsze zmiany zaszły podczas ewolucji człowieka.

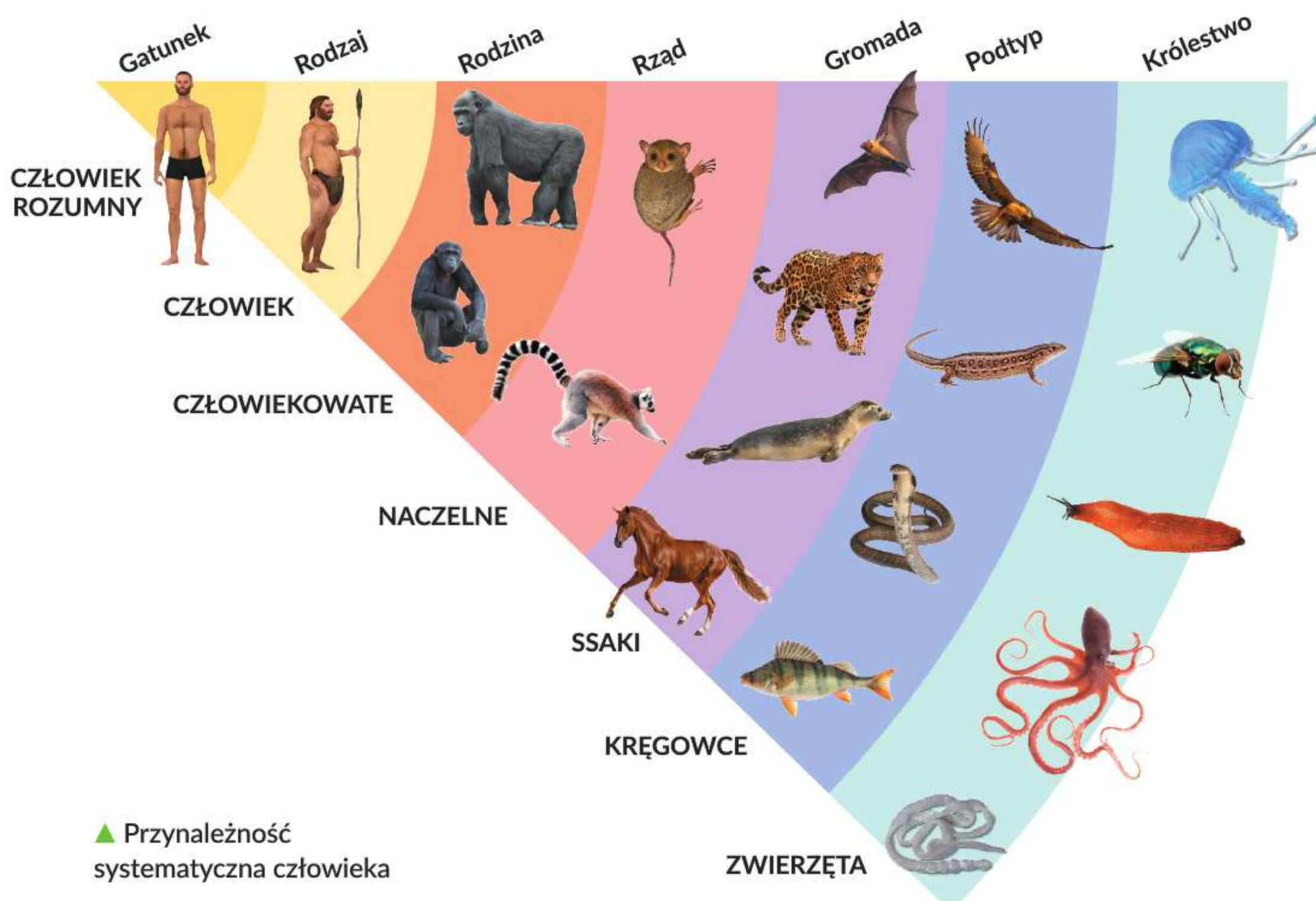
Człowiek jako ssak naczelny

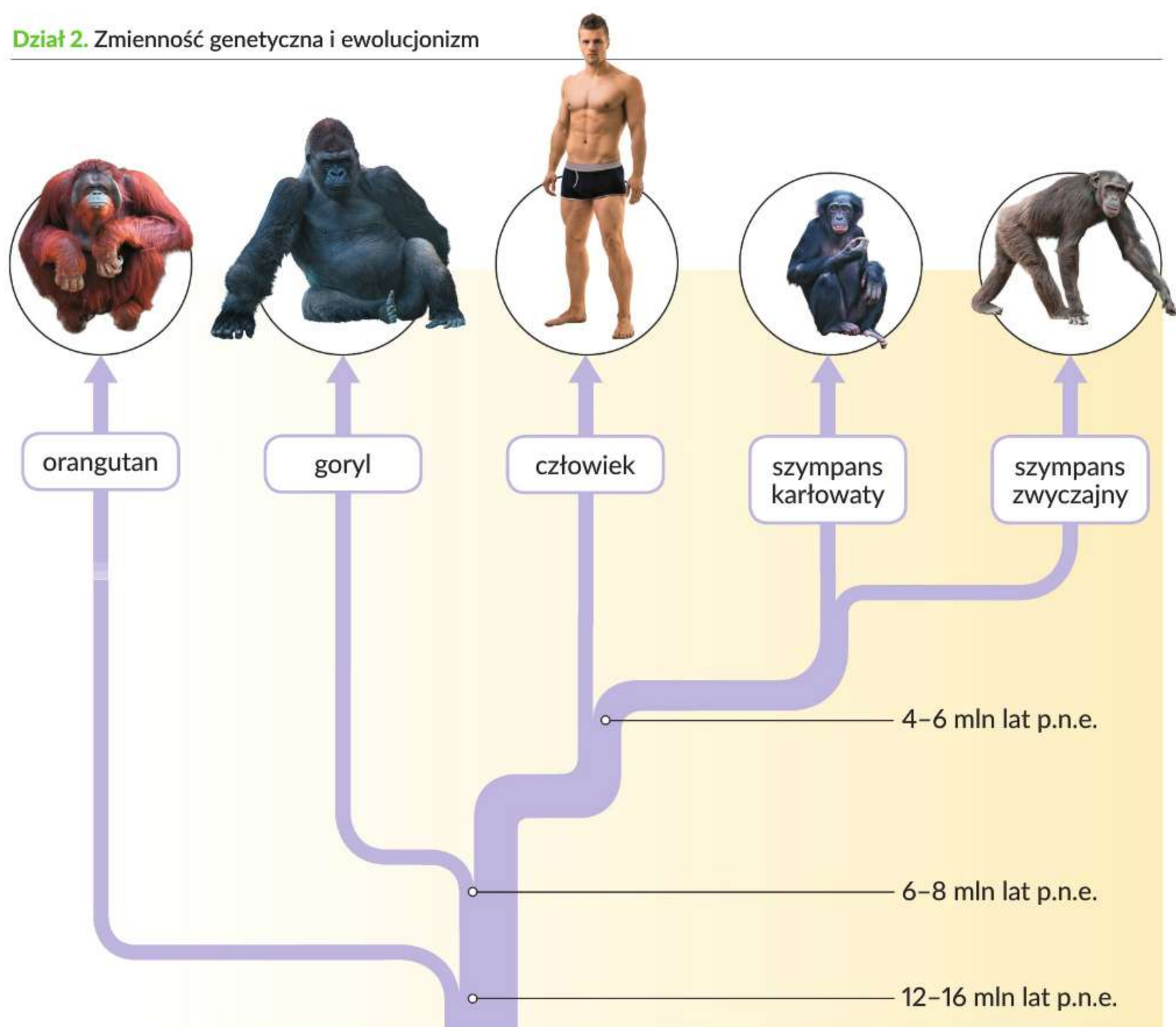
Człowiek, podobnie jak inne zwierzęta, cechuje się tym, że jest cudzożywny, ma ciało zbudowane z tkanek tworzących narządy oraz może się poruszać. Obecność szkieletu wewnętrznego (z kręgosłupem) pozwala zaliczyć go do kręgowców. Człowiek jest ssakiem, ponieważ karmi noworodki mlekiem – wydzieliną gruczołów mlekowych – oraz ma ciało pokryte (choć niecałkowicie) włosami. Jest ssakiem łożyskowym, bo

rozwój płodowy odbywa się dzięki wytworzeniu narządu (łożyska), który umożliwia wymianę substancji między organizmami matki i dziecka.

Podobieństwa i różnice między człowiekiem a małpami człekokształtnymi

Najbliżej spokrewnione z człowiekiem są małpy człekokształtne – szympansy, goryle, orangutany. Świadczą o tym nie





▲ Linia rozwojowa prowadząca do szympansa i człowieka rozdzieliła się ponad 5 milionów lat temu, a to znaczy, że wtedy żył nasz ostatni wspólny przodek

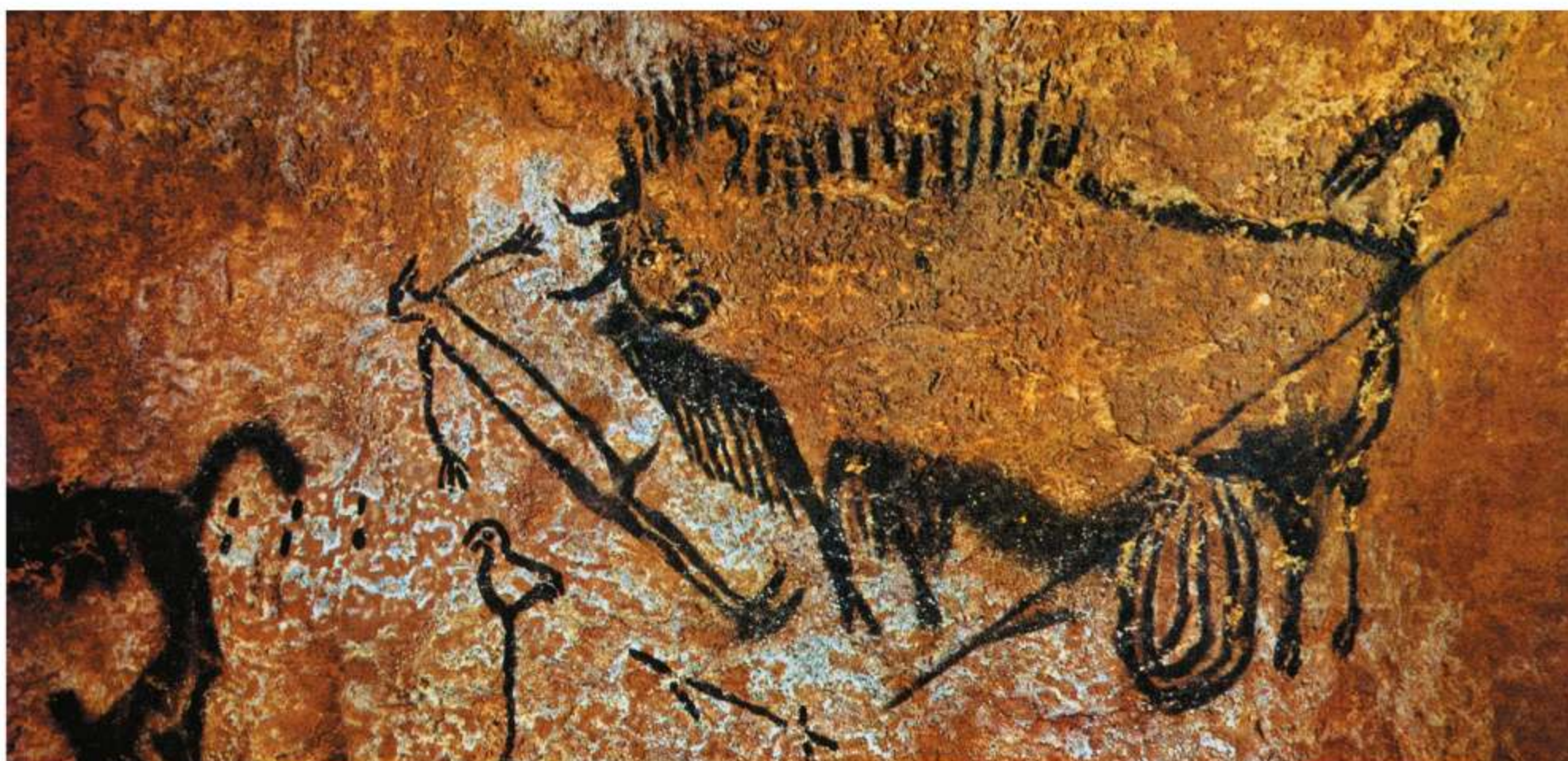
tylko zewnętrzne podobieństwa, ale i badania porównawcze kolejności nukleotydów w DNA.

Człowiek, podobnie jak małpy człekokształtne, ma pięciopalczaste dłonie z przeciwstawnym kciukiem, co znaczy, że może odsunąć kciuk od pozostałych palców i objąć nim przedmiot (np. szklankę) z drugiej strony. Wspólne dla człowieka i małp cechy to także duży – w stosunku do rozmiarów ciała – mózg, widzenie barwne i długi okres braku samodzielności narodzonych młodych.

Między człowiekiem i najbliższym spokrewnionym z nim przedstawicielem człekokształtnych – szympansem – występują znaczące różnice w budowie.

Zmiana postawy ciała na pionową spowodowała przekształcenia szkieletu. Zwolnienie kończyn przednich z funkcji podporowych podczas ruchu pozwoliło na używanie ich do przenoszenia przedmiotów, a także do wykonywania precyzyjnych ruchów umożliwiających wytwarzanie broni, ubrań, ozdób i przedmiotów związanych z kulturą.

W toku ewolucji nastąpiła również zmiana w sposobie odżywiania. Nasi przodkowie, odżywiający się głównie owocami, zaczęli spożywać także pokarmy mięsne. Zmiany w odżywianiu pociągnęły za sobą zmianę w uzębieniu oraz kształcie szczęki, która wyglądem początkowo była zbliżona do litery „V”, a w kolejnych



▲ Malowidła naskalne w jaskini Lascaux (czytaj: lasko) we Francji to jedne z pierwszych dzieł sztuki człowieka pierwotnego

pokoleniach przybrała kształt litery „U”. Wraz z tymi przemianami dokonywała się najważniejsza zmiana – znaczne powiększenie objętości mózgu i mózgowcaszki. Następował rozwój ośrodków korowych odpowiedzialnych za koordynację i kontrolę – czynniki niezbędne do wykonywania coraz bardziej skomplikowanych czynności, takich jak wytwarzanie narzędzi czy artykułowanie dźwięków (mowa). Zachowania stały się bardziej złożone: odruchy czysto zwierzęce przekształciły się w zachowania wynikające z przystosowania do życia społecznego. Nasi przodkowie gromadzili informacje i ustalali wzorce zachowań (zwyczaje, tradycje, wartości), które były przekazywane z pokolenia na pokolenie. W ten sposób wytworzyła się kultura, która również z upływem czasu ewoluowała. Towarzyszył temu rozwój sztuki.

Pochodzenie człowieka

Dawniej wyobrażano sobie ewolucję przodków gatunku ludzkiego jako ciąg gatunków, z których każdy był potomkiem poprzedniego i przodkiem kolejnego. Nowe

odkrycia dokonane przez paleontologów wykazały, że linia ewolucyjna prowadząca do człowieka wielokrotnie się rozgałęziała, a wiele gatunków wymarło bezpotomnie.

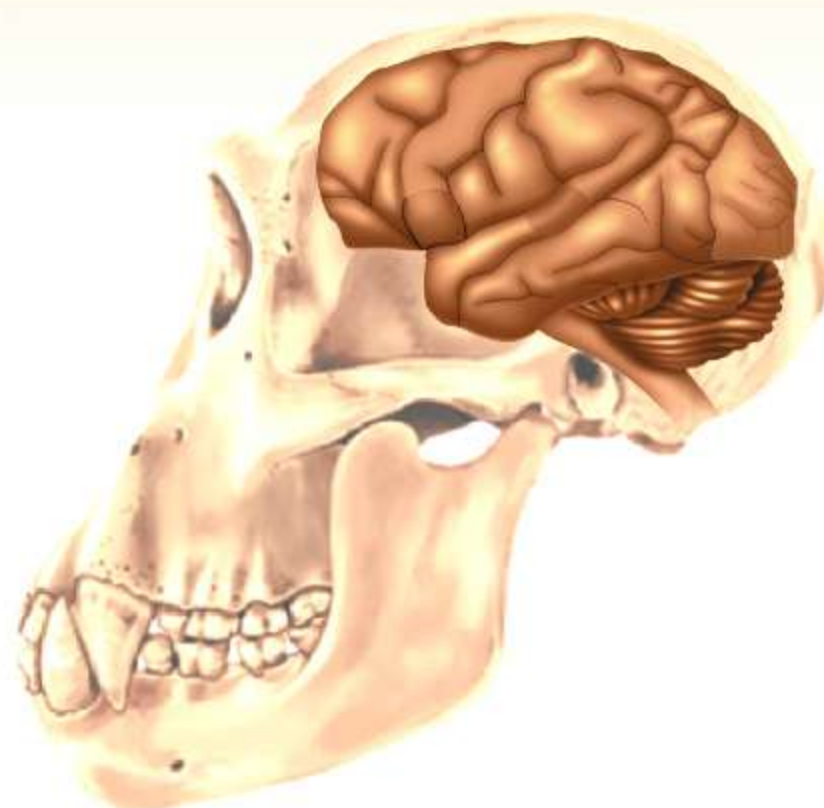
Współczesne odmiany ludzi

Przodkowie człowieka zasiedlający nowe środowiska przystosowywali się do panujących w nich warunków. W ten sposób dokonywała się np. selekcja dotycząca barwy skóry. Z regionów równikowych, gdzie natężenie promieniowania słonecznego jest największe, pochodzą ludzie o ciemnej barwie skóry. Zawarte w skórze ciemne barwniki – melaniny – chronią organizm przed szkodliwym wpływem promieniowania. Im dalej od równika, tym mniejsza jest zawartość melanin i tym barwa skóry jest jaśniejsza. Intensywność zabarwienia skóry zależy więc od miejsca zamieszkania (pochodzenia), do którego dociera więcej lub mniej promieniowania słonecznego. Jasna skóra mieszkańców północnych regionów Ziemi umożliwia wnikanie światła słonecznego do tych obszarów ciała, w których zachodzi synteza witaminy D.

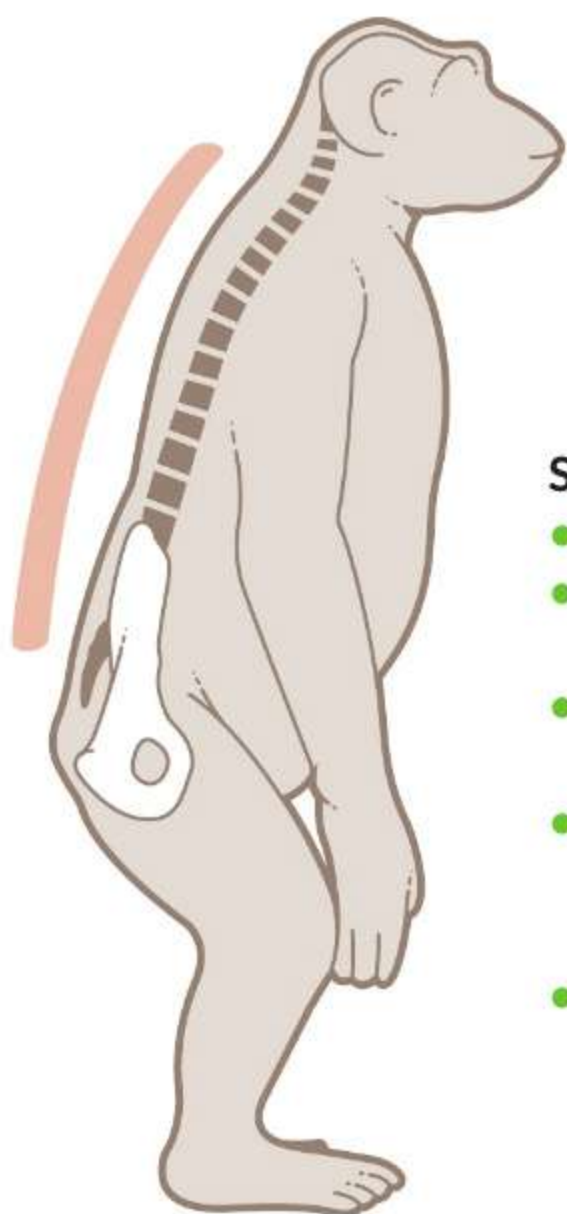
■ Porównanie budowy człowieka i szympansa

Szympans to nasz najbliższy krewny w świecie zwierząt, jednak dzielą nas od niego istotne różnice.

U szympansa lepiej rozwinięta jest część twarzowa czaszki, natomiast u człowieka – część mózgowa. Wiąże się to ze znacznym rozwojem mózgu, który u człowieka ma ponad trzykrotnie większą objętość niż u szympansa.

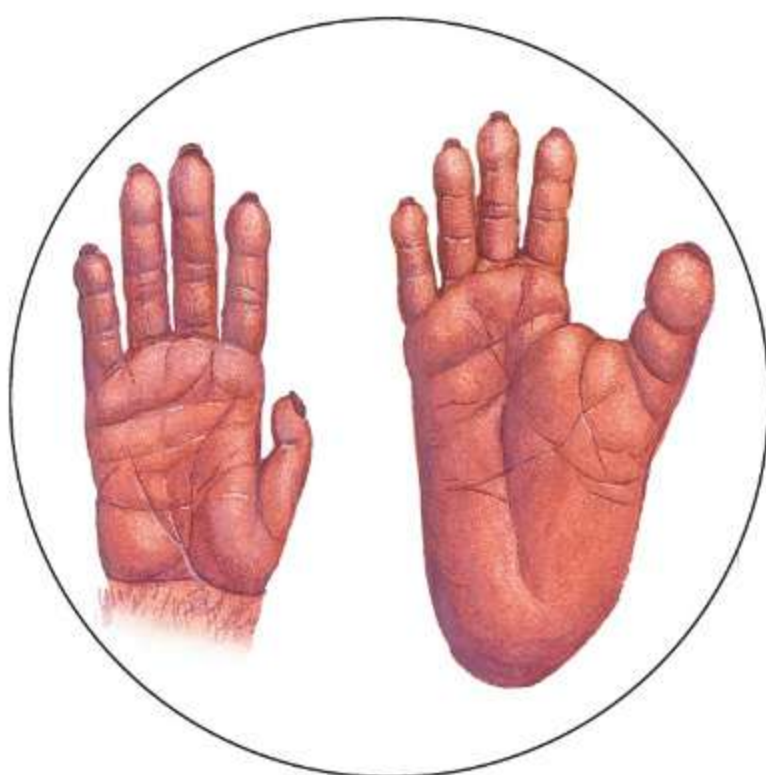


Objętość mózgu szympansa to ok. 400 cm³.



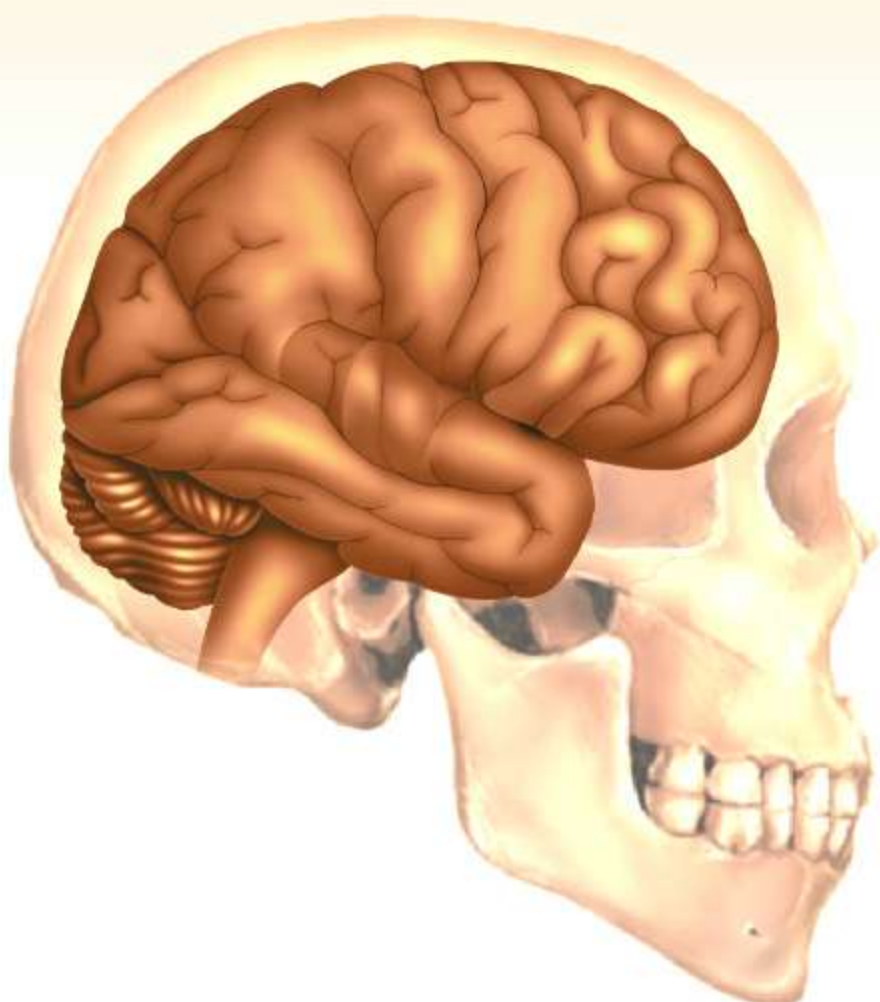
SZYMPAANS

- pochylona postawa
- łukowato wygięty kręgosłup
- miednica węższa i dłuższa
- kończyny przednie służące jako podpory w trakcie ruchu
- kończyny tylne krótsze od przednich



- dłoń z przeciwstawnym palcem
- stopa z przeciwstawnym palcem
- stopa płaska





Objętość mózgu człowieka
to ok. 1400 cm³.



CZŁOWIEK

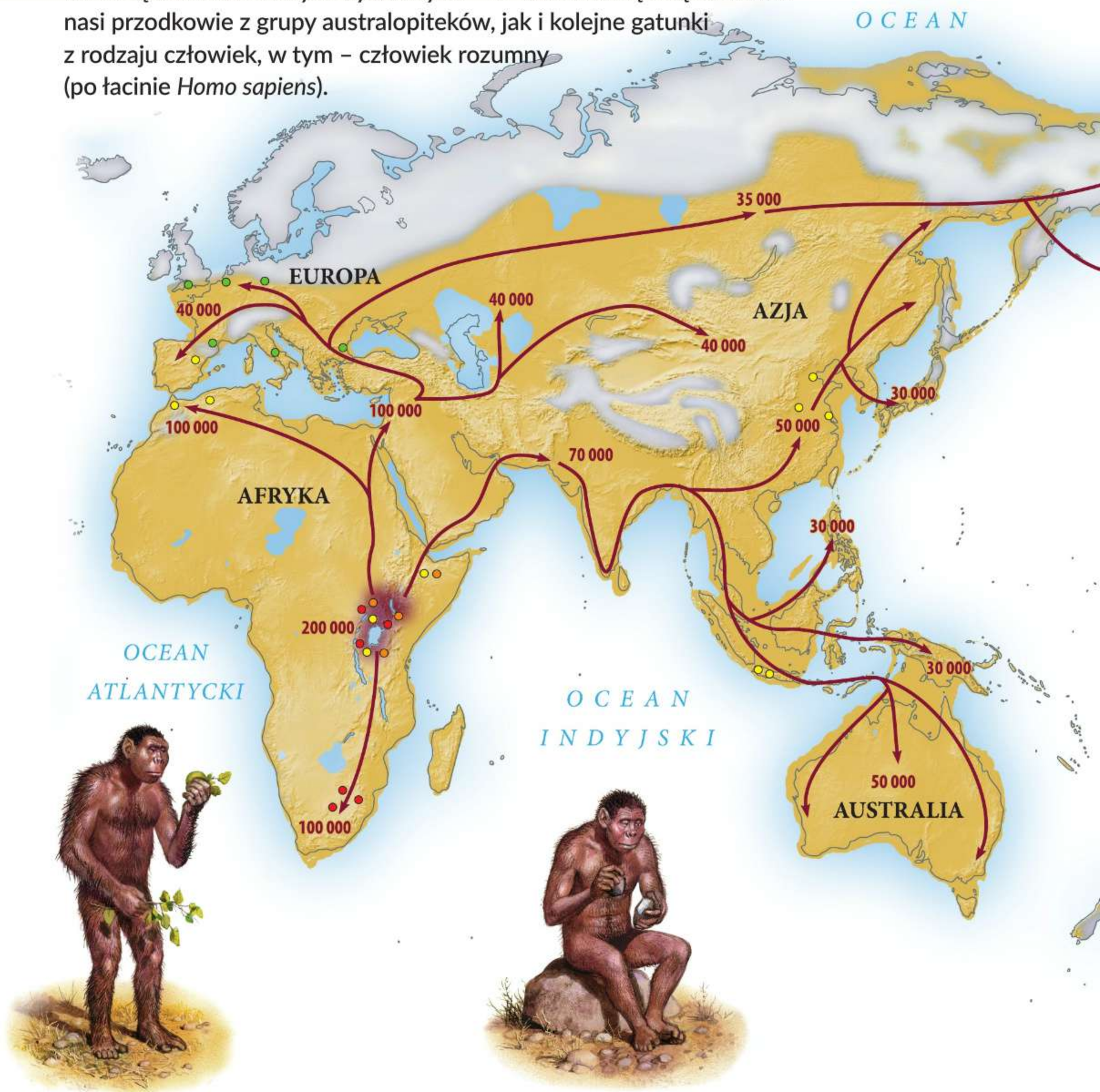
- wyprostowana postawa
- esowato wygięty kręgosłup (co umożliwia utrzymanie ciała wraz z głową w pionie)
- miednica szersza i krótsza
- kończyny dolne dłuższe niż górne, służące do chodzenia w postawie wyprostowanej



- pierwszy palec dłoni przeciwstawny
- palce stopy równoległe
- łukowate wygięcie stopy

Pochodzenie człowieka

Kolebką człowiekowatych była Afryka – to tam rozwinęli się zarówno nasi przodkowie z grupy australopiteków, jak i kolejne gatunki z rodzaju człowiek, w tym – człowiek rozumny (po łacinie *Homo sapiens*).



Australopitek był niewysoki, miał ok. 1,2 m wzrostu, a jego mózg był ok. trzy razy mniejszy od mózgu człowieka współczesnego. Istniało wiele gatunków australopiteków i tylko niektóre z nich były przodkami człowieka.

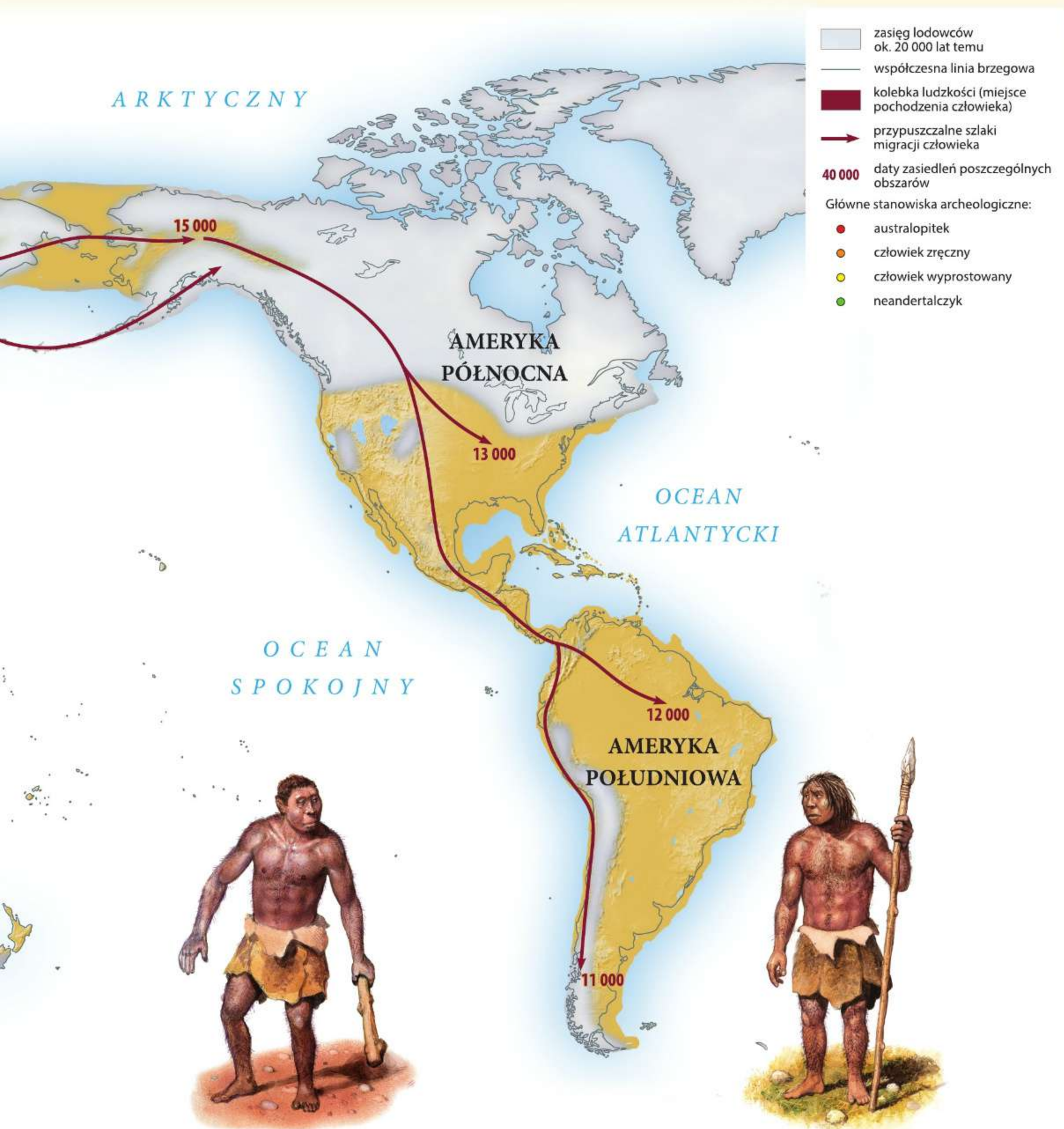
Człowiek zręczny różnił się znacznie od australopiteka budową, wielkością czaszki oraz uzębieniem. Był on przystosowany do poruszania się na dwóch kończynach, miał m.in. wysklepioną stopę. Dłonią wykonywał precyzyjne ruchy i wytwarzał narzędzia.

AUSTRALOPITEKI

5 mln lat p.n.e.

4 mln lat p.n.e.

3 mln lat p.n.e.



Człowiek wyprostowany najpierw żył w Afryce, lecz wkrótce przewędrował także do Europy i Azji. Najstarsze odkryte szczątki, pochodzące z Gruzji, Chin i Jawy, mają ok. 2 milionów lat. Człowiek wyprostowany potrafił rozniecać ogień.

Neandertalczyk żyli w Europie i południowo-zachodniej Azji. Praktykowali obrzędowe pochówki zmarłych, wspólnie polowali oraz wytwarzali narzędzia. Obecnie uważa się, że neandertalczyk nie byli bezpośrednimi przodkami człowieka rozumnego.



■ Porównanie budowy czaszek przodków człowieka i człowieka współczesnego

Zmiany ewolucyjne wśród przodków człowieka rozumnego (współczesnego) można łatwo zauważyć na przykładzie budowy czaszki. Jeśli porównamy kolejno czaszki: australopiteka, człowieka wyprostowanego i człowieka rozumnego, zauważymy, że twarzoczaszka ulegała stopniowemu spłaszczeniu, a mózgowica powiększeniu, ponieważ musiała mieścić coraz większy mózg.



ZAPAMIĘTAJ

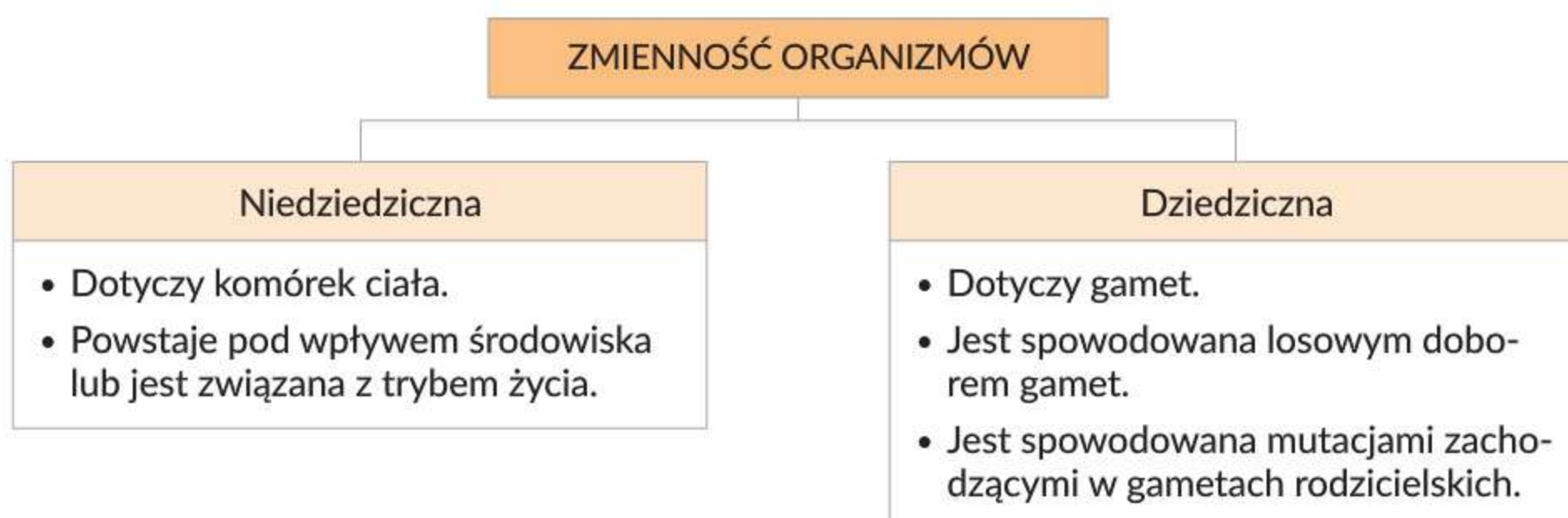
- Człowiek to ssak łożyskowy, należący do rzędu naczelnych.
- Do cech wspólnych człowieka i małp człekokształtnych należą: pięciopalczaste kończyny górne z przeciwstawnym kciukiem, duży mózg, widzenie barwne i długi okres opieki nad potomstwem.
- Najważniejszymi cechami budowy różniącymi człowieka od małp człekokształtnych są: pionowa postawa ciała, esowato wygięty kręgosłup, brak przeciwstawności palucha stopy, szersza miednica, znacznie większy mózg.
- Do przodków człowieka rozumnego należą australopiteki, człowiek zręczny i człowiek wyprostowany.
- Gatunek ludzki pochodzi z Afryki, skąd rozprzestrzenił się na całą kulę ziemską.

POLECENIA

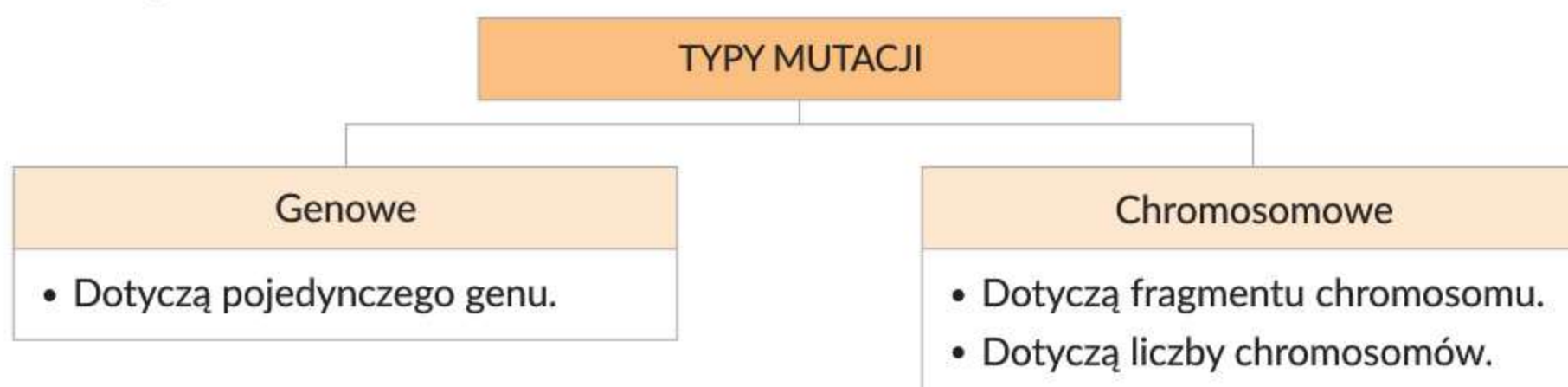
1. Wykaż, że człowiek jest ssakiem.
2. Podaj najważniejsze podobieństwa między człowiekiem a małpami człekokształtnymi.
3. Wymień najważniejsze różnice między człowiekiem a małpami człekokształtnymi.
4. Opisz krótko zmiany, jakie zachodziły podczas ewolucji przodków człowieka.
5. Określ, jakie korzyści przyniosło człowiekowi spionizowanie ciała.

14 Podsumowanie działu

■ Zmienność organizmów



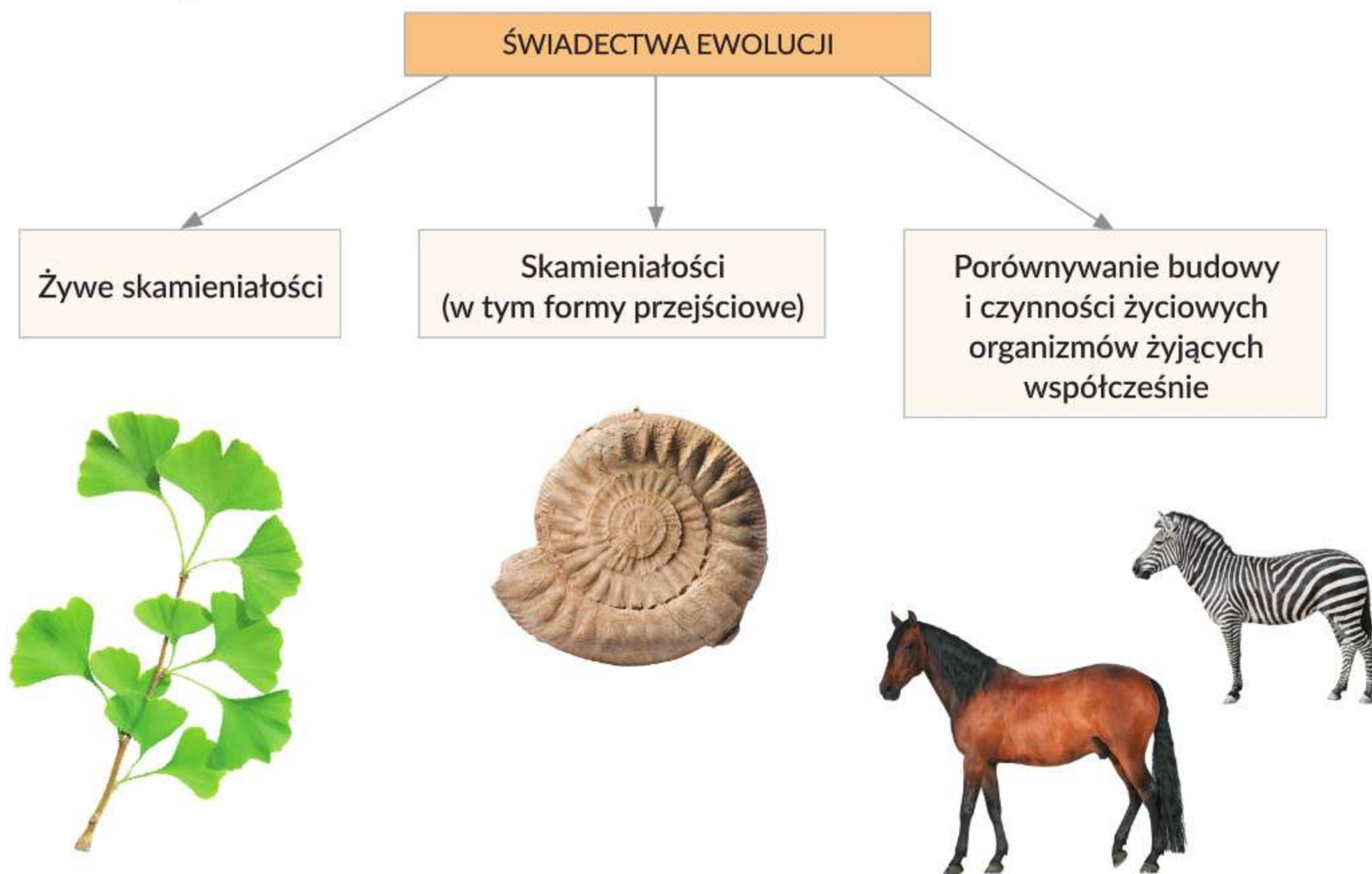
■ Mutacje



■ Choroby genetyczne

WYBRANE CHOROBY GENETYCZNE		
Nazwa choroby	Przyczyna genetyczna	Typowe objawy
mukowiscydoza	allel recesywny niesprzężony z płcią	wydzielanie w organizmie gęstego śluzu, m.in. w układzie oddechowym
fenyloketonuria	allel recesywny niesprzężony z płcią	gromadzenie toksycznej substancji uszkadzającej układ nerwowy
hemofilia	allel recesywny sprzężony z płcią	zaburzenia krzepnięcia krwi
daltonizm	allel recesywny sprzężony z płcią	nierozróżnianie barwy czerwonej i zielonej
zespół Downa	obecność dodatkowego chromosomu w 21. parze.	opóźnienie rozwoju intelektualnego, charakterystyczny wygląd

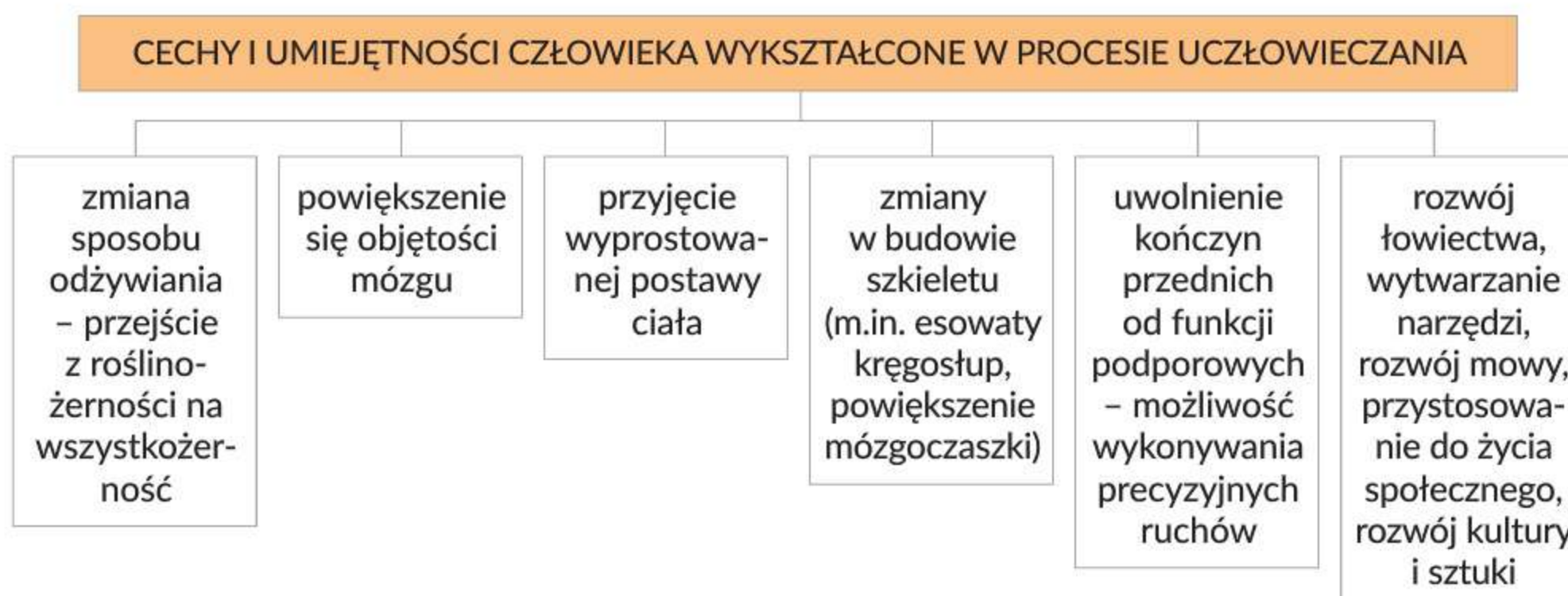
■ Ewolucja



■ Człowiek jako ssak naczelny



RÓŻNICE MIĘDZY CZŁOWIEKIEM I POZOSTAŁYMI NACZELNYMI		
Porównywane cechy	Człowiek	Inne naczelne
stopa	wysklepiona, brak przeciwstawności palucha	płaska, paluch, podobnie jak kciuk, przeciwstawny do reszty palców
szczeka	w kształcie litery U	w kształcie litery V, wysunięta ku przodowi
kręgosłup	esowato wygięty	wygięty w łuk
miednica	szersza i krótsza	węższa i dłuższa



Sprawdź, co umiesz

Uwaga! Odpowiedzi do zadań zapisz w zeszycie.

Zadanie 1.

Poniżej wymieniono kilka przyczyn zmienności w obrębie gatunku.

Ustal, które z wymienionych przyczyn leżą u podłoża zmienności dziedzicznej, a które dotyczą zmienności niedziedzicznej.

- A. mutacje
- B. losowe łączenie się gamet podczas zapłodnienia
- C. trening fizyczny
- D. niezależny rozdział chromosomów w mejozie
- E. przebyte choroby

Zadanie 2.

Spośród wymienionych niżej czynników wybierz trzy, które są przyczyną zmienności organizmów w kolejnych pokoleniach.

- A. mutacje genetyczne
- B. wymiana odcinków między chromosomami
- C. zabarwienie zależne od odczynu gleby
- D. losowe łączenie się gamet

Zadanie 3.

Spośród poniższych przykładów wybierz dwa, które dotyczą mutacji genowych.

- A. podwojenie fragmentu chromosomu
- B. zamiana jednego nukleotydu w DNA na inny
- C. zmniejszenie liczby chromosomów o jeden
- D. zachodzenie podziałów mejotycznych
- E. dodanie nukleotydu w łańcuchu DNA

Zadanie 4.

Wskaż wśród wymienionych te czynniki, które są mutagenne.

- promieniowanie X • ultradźwięki • benzopiren zawarty w dymie tytoniowym
- chlorofil • nadmiar witaminy D w spożywanym pokarmie • promienie UV

Zadanie 5.

Wskaż podłoże choroby zwanej mukowiscydozą.

- A. allel dominujący
- B. allel recesywny sprzężony z płcią
- C. allel recesywny niesprzężony z płcią
- D. zmiana liczby chromosomów

Zadanie 6.

Wskaż dwa poprawne dokończenia zdania.

Zespół Downa to choroba powstała w wyniku

- A. mutacji genowej.
- B. mutacji chromosomowej.
- C. obecności dodatkowego chromosomu.
- D. braku jednego chromosomu.

**Zadanie 7.**

Wśród wymienionych chorób wskaż te, które są sprzężone z płcią.

- A. hemofilia B. fenylketonuria C. mukowiscydoza D. daltonizm

Zadanie 8.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Jeżeli oboje rodzice są nosicielami allelu mukowiscydozy, to prawdopodobieństwo, że ich dziecko nie będzie chore na tę chorobę, wynosi

- A. 0% B. 25% C. 75% D. 100%

Zadanie 9.

Znanych jest wiele świadectw zachodzenia ewolucji.

Przyporządkuj przedstawione poniżej przykłady świadectw do wymienionych rodzajów tych świadectw.

Przykłady świadectw

- I. taka sama budowa DNA u wszystkich organizmów
- II. szkielet praptaka
- III. mięśnie poruszające uszami u człowieka
- IV. niewielkie różnice w budowie białek

Rodzaje świadectw

- A. narządy szczątkowe
- B. skamieliny
- C. podobieństwo biochemiczne

Zadanie 10.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Przykładem żywej skamieniałości jest

- A. kość ogonowa człowieka. C. czaszka australopiteka.
B. miłorząb dwuklapowy. D. praptak.

Zadanie 11.

Wskaż poprawną odpowiedź na pytanie.

Jak nazywa się występowanie różnic między osobnikami w obrębie jednego gatunku?

- A. Izolacja geograficzna. C. Dobór naturalny.
B. Zmienność genetyczna. D. Walka o byt.

Zadanie 12.

Wśród wymienionych informacji wskaż te, które dotyczą doboru naturalnego, i te, które dotyczą doboru sztucznego.

- A. Jest powodowany przez człowieka.
- B. Prowadzi do otrzymania nowych odmian hodowlanych.
- C. Polega na przeżywaniu osobników najlepiej przystosowanych do aktualnych warunków środowiska.
- D. Zachodzi na Ziemi od milionów lat.

Zadanie 13.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Krzyżowanie dwóch psów tej samej rasy w celu uzyskania szczeniaków o konkretnej barwie sierści to

- A. selekcja naturalna. B. dobór naturalny. C. dobór sztuczny. D. ewolucja.

Zadanie 14.

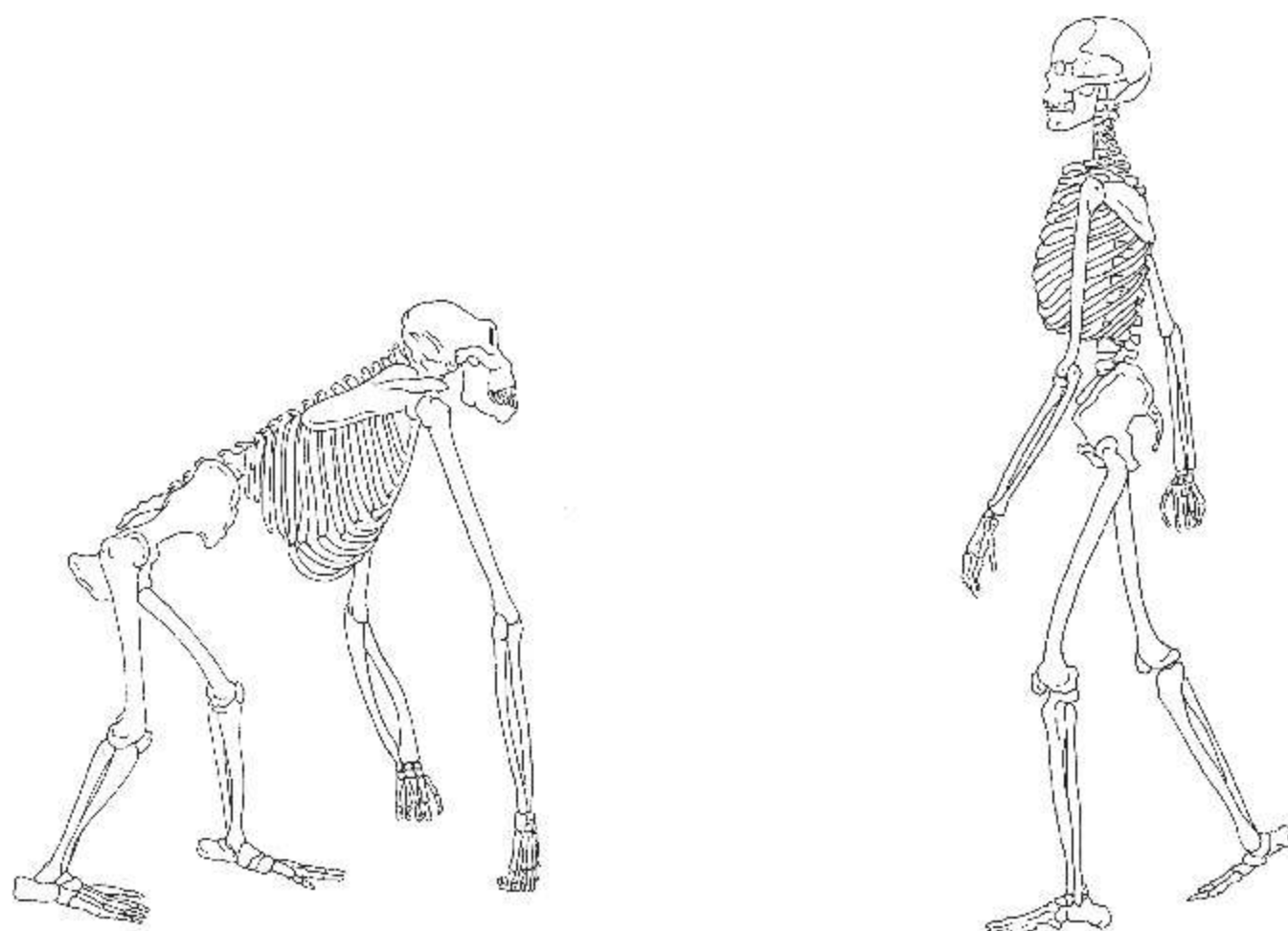
Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Rasy bydła powstały w wyniku

- A. doboru naturalnego. C. selekcji naturalnej.
B. doboru sztucznego. D. teorii Darwina.

Zadanie 15.

Na poniższym rysunku przedstawiono szkielety goryla i człowieka.



Przeanalizuj różnice i podobieństwa między szkieletami, a następnie wskaż wśród poniższych zdań te, które są poprawne.

- A. Człowiek i goryl różnią się kształtem kręgosłupa.
B. Przednie kończyny człowieka są dłuższe niż przednie kończyny goryla.
C. Zarówno człowiek, jak i goryl mają pięciopalczaste dłonie i stopy.
D. Goryl ma mniejszą mózgoczaszkę.
E. Miednice człowieka i goryla mają ten sam kształt.

3

Podstawy ekologii



Kukułka
to pasożyt lęgowy.
Podrzuca jaja do
gniazd ptaków
innych gatunków.



Aby zwrócić
na siebie uwagę,
samce ptaków
przybierają szatę
godową.



Samce
batalionów
w okresie godowym
konkurują o samice
podczas rytualnych
walk.

15 Co to jest ekologia i czym się zajmuje?

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to jest ekologia;
- z jakich elementów składa się środowisko przyrodnicze;
- co to jest ekosystem;
- czy biocenoza jest tym samym co ekosystem.

Co to jest ekologia?

Ekologia to nauka, która zajmuje się badaniem wzajemnych zależności między różnymi organizmami oraz między organizmami a środowiskiem ich życia. Opisuje stan środowiska, bada, jak organizmy funkcjonują w środowisku i jak są do niego przystosowane. W tych badaniach wykorzystuje się wiedzę nie tylko biologiczną, ale także geograficzną, chemiczną, fizyczną i matematyczną. Dlatego o ekologii mówimy, że jest nauką interdyscyplinarną, czyli łączącą wiedzę wielu dyscyplin naukowych.

Ekologia zajmuje się procesami zachodzącymi zarówno w środowiskach na-

turalnych, jak i przekształconych przez człowieka. Wiedza z zakresu ekologii jest wykorzystywana w ochronie przyrody i ochronie środowiska. Celem **ochrony przyrody** jest zachowanie i właściwe użytkowanie jej zasobów. Z kolei **ochrona środowiska** polega na usuwaniu szkodliwych skutków działalności człowieka lub zapobieganiu takim skutkom.

Elementy środowiska przyrodniczego

W każdym środowisku przyrodniczym można wyróżnić **elementy przyrody żywej** (czynniki biotyczne) i **nieożywionej** (czynniki abiotyczne).

WARTO WIEDZIEĆ

Termin: ekologiczny

W ostatnich latach termin **ekologiczny** stał się bardzo popularny. Producenci z różnych branż oferują ekologiczną żywność, ekologiczny papier, ekologiczne proszki do prania, ekologiczne domy. W takim kontekście ekologiczny oznacza: naturalny, wytworzony w naturalnych warunkach, przyjazny naturze, zdrowy oraz bezpieczny zarówno dla człowieka, jak i dla środowiska. Jednak często termin ten jest nadużywany w celu nakłonienia klientów do kupna oferowanych produktów, które nie zawsze są ekologiczne. Dlatego



w Europie jakość prawdziwych produktów ekologicznych jest poświadczana i nadaje się im specjalne oznaczenia. Tak zwany Euroliść jest przyznawany przez Komisję Europejską produktom ekologicznym w krajach Unii Europejskiej.

Wszystkie te elementy oddziałują na siebie nawzajem i określają warunki środowiska. Woda jest miejscem życia wielu organizmów i podstawowym składnikiem ich budowy. Z kolei światło jest niezbędne do przeprowadzania procesu fotosyntezy. Podłoże warunkuje rozmiary systemów korzeniowych roślin, a w konsekwencji decyduje o rodzaju roślin występujących na danym terenie. To natomiast wpływa na gatunki zwierząt, które się nimi odżywiają. Temperatura środowiska, zależna m.in. od natężenia światła słonecznego i wilgotności, wpływa na tempo przemian metabolicznych w komórkach organizmów. Organizmy również oddziałują na środowisko, w którym występują, i stopniowo je przekształcają. Wprowadzane do niego związki chemiczne w postaci odchodów, obumarłych szczątków, gazów (CO_2 w wyniku oddychania czy O_2 w procesie fotosyntezy) przyczyniają się do zmiany składu chemicznego atmosfery, gleby, wody czy dna

morskiego. Na przykład rośliny pojawiające się na wydmy piaskowej z czasem ją zarastają, a więc zmieniają jej strukturę i skład chemiczny. Także elementy przyrody nieożywionej oddziałują na siebie. Wysoka temperatura przyspiesza parowanie wody, natomiast ujemna powoduje jej krzepnięcie, w wyniku czego powstaje lód. Twarde skały pod wpływem wody i temperatury z czasem kruszeją i zamieniają się w piasek.

Zespół czynników środowiska, z których korzysta organizm, określamy jako **zasoby środowiska**.

Poziomy organizacji ekosystemu

Wszystkie organizmy żyjące na danym obszarze, np. w lesie, na łące, pastwisku, w stawie, tworzą wielogatunkowe zespoły zwane **biocenoza**mi.

Organizmy występujące w biocenozie są powiązane ze sobą różnymi zależnościami, np. pokarmowymi. Przykładami biocenozy są: las, łąka, staw, jezioro.



Struktura biocenozy

Biocenozę tworzą populacje różnych gatunków. **Populacja** to grupa osobników jednego gatunku zamieszkujących w tym samym czasie określony obszar, oddziałujących na siebie nawzajem i wydających potomstwo.



OSOBNIK

Podstawowym elementem populacji jest osobnik, przedstawiciel określonego gatunku, np. dąb lub świerk, zając lub wilk.

POPULACJA
Grupa dębów występujących na określonym terenie tworzy populację. Innym przykładem populacji są świerki lub jastrzębie.

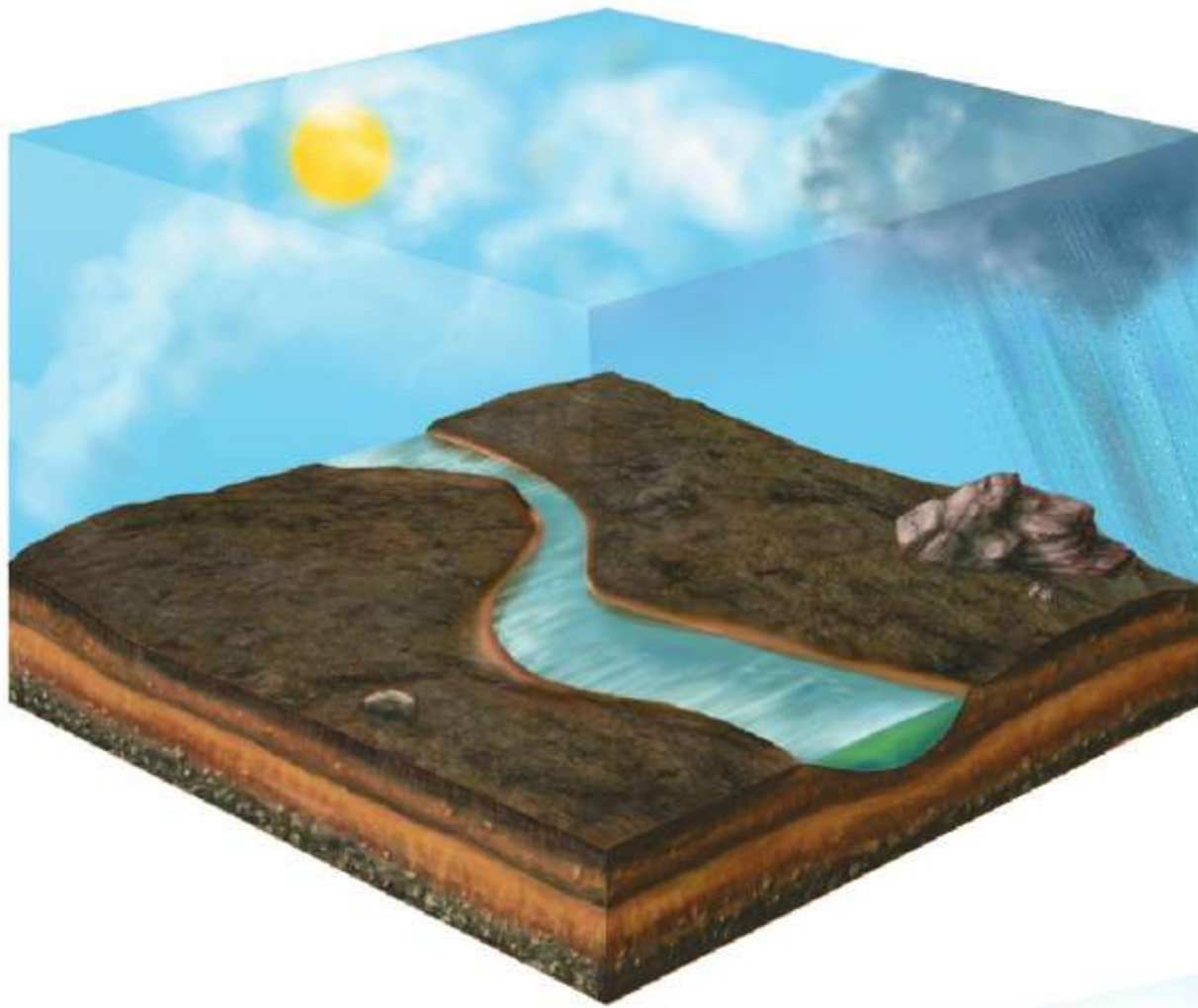


BIOCENOZA

Na ilustracji widzimy populację dębów, która wraz z populacją zajęcy, wilków, jastrzębi, świerków i innych organizmów tworzy biocenozę.

Struktura ekosystemu

Wszystkie organizmy powiązane wzajemnymi zależnościami wraz ze środowiskiem nieożywionym, w którym występują, tworzą ekosystem.



BIOTOP

(elementy nieożywione)
Biotop tworzą takie elementy środowiska, jak: skały, podłoże, woda, energia słoneczna, temperatura, opady. Stanowią one środowisko życia dla organizmów.

BIOCENOZA

(elementy żywe)
Biocenozę tworzą wszystkie rośliny (m.in. dęby, świerki), zwierzęta (m.in. jastrzębie, zające, wilki), protisty, bakterie i grzyby występujące na danym terenie. Są one powiązane ze sobą różnymi zależnościami, np. pokarmowymi.



EKOSYSTEM

Ekosystem obejmuje biocenozę, czyli wszystkie populacje organizmów zasiedlające określony teren, oraz biotop, czyli abiotyczną część środowiska, w którym żyją te organizmy.

Elementy nieożywione, np. skały, powietrze, woda, światło słoneczne, nazywamy **biotopem**. Biocenoza wraz z biotopem tworzą samoregulujący się układ wzajemnie powiązanych elementów żywych i nieożywionych, zwany **ekosystemem**.

W obrębie biocenozy współistnieją grupy osobników danego gatunku, zwane **populacjami**. Jednostką populacji jest **osobnik**.

Przykładem ekosystemu jest las. Biocenozę lasu tworzą różne gatunki roślin: drzewa (np. sosny, świerki, graby, dęby, klony), krzewy (np. jałowce, trzmieliny), rośliny zielne (np. zawilce, konwalie); zwierząt: owady (np. chrząszcze, mrówki), gady (np. jaszczurki, węże), ptaki (np. dzięcioły, wilgi), ssaki (np. myszy, lisy, sarny); a także bakterie i grzyby. Biotop lasu to np.: podłoże, światło słoneczne, woda, wiatr,

■ Powiązania między organizmami a środowiskiem

Organizmy potrzebują do życia wielu czynników, np. pokarmu, bezpiecznego schronienia i partnerów do rozrodu.



Świstaki odżywiają się częściami roślin **1**; uciekają przed orłami, które na nie polują **2**. Świstaki są zwierzętami stadnymi; w razie niebezpieczeństwa chowają się do nory **3**. Samce walczą ze sobą o pozycję w stadzie oraz dostęp do samic w porze godowej **4**. Z kolei rośliny, którymi odżywiają się świstaki, np. trawy **5**, potrzebują do życia światła, odpowiedniej gleby i wody. Zarówno świstaki, jak i trawy wymagają obecności jeszcze innych czynników, np. właściwej temperatury i soli mineralnych. Woda, światło i temperatura są nieożywionymi elementami ekosystemu, natomiast organizmy stanowią jego żywą część. Wszystkie te komponenty oddziałują na siebie wzajemnie. Środowiskiem, w którym żyją świstaki, są wysokogórskie łąki w Tatrach i Alpach, porośnięte mchami, porostami i trawami. Łąki te są miejscem występowania wielu gatunków roślin, np. krokusa i szarotki, a także zwierząt, np. kozic i niedźwiedzi.

temperatura, opady, gazy atmosferyczne (tlen, dwutlenek węgla).

Ciekawy przykład ekosystemu stanowią hale (łąki wysokogórskie). Świstaki występujące w Polsce na łąkach wysokogórskich w Tatrach tworzą kolonie złożone z kilkunastu osobników. Każda kolonia zajmuje określony obszar (terytorium), aktywnie broniący przed członkami innych grup świstaków. Pomimo wyznaczenia terytoriów żyjące w Tatrach świstaki z różnych kolonii mogą się krzyżować i wydawać potomstwo. Wspólnie stanowią

populację. Jednak żadna z tych grup nie ma kontaktu ze świstakami zamieszkującymi np. Alpy. Oprócz świstaków ten teren zajmują osobniki należące do populacji innych gatunków, np. orła przedniego, aktywnie polującego na świstaki, a ponadto kozic czy niedźwiedzi, a także roślin, np. krokusa spiskiego (szafranu), dzwonka alpejskiego, szarotki alpejskiej. Na wszystkie te organizmy wpływają abiotyczne czynniki środowiska, między innymi ilość wody, światła, temperatura, wiatr czy ciśnienie atmosferyczne.

ZAPAMIĘTAJ

- Ekologia to nauka, która bada wzajemne zależności między organizmami oraz oddziaływania między organizmami a środowiskiem ich życia.
- Ekologia jest nauką interdyscyplinarną, ponieważ w badaniach wykorzystuje wiedzę nie tylko biologiczną, ale i z wielu innych dziedzin nauki.
- Środowisko przyrodnicze składa się z zależnych od siebie elementów żywych (biotycznych), czyli organizmów, i elementów nieożywionych (abiotycznych), takich jak woda, światło, temperatura, ciśnienie atmosferyczne, wiatr.
- Biocenozę tworzy wielogatunkowy zespół organizmów (populacje różnych gatunków), które występują na danym obszarze i wchodzą ze sobą w różnego typu zależności.
- Biocenoza, czyli żywa część środowiska, wraz z nieożywionymi elementami środowiska – biotopem – tworzy ekosystem.
- Populacja to grupa osobników jednego gatunku zamieszkujących określoną przestrzeń w tym samym czasie, wzajemnie na siebie oddziałujących i krzyżujących się ze sobą.

POLECENIA

1. Określ, czym zajmuje się ekologia jako nauka.
2. Podaj przykłady żywych i nieożywionych elementów środowiska przyrodniczego w wybranym ekosystemie wodnym lub lądowym.
3. Wyjaśnij pojęcia: ekosystem, biocenoza, biotop i populacja.
4. Wykaż powiązania między organizmami a środowiskiem ich życia na przykładzie wybranego ekosystemu.

16 Charakterystyczne cechy populacji

Z tej lekcji dowiesz się:

- jakie cechy charakteryzują każdą populację;
- jak zbadać liczebność i zagęszczenie osobników w populacji;
- co wpływa na liczebność populacji;
- co to jest struktura przestrzenna i wiekowa populacji – i o czym one świadczą.

Charakterystyczne cechy populacji

Każdą populację charakteryzują określone cechy: liczebność, zagęszczenie, rozrodczość, śmiertelność, rozmieszczenie na danym terenie (struktura przestrzenna). W obrębie populacji występuje zróżnicowanie poszczególnych osobników, co przejawia się m.in. w postaci: struktury wiekowej i struktury płciowej.

Liczba osobników danego gatunku w każdej populacji zamieszkującej określony teren to jej **liczebność**. Można policzyć, ile sosen i ile saren (np. 100 saren i 500 sosen) znajduje się w lesie. Jednak niewiele nam to powie, jeżeli nie określimy jednostki powierzchni, na jakiej występują te gatunki. Z tego wynika, że z li-

czebnością ściśle wiąże się **zagęszczenie** populacji.

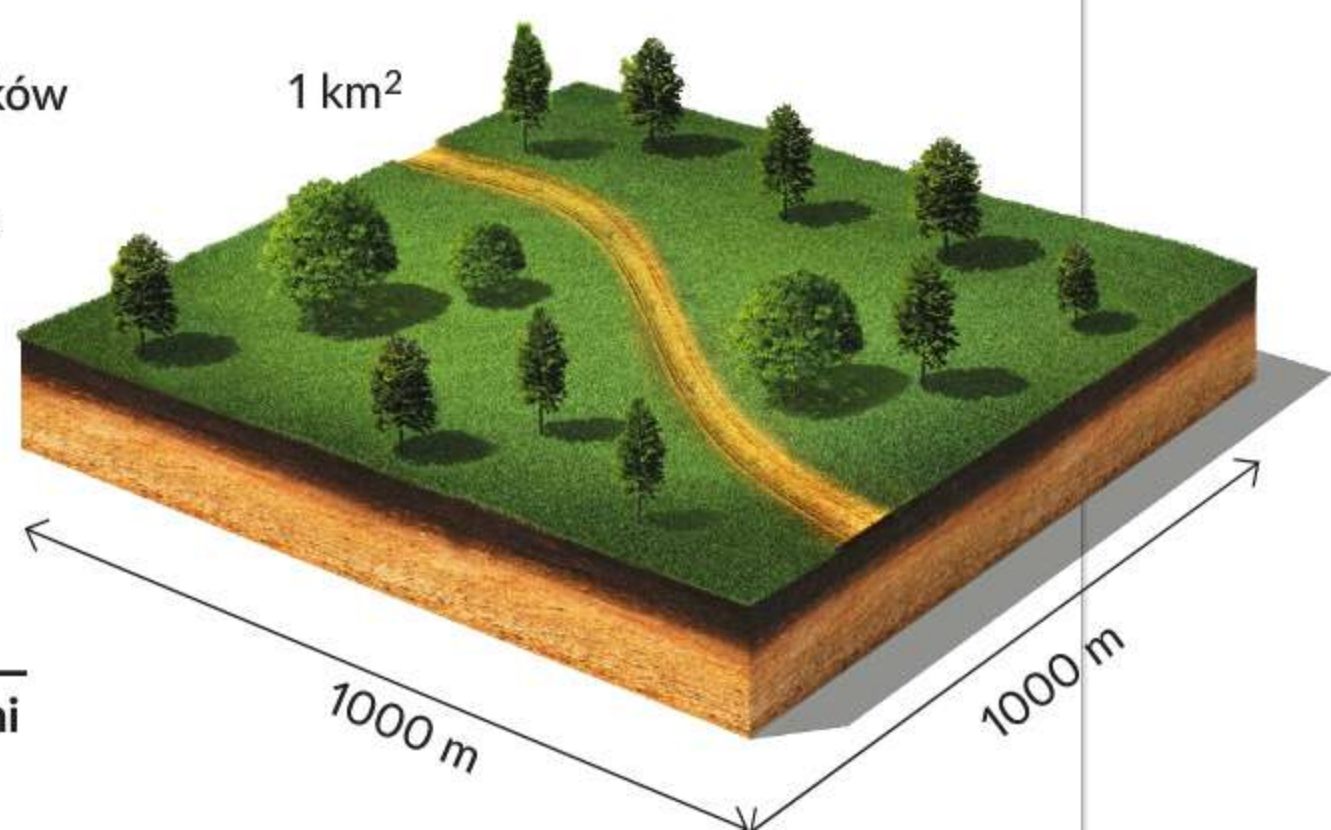
Ważnymi cechami populacji wpływającymi na jej liczebność są **rozrodczość** i **śmiertelność**. Informują one o tym, ile osobników rodzi się np. w ciągu roku (rozrodczość), a ile umiera (śmiertelność).

Rozrodczość to liczba osobników potomnych powstających w określonym czasie w stosunku do liczebności całej populacji. Dużą rozrodczością charakteryzują się organizmy rozmnażające się bezpłciowo (np. bakterie) oraz wegetatywnie (np. porosty, zielenice) lub za pomocą nasion (np. rośliny nasienne). Natomiast mniejszą rozrodczością charakteryzują się gady, ptaki, ssaki, co wynika z czasu wylęgania

■ Zagęszczenie populacji

Zagęszczenie populacji to liczba osobników danego gatunku przypadających na określoną jednostkę powierzchni terenu (np. 100 saren na 1 km² lub 500 sosen na 1 ha) lub jednostkę objętości w przypadku organizmów wodnych (np. 10 000 euglen/cm³).

$$\text{zagęszczenie} = \frac{\text{liczba osobników}}{\text{jednostka powierzchni}}$$



■ Czynniki wpływające na liczebność populacji

Liczebność populacji zmienia się wskutek zmian w rozrodczości, śmiertelności i migracji.



jaj (gady, ptaki) lub trwania ciąży (ssaki), a także z opieki nad potomstwem.

Śmiertelność to liczba osobników ginących w określonym czasie w stosunku do liczebności całej populacji. Przyczyny śmiertelności osobników w populacji są różne. Wpływają na nią m.in. brak substancji niezbędnych do życia, np. wody czy pokarmu, starzenie się, choroby, zanieczyszczenie środowiska oraz różne katastrofy, np. powódź lub pożar, konkurencja, silne oddziaływanie drapieżników.

Na liczebność populacji wpływa też przemieszczanie się organizmów (migracje), czyli przybywanie osobników tego samego gatunku z innych terenów (imigracja) lub opuszczanie dotychczasowych siedlisk (emigracja).

Struktury populacji: przestrzenna, wiekowa i płci

Populację można rozpatrywać także pod względem przestrzennego rozmieszczenia jej osobników w środowisku (struktura przestrzenna) oraz pod względem

wieku i płci osobników (struktura wiekowa i płciowa).

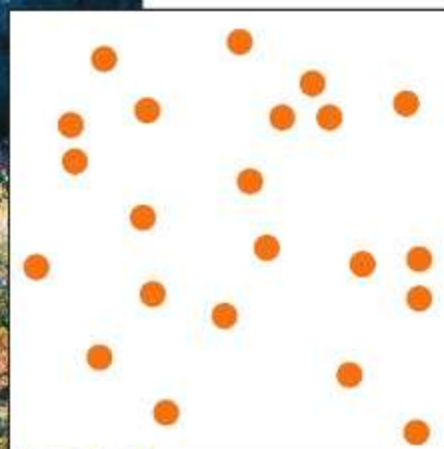
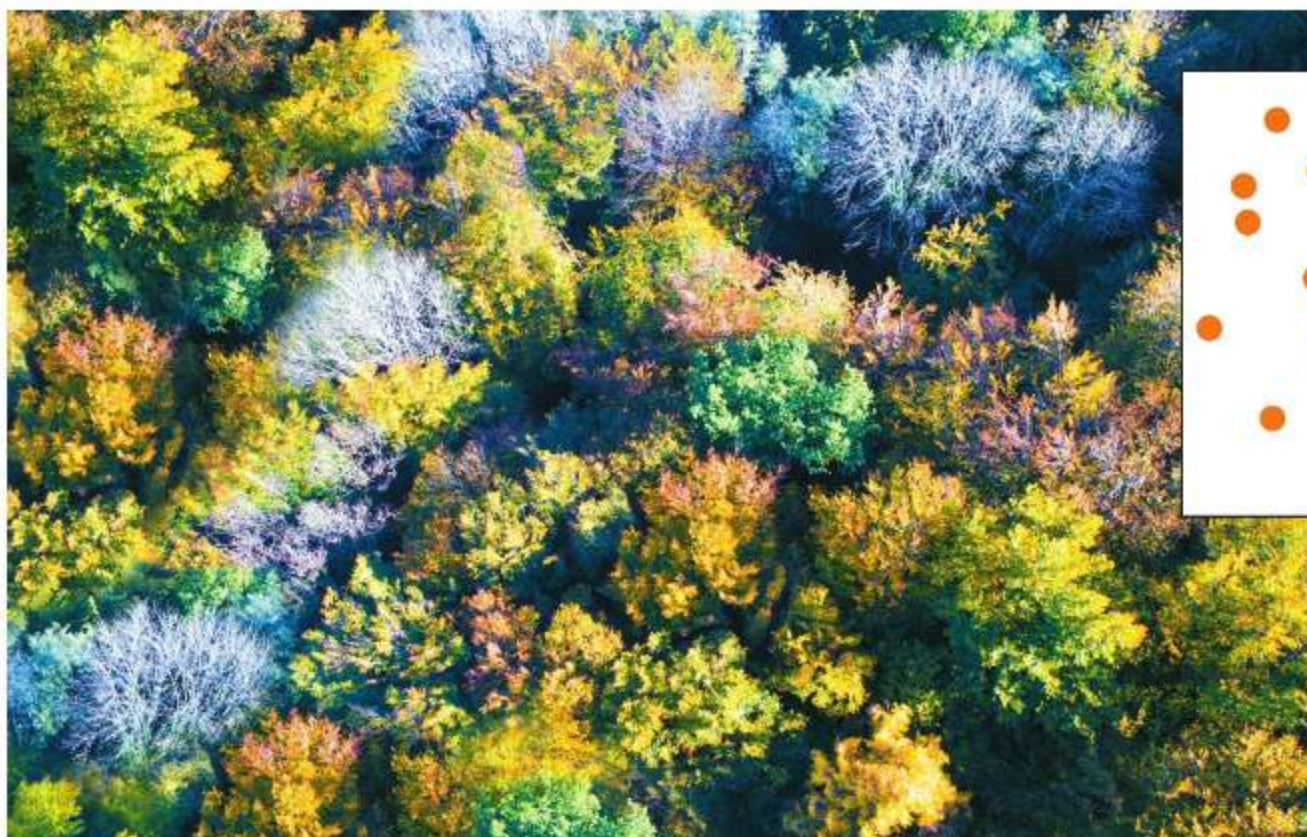
Struktura przestrzenna populacji

Przedstawiciele różnych gatunków dzielą między sobą zajmowaną przestrzeń. Gdy gatunki są sobie obojętne, a środowisko, w którym żyją, jest zasobne, wówczas ich **rozmieszczenie** jest przypadkowe, czyli **losowe**. Można to zaobserwować np. w populacjach much, pijawek, pajaków, lub niektórych drzew, np. brzozy w lesie mieszanym.

Najczęściej w populacjach spotykamy **rozmieszczenie skupiskowe** osobników, co wynika z przystosowania się gatunków do różnych warunków środowiska oraz sposobu rozmnażania (m.in. wegetatywnego) i gromadzenia się osobników potomnych wokół rodzicielskich (typowe dla większości zwierząt i roślin, np. mszyce, kolonie nietoperzy, stada pawianów, dęby, trawy). Występowanie w skupisku zwiększa także szanse przeżycia osobników podczas ataku drapieżnika (np. w stadach jeleni, antylop, kolonii szpaków, ławic ryb).

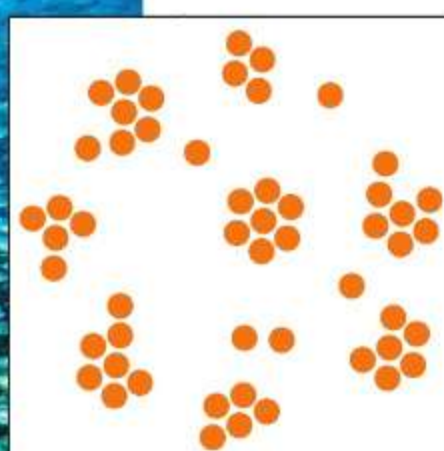
■ Typy przestrzennego rozmieszczenia organizmów

Na przestrzenne rozmieszczenie organizmów, ich liczebność, zagęszczenie, wzrost i rozwój wywierają wpływ abiotyczne i biotyczne czynniki środowiska.



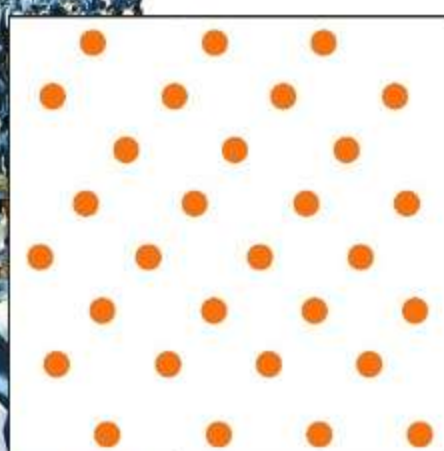
LOSOWE

Rozmieszczenie charakterystyczne np. dla drzew w lesie mieszanym.



SKUPISKOWE

Rozmieszczenie charakterystyczne m.in. dla ławicy ryb w oceanie.



RÓWNOMIERNE

Rozmieszczenie charakterystyczne np. dla kolonii lęgowych pingwinów cesarskich.

ZBADAJ**Określenie liczebności, zagęszczenia oraz rozmieszczenia gatunku rośliny zielnej na łące**

Materiały: drewniana rama w kształcie kwadratu, którego bok ma długość dostosowaną do rozmiarów badanego organizmu, np. 1 m × 1 m, taśma miernicza.

Przebieg badania:

1. Wybierz gatunek rośliny łąkowej, której liczebność będziesz badać; może to być np. babka szerokolistna, szczaw polny, koniczyzna trójlistna, jaskier polny, mniszek lekarski.
2. Zwróć uwagę na wygląd wybranej rośliny: jej pokrój i ułożenie liści, kształt i barwę kwiatów itp. Dzięki temu łatwiej rozpoznasz ją w gęstwinie innych roślin łąkowych.
3. Wybierz teren, na którym osobniki badanego gatunku będą rozmieszczone w naturalny, niezaburzony przez człowieka sposób.
4. Określ wielkość terenu, na jakim będziesz dokonywać pomiarów, np. 20 m², 100 m², 200 m² (można zmierzyć go krokami, za pomocą taśmy mierniczej lub odczytać z mapy).
5. Zbadaj zagęszczenie – w tym celu rzuć przed siebie drewnianą ramę o boku 1 m × 1 m, a następnie policz, ile osobników badanego gatunku rośliny znajduje się wewnątrz ramy.
6. Czynność tę powtórz kilkakrotnie, np. 5 razy, w różnych miejscach badanego obszaru.
7. Wyniki badania wprowadź do tabeli wykonanej według poniższego wzoru w zeszycie.
9. Następnie oblicz szacunkową **liczebność** populacji wybranego gatunku na danym obszarze. W tym celu pomnóż uzyskaną wartość zagęszczenia populacji przez wielkość obszaru objętego badaniem (np. 20 m²).
10. Zbadaj sposób **rozmieszczenia** osobników na wydzielonym terenie. Aby to zrobić, trzeba przedstawić położenie badanych roślin w kwadratach w formie rysunkowej. Przenieś na kartkę papieru milimetrowego formatu A4 plan badanego terenu 20 m². Przyjmij, że 1 cm na kartce odpowiada 1 m w terenie. Po narysowaniu kwadratu podziel go na mniejsze kwadraty o boku 1 cm. Nanieś uzyskane w wyniku obserwacji dane w postaci kropek lub krzyżyków na kartkę papieru milimetrowego. Liczba i układ kropek pozwolą ocenić sposób rozmieszczenia osobników danego gatunku rośliny na danym terenie.
11. Sporządź *Kartę obserwacji*. Umieść na niej następujące dane: nazwa badanego gatunku, miejsce obserwacji, data badania, liczebność (liczba wszystkich zliczonych osobników danego gatunku na wybranej powierzchni), zagęszczenie, szkic rozmieszczenia osobników w badanych kwadratach.

Nr próby	Liczba osobników/m ²
1	
2	
...	
5	
Uśredniony wynik zagęszczenia	

8. Wyniki wykorzystaj do obliczenia średniego **zagęszczenia** populacji.

Odpowiedz na pytania:

1. W jakim celu należy wielokrotnie rzucać drewnianą ramą?
2. Czy wyniki obserwacji będą się różniły, jeśli w tym samym czasie inna grupa uczniów dokona pomiarów liczebności tego samego gatunku rośliny, ale nie na łące, lecz w innym ekosystemie, np. w parku? Uzasadnij odpowiedź.
3. Czy podczas obserwacji liczebności i zagęszczenia określonego gatunku drzewa (np. sosny zwyczajnej) także należałoby zastosować sposób badania metodą kwadratu? Uzasadnij odpowiedź.

Rozmieszczenie równomierne (regularne) charakteryzuje się w miarę równymi, regularnymi odstępami między poszczególnymi osobnikami w grupie. Z takim układem mamy do czynienia wówczas, gdy w środowisku o niewielkich zasobach najsilniejsi przedstawiciele zajmują własną ograniczoną przestrzeń. Rozmieszczenie w miarę równomierne obserwujemy w koloniach lęgowych ptaków, np. pingwi-

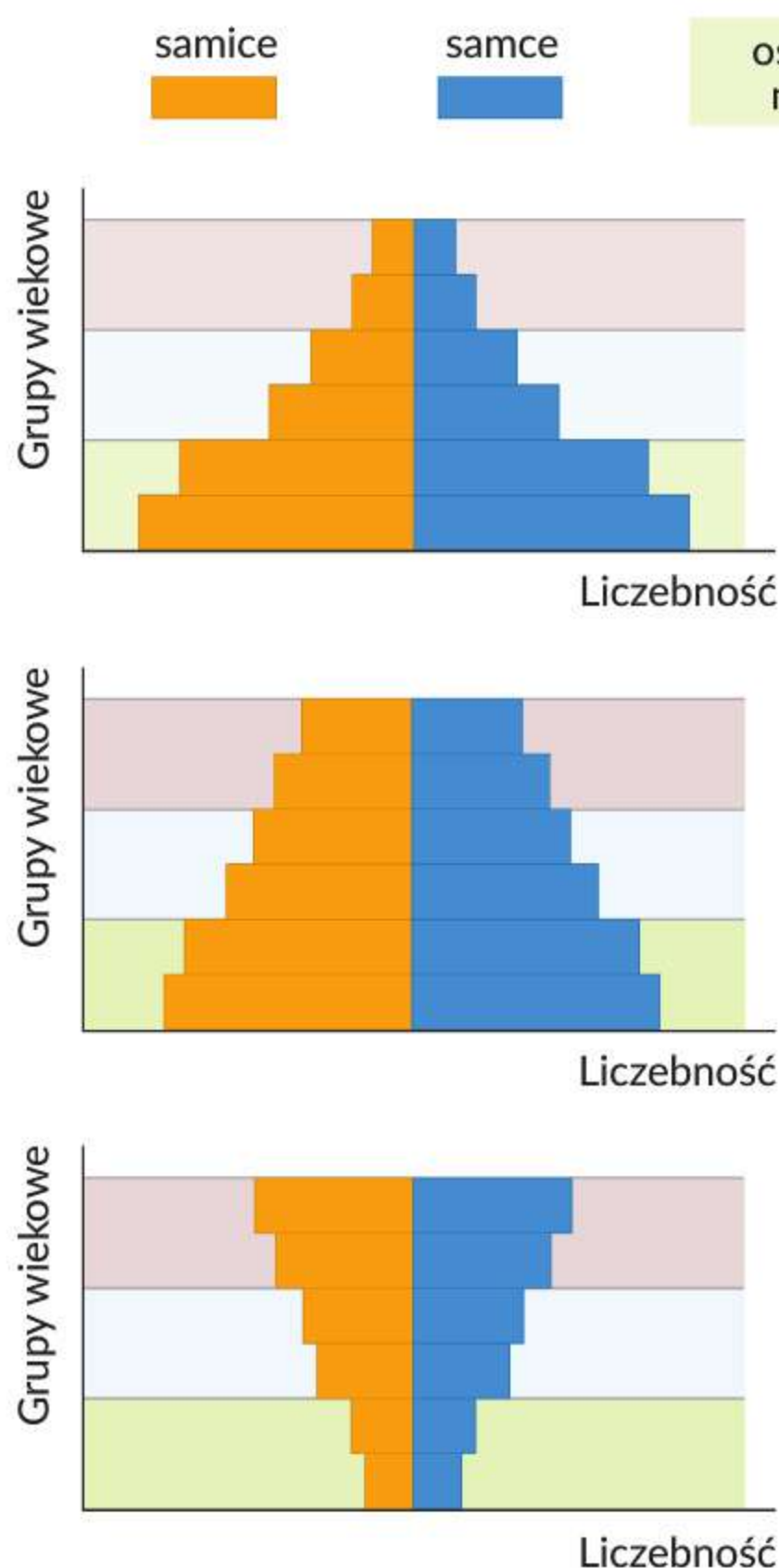
nów, mew. Z rozmieszczeniem równomiernym mamy także do czynienia w ekosystemach stworzonych przez człowieka, np. na polach uprawnych, w sadach i szkółkach leśnych, w których rośliny są celowo posadzone w równych odstępach.

Struktura wiekowa populacji

Liczebność populacji jest ściśle związana z okresami rozwoju osobniczego i wiekiem

Struktura wiekowa populacji

Poniższe piramidy wiekowe odwzorowują strukturę wiekową populacji przy wyodrębnieniu kilku grup wiekowych, np. osobników młodych, dojrzałych i starzejących się. Ponadto uwzględniają strukturę płciową populacji, stąd jedna część piramidy odpowiada liczebności osobników męskich, a druga – żeńskich.



Populacje rozwijające się – dominują w nich osobniki młode, co jest związane z wysokim przyrostem naturalnym i szybkim wzrostem liczebności populacji. W tej piramidzie wiekowej najniższe stopnie są najdłuższe, a najwyższe – najkrótsze.

Populacje ustabilizowane – udział osobników młodych i w średnim wieku jest podobny, natomiast liczba osobników starszych jest nieco niższa niż pozostałych.

Populacje wygasające – dominują w nich osobniki starzejące się i stare. W piramidzie wiekowej stopnie reprezentujące osobniki młode są najkrótsze, a stopnie reprezentujące osobniki stare – najdłuższe.

tworzących ją osobników. Strukturę wiekową populacji określa udział osobników należących do różnych grup wiekowych. Można je tworzyć przez grupowanie osobników w określonych przedziałach wieku (np. młode, dojrzałe i starzejące się). Od procentowego udziału tych grup zależą aktualne możliwości rozrodcze i przyszłe losy populacji. Strukturę wiekową poszczególnych organizmów w populacji ilustrują **piramidy wiekowe**, zawierające informacje o liczbie osobników w poszczególnych grupach wiekowych (odrębnie dla każdej płci, choć nie zawsze łatwo określić płeć i wówczas piramida tego nie odwzorowuje). Długość stopnia w piramidzie odzwierciedla liczebność osobników w określonym przedziale wiekowym. W zależności od procentu lub liczby osobników w przyjętych przedziałach wiekowych wyróżnia się populacje: **rozwijające się, ustabilizowane, wygasające**.

Struktura płciowa populacji

O strukturze płciowej populacji możemy mówić tylko w przypadku gatunków zróżnicowanych płciowo, takich jak pająki, większość owadów, ryby, ptaki i ssaki. Strukturę płciową prezentuje się w postaci proporcji między liczbą osobników obu płci (np. 2 : 1) lub w formie procentowego udziału obu płci (np. 50% samic i 50% samców w populacji). Skład płciowy wielu populacji odbiega znacznie od oczekiwanej proporcji, wynoszącej 50% osobników każdej płci, np. w populacjach lemingów stwierdza się występowanie ok. 25% samców. Struktura płciowa nie dotyczy populacji obojnaczych (np. dżdżownic, winniczków, tasiemców) lub jednopłciowych rozmnażających się dzieworodnie, czyli osobników potomnych rozwijających się z komórki jajowej bez udziału plemnika (np. mszyce, wrotki).

ZAPAMIĘTAJ

- Populację można scharakteryzować na podstawie jej cech: liczebności, zagęszczenia, rozrodczości, śmiertelności oraz struktury przestrzennej, wiekowej i płci.
- Liczebność populacji to liczba osobników, które tworzą populację, a zagęszczenie to liczba osobników przypadających na jednostkę powierzchni lub objętości.
- Rozmieszczenie to sposób występowania osobników na danym obszarze. Rozmiesz-

czenie osobników w obrębie populacji może być skupiskowe, losowe albo równomierne.

- Strukturę wiekową populacji określa udział w populacji osobników różnych grup wiekowych. Można ją przedstawić graficznie za pomocą piramidy wiekowej.
- Struktura płciowa gatunków zróżnicowanych płciowo odzwierciedla procentowy udział samców i samic w populacji.

POLECENIA

1. Wymień cechy charakteryzujące populację organizmów.
2. Określ cechy populacji wpływające na jej liczebność.
3. Na wybranych przykładach określ sposoby rozmieszczenia osobników populacji różnych gatunków.
4. Wyjaśnij, co to są struktura wiekowa i płci oraz jak można je zobrazować graficznie.
5. Zaplanuj obserwację zagęszczenia i rozmieszczenia wybranego gatunku rośliny zielnej w lokalnym środowisku przyrodniczym.

17 Oddziaływania antagonistyczne. Konkurencja. Pasożytnictwo

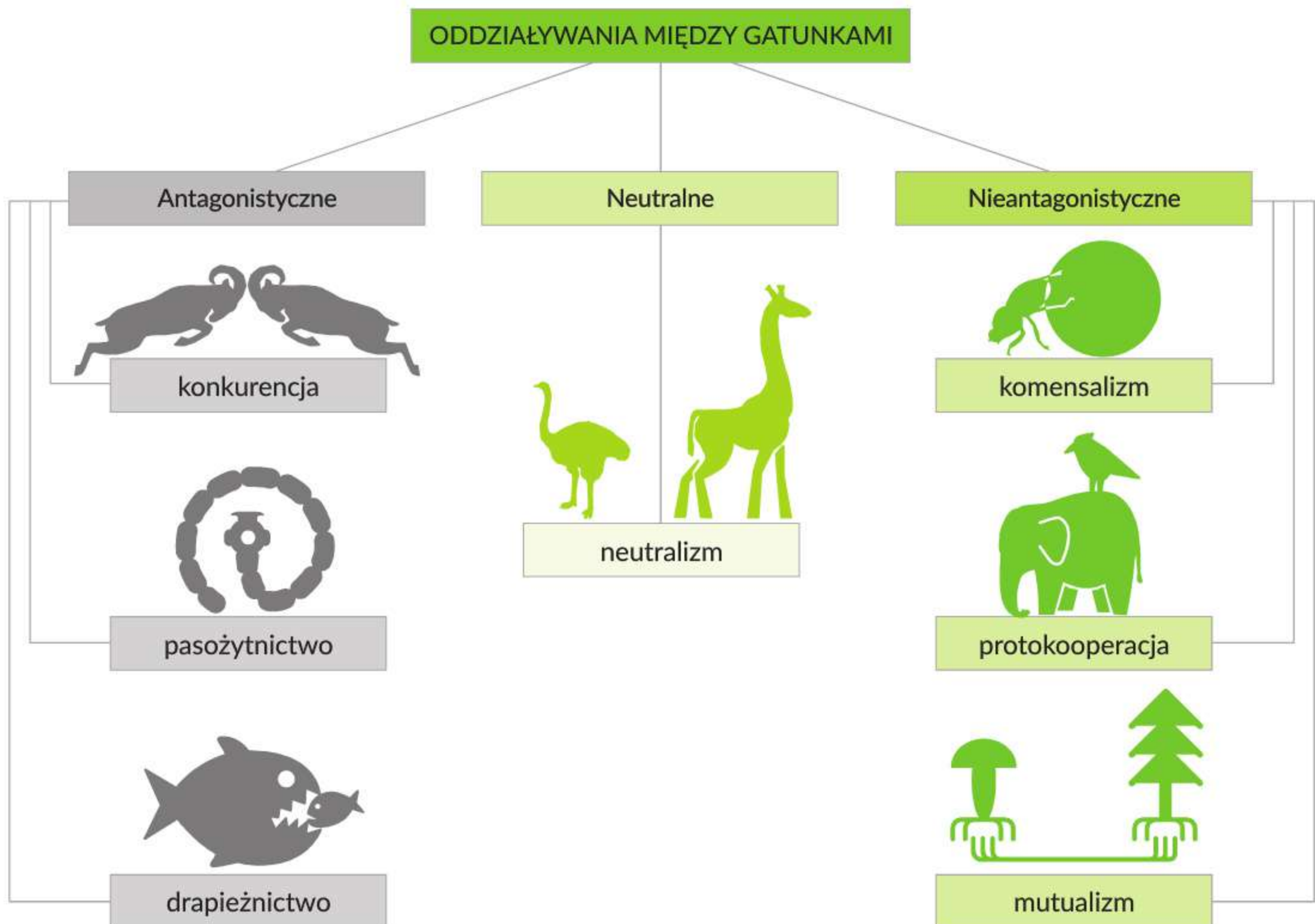
Z tej lekcji dowiesz się:

- o co konkurują organizmy;
- dlaczego konkurencja najsilniej wpływa na życie osobników w populacji;
- dlaczego pasożyt na ogół nie uśmierca swojego żywiciela;
- czy konkurencja i pasożytnictwo mogą być korzystne dla populacji.

Typy oddziaływań między organizmami

Większość organizmów wpływa na siebie nawzajem. Te oddziaływania mogą być korzystne lub niekorzystne. Jeśli relacje zachodzące między gatunkami przynoszą korzyści jednej lub obu stronom, to nazywamy je **zależnościami korzystnymi** lub **nieantagonistycznymi** (dowiesz się

o nich więcej na kolejnych lekcjach). Jeśli w wyniku oddziaływania między organizmami jeden ponosi straty, to takie relacje nazywamy **zależnościami niekorzystnymi** lub **antagonistycznymi**. Gdy osobniki jednego gatunku nie wpływają w żaden sposób na przedstawicieli drugiego gatunku, mamy do czynienia z oddziaływaniem neutralnym.



Konkurencja

Zasoby środowiska, czyli m.in. pokarm, światło, woda, przestrzeń do życia (terytorium), są najczęściej ograniczone, a więc ich ilość jest niewystarczająca dla organizmów, które mają podobne lub te same wymagania życiowe. Organizmy te stają się wówczas wobec siebie konkurentami. Konkurencja jest tym silniejsza, im bliżej dwa konkurujące gatunki, zajmujące w naturalny sposób to samo środowisko życia, są ze sobą spokrewnione i im bardziej podobne są ich wymagania (potrzeby) życiowe.

Relację między organizmami, które współzawodniczą (rywalizują) o ograniczone zasoby środowiska, niezbędne im do życia, nazywamy **konkurencją**. Konkurencja może zachodzić między osobnikami tego samego gatunku (**konkurencja wewnątrzgatunkowa**) oraz między osobnikami różnych gatunków (**konkurencja międzygatunkowa**).

Konkurencja wewnątrzgatunkowa

Konkurencja między osobnikami tego samego gatunku jest najsilniejsza, ponieważ wymagania życiowe organizmów i zasoby środowiska, o które one rywalizują, są takie same. Konkurencja ta wpływa na zróżnicowanie osobników, reguluje ich rozrodczość, może kończyć się także śmiercią jednego z rywali. W obrębie stada prowadzi do ustalenia hierarchii. Rywalizacja o terytorium wpływa również na rozmieszczenie poszczególnych osobników w środowisku.

Konkurencja międzygatunkowa

W wypadku konkurencji międzygatunkowej następuje stopniowe wypieranie konkurenta – gatunku gorzej przystosowanego – przez gatunek lepiej przystosowany. Najlepiej to widać na przykładzie gatun-

ków blisko ze sobą spokrewnionych, np. w Wielkiej Brytanii wiewiórka ruda jest wypierana przez wiewiórkę szarą. Podobnie jest wśród roślin. Rośliny konkurują głównie o światło, wodę i sole mineralne. Nasz rodzimy dąb szypułkowy jest stopniowo wypierany przez pochodzący z Ameryki Północnej dąb czerwony.

Skutki konkurencji

Konkurencja może doprowadzić do całkowitego wyniszczenia poszczególnych osobników i gatunków lub też do wyparcia konkurenta z danego terenu, ale może też zakończyć się pokojowym współistnieniem niedawnych rywali. Tak stało się w przypadku szczura śniadego i wędrownego. Konkurencja między tymi gatunkami omal nie doprowadziła do wyginięcia szczura śniadego, który zdołał jednak zmienić swój tryb życia tak, by unikać konkurenta (przeniósł się na korony drzew i na poddasza, podczas gdy piwnicami i kanałami zawładnął szczur wędrowny). Konkurencja jest ważnym czynnikiem regulującym liczebność populacji. Prowadzi do przeżywania osobników najlepiej dostosowanych (dobór naturalny) do danych warunków środowiska.

WARTO WIEDZIEĆ

Amensalizm

To oddziaływanie między gatunkami, w którym obecność i czynności życiowe jednego gatunku ograniczają rozwój drugiego (np. za pomocą wydzielanych związków chemicznych). Przykładem amensalizmu są relacje między pędzlakiem (grzybem) a bakteriami. Grzyb wytwarza substancję antybakteryjną (np. penicylinę), która hamuje rozwój bakterii.

Konkurencja

Organizmy zawsze rywalizują ze sobą o zasoby środowiska, a więc o wszystko to, co jest im potrzebne do życia, np. pokarm, wodę, dostęp do światła, przestrzeń. O te same zasoby środowiska mogą walczyć zarówno osobniki jednego gatunku, jak i osobniki należące do różnych gatunków.



Wilki rywalizują o pozycję w hierarchii stada (poziom ważności). Osobnik najsilniejszy, czyli zajmujący najwyższą pozycję, otrzymuje największe i najsmaczniejsze części zdobyczy oraz najlepszego partnera do rozrodu.



Żurawie podczas spektakularnego tańca rywalizują o partnerkę do rozrodu. Samce, aby zrobić wrażenie na samicach, wymachują nogami, energicznie podskakują, kłaniają się sobie, rozkładając przy tym szeroko skrzydła.



Nie tylko dorosłe osobniki rywalizują między sobą, **konkurują także osobniki nowo narodzone.** Noworodki dzika, psa, myszy walczą o miejsce przy sutkach karmiącej samicy, a pisklęta rywalizują ze sobą o pokarm przyniesiony przez rodziców do gniazda.

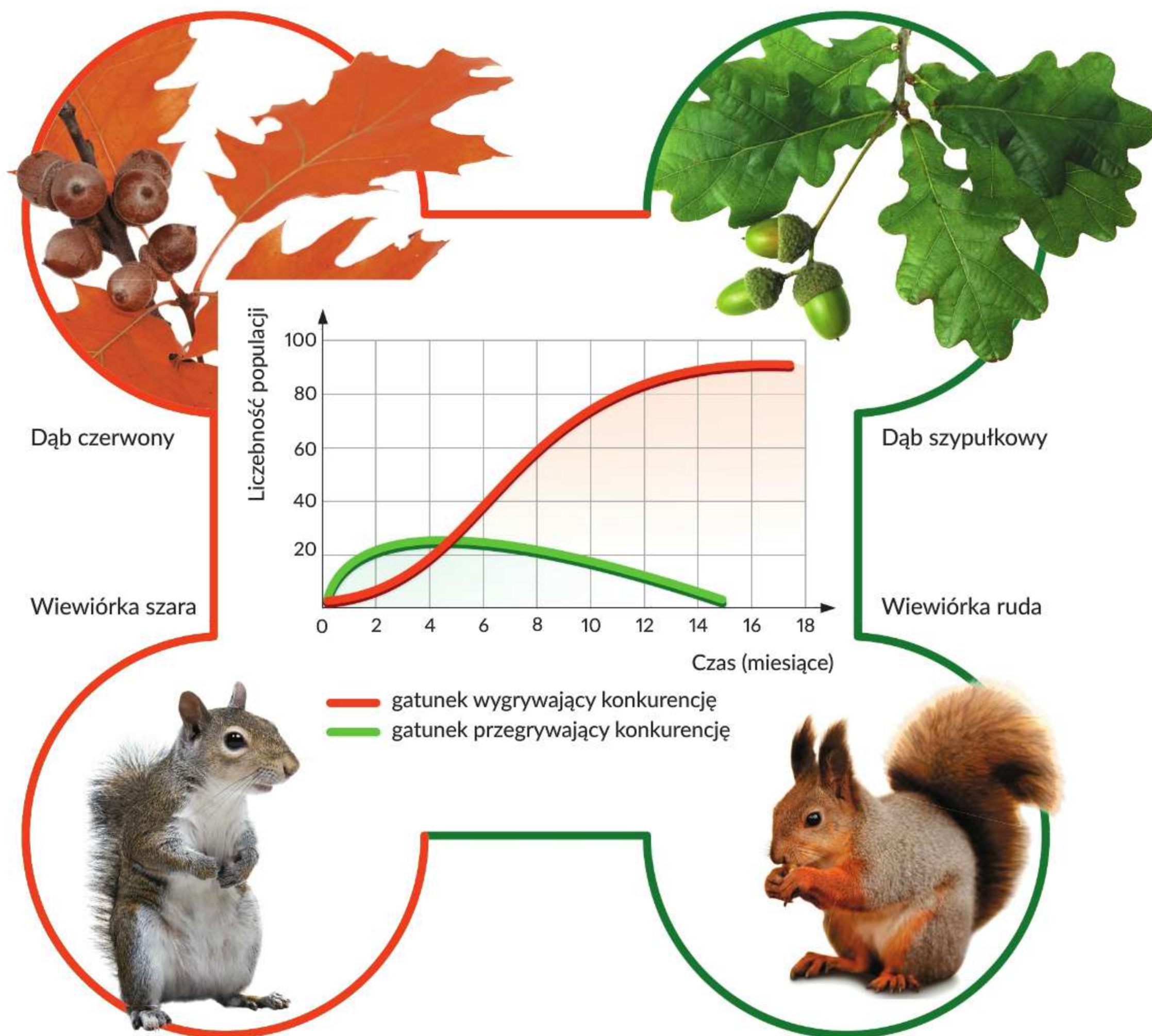


Jako przykład konkurencji wewnątrzgatunkowej wśród roślin można wymienić trawy jednego gatunku na łące, uprawy słonecznika na polu uprawnym czy **zawilce** kwitnące wczesną wiosną w lesie. Gdy występują w skupisku na tym samym terenie, rywalizują o przestrzeń, światło, wodę, sole mineralne.



ZMIANY LICZEBNOŚCI POPULACJI DWÓCH KONKURUJĄCYCH ZE SOBĄ GATUNKÓW

Przykłady konkurencji międzygatunkowej to rywalizacja między dębami czerwonym i szypułkowym oraz między wiewiórkami rudą i szarą.



Pasożytnictwo

Pasożytnictwo jest takim oddziaływaniem między organizmami, w którym jeden organizm – **pasożyt** – odnosi korzyści, drugi zaś – **żywiciel** – ponosi szkody. Pasożyt żyjący kosztem żywiciela na ogół nie zabija go, ponieważ pozbawiłby się środowiska życia (miejsca schronienia i źródła pokarmu) i tym samym możliwości przeżycia. Pasożyty czerpią z ciał żywicieli potrzebny pokarm, przez co powodują ich osłabienie. Niektóre pasożyty są mało szkodliwe, inne wywołują u swoich żywicieli rozmaite groźne schorzenia. W zależności od tego, czy pasożyt występuje na zewnątrz ciała gospodarza czy w jego wnętrzu, mówimy o **pasożytach zewnętrжных**, np. pijawki, kleszcze, pchły, lub **wewnętrznych**, np. robaki pasożytnicze czy bakterie chorobotwórcze.

W budowie i funkcjach życiowych pasożytów wewnętrznych występują daleko idące przystosowania do prowadzonego trybu życia. Powłoki ciała pasożytów żyjących w przewodach pokarmowych

(np. tasiemców) są odporne na działanie enzymów trawiennych żywicieli. Jednocześnie przez powłoki ich ciała może się odbywać wchłanianie pokarmu (już strawionego w jelitach żywiciela), dlatego tasiemce nie mają układu pokarmowego.

Cechą wszystkich pasożytów są olbrzymie możliwości rozrodcze. Wynika to z ograniczonego dostępu do nowych żywicieli.

Pasożytnictwo różni się od drapieżnictwa właściwego kilkoma istotnymi cechami. Pasożyty przebywają ze swoimi żywicielami przez dłuższy czas w bezpośrednim kontakcie. Pasożyt ma zazwyczaj znacznie mniejsze rozmiary od swego żywiciela, podczas gdy drapieżnik jest podobny do swojej ofiary pod względem wielkości i siły lub jest od niej większy i silniejszy.

Niektóre zwierzęta są pasożytami roślin. Na przykład mszyce (owady) i przędziorki (pajęczaki) wysysają z nich soki roślinne. Pasożytami są także niektóre grzyby oraz nieliczne rośliny nasienne, np. kanianka.

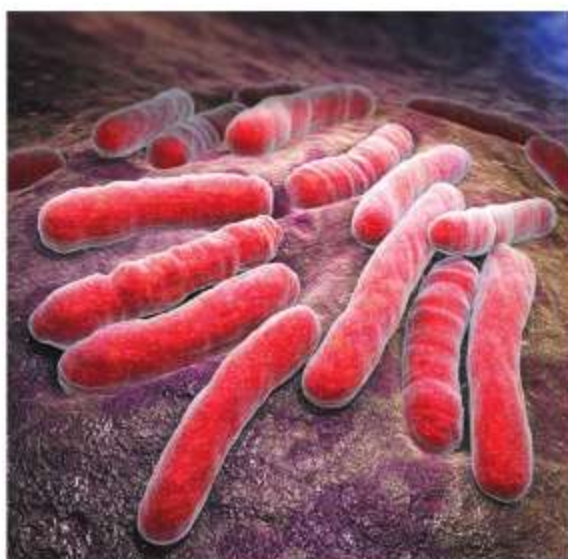
PRZYSTOSOWANIA WYBRANYCH GATUNKÓW ZWIERZĄT DO PASOŻYTNICTWA			
Porównywane cechy	Pasożyty wewnętrzne, stałe		Pasożyt zewnętrzny, okresowy
	tasiemiec uzbrojony	glista ludzka	pijawka końska
narządy czepne	haczyki, przyssawki	brak	przyssawki
układ pokarmowy	brak, substancje pokarmowe wchłaniane przez powłoki ciała	obecny, mało wyspecjalizowany	obecny, z rozbudowanym wolem, wyposażonym w kieszonki do gromadzenia krwi; szczęki służące do przecinania powłoki ofiary
oddychanie	beztlenowe i tlenowe	beztlenowe i tlenowe	tlenowe
układ rozrodczy	silnie rozbudowany, obojnaczy; wytwarzanie dużej liczby jaj	silnie rozbudowany; wytwarzanie dużej liczby jaj	silnie rozbudowany, obojnaczy

■ Przystosowanie do pasożytniczego trybu życia

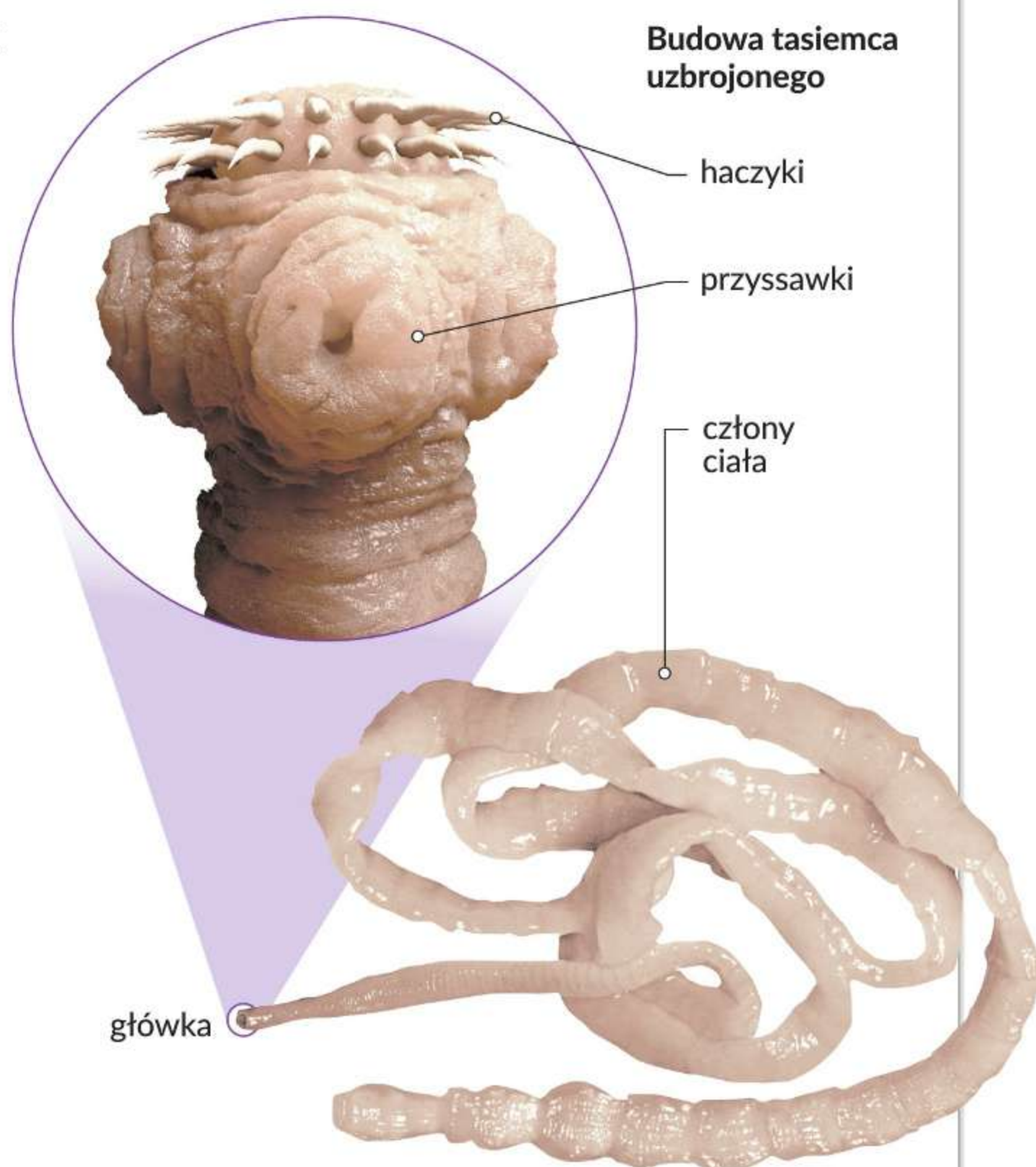
Pasożyty mają wiele cech wynikających z prowadzonego trybu życia. Budowa ich ciała jest najczęściej uproszczona.

PASOŻYTY WEWNĘTRZNE

U wielu pasożytów wewnętrznych obserwujemy redukcję lub brak niektórych narządów, np. oczu i narządów wymiany gazowej u tasiemców i glist. Niektóre pasożyty wewnętrzne (np. tasiemiec uzbrojony) mają narządy czepne umożliwiające przyczepienie się do żywiciela (przyssawki, haczyki).



▲ Bakterie – prątki gruźlicy



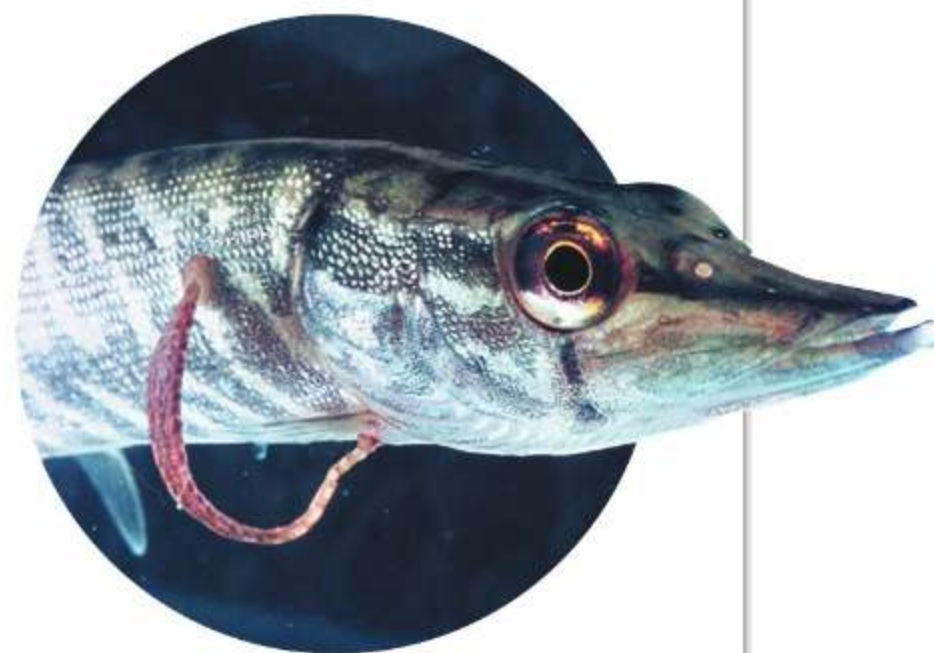
▲ Tasiemiec uzbrojony

PASOŻYTY ZEWNĘTRZNE

Pasożyty zewnętrzne często mają bardzo dobrze rozwinięte aparaty gębowe, przystosowane do przecinania skóry organizmów, na których pasożytują.



▲ Kleszcz pospolity



▲ Pijawka rybia

■ Przykłady pasożytniczych roślin i grzybów

Organizmy pasożytnicze spotyka się nie tylko wśród zwierząt, lecz także wśród roślin i grzybów.

Huba to potoczna nazwa pasożytniczych grzybów, które rosną i rozwijają się na drzewach. Czerpią z drzew składniki niezbędne im do życia, co prowadzi do rozkładu drewna.



Grzybnia pasożytniczej **buławinki** rozwija się na kwiatach niektórych traw (głównie żyta) i tworzy w dojrzałych kłosach czarne, rożkowate, trujące przetrwalniki, zwane **sporyszem**. Ziarno ze sporyszem nie nadaje się do spożycia ani przez ludzi, ani przez zwierzęta.

Kanianka oplata łodygę rośliny żywicielskiej (np. Inu, słonecznika, pokrzywy). Za pomocą ssawek (przekształconych korzeni) wrasta ona w tkanki żywiciela i w ten sposób pobiera od niego wodę z solami mineralnymi oraz produkty fotosyntezy.



Półpasożytnicza jemioła, żyjąca na drzewach (np. topoli, brzozie), substancje organiczne wytwarza sama, a wodę z solami mineralnymi pobiera z tych drzew.

Wśród grzybów również występują gatunki pasożytujące na roślinach, np. grzyby rosnące na pniach drzew, potocznie zwane hubami, lub buławinka czerwona będąca pasożytem zbóż. Inne gatunki grzybów pasożytują na zwierzętach, np. drożdżaki wywołują grzybice u zwierząt, w tym u człowieka.

Wyścig zbrojeń

Między żywicielem a pasożytem obserwuje się nieustanny „wyścig zbrojeń”. Z pokolenia na pokolenie prowadzi on do stopniowych zmian w obrębie gatunków, co powoduje zwiększenie szansy przeżycia najlepiej przystosowanych pasożytów i żywicieli. Za każdym razem ustala się swoisty stan równowagi między pasożytem a żywicielem, polegający na tym, że pasożyt nie szkodzi zbyt wiele żywicielowi, a żywiciel względnie toleruje obecność pasożyta.

ZAPAMIĘTAJ

- Oddziaływania między gatunkami mogą być antagonistyczne (niekorzystne), nieantagonistyczne (korzystne), oraz neutralne.
- Z relacjami niekorzystnymi mamy do czynienia wtedy, gdy jeden gatunek ponosi straty lub traci życie, a drugi na tym zyskuje.
- Oddziaływaniami antagonistycznymi są: drapieżnictwo, konkurencja i pasożytnictwo.
- Konkurencja to relacja antagonistyczna, występująca między organizmami-konkurentami, które rywalizują ze sobą o te same, ograniczone zasoby środowiska.
- Konkurencja może zachodzić między osobnikami różnych gatunków (konkurencja międzygatunkowa) lub między osobnikami tego samego gatunku (konkurencja wewnątrzgatunkowa).
- Konkurencja jest przyczyną selekcji osobników w populacji. Przeżywają najlepiej dostosowane osobniki.
- Pasożytnictwo to typ relacji antagonistycznej, zachodzącej między dwoma organizmami, w których jeden gatunek (pasożyt) żyje kosztem drugiego gatunku (żywiciela).
- Organizmy pasożytnicze mają liczne przystosowania do pasożytniczego trybu życia: m.in. są wyposażone w narządy czepne (przyssawki, haczyki), wchłaniają pokarm przez powierzchnię ciała, oddychają beztlenowo, cechuje je ogromna rozrodczość.
- Między osobnikami w populacjach antagonistycznych zachodzi nieustanny „wyścig zbrojeń” prowadzący do specjalizacji organizmów, co zwiększa szanse ich przeżycia.

POLECENIA

1. Podaj po dwa przykłady konkurujących ze sobą roślin i zwierząt oraz przykład zasoby środowiska, o który konkurują.
2. Określ cechy dwóch wybranych gatunków pasożytniczych zwierząt, świadczące o ich przystosowaniu do pasożytniczego trybu życia.
3. Wymień przykłady dwóch roślin pasożytniczych i opisz przystosowania jednej z nich do pasożytnictwa.
4. Wyjaśnij, w jaki sposób z perspektywy czasu konkurencja i pasożytnictwo wywierają pozytywny wpływ na populację.

18 Drapieżnictwo. Roślinożerność

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to jest drapieżnictwo;
- jakie przystosowania zwiększają szansę drapieżnika na udane polowanie;
- jakie są strategie przetrwania ofiar;
- jak rośliny bronią się przed roślinożercami.

Drapieżnictwo

Drapieżnictwo to typ oddziaływania antagonistycznego, w którym osobnik jednego gatunku – **drapieżnik** (myśliwy) – zabija osobniki innego gatunku – **ofiary** (zdobycz) – i żywi się nimi.

Drapieżnikami są głównie zwierzęta mięsożerne, m.in. protisty zwierzęce (np. pantofelek), parzydełkowce, część owadów (np. mrówki, szerszenie), pająki, ryby (np. szczupak, okoń, sandacz, rekin), płazy (np. traszki, żaby), gady (np. jaszczurki), ptaki drapieżne (np. sokoły, jastrzębie) i ssaki drapieżne (np. psowate, łasicowate, kotowate). Drapieżnik aktywnie zdobywa pokarm, najczęściej poluje na swoją ofiarę.

Drapieżniki i ofiary wzajemnie wpływają na swoją liczebność. Istnienie drapieżników i ofiar jest jednym z ważniejszych mechanizmów regulujących liczebność gatunku w środowisku. Spadki i wzrosty liczebności populacji drapieżnika lub ofiary powtarzają się co pewien czas, czyli mają charakter cykliczny.

Zarówno drapieżniki zjadające ofiary wpływają na ich liczebność, jak i ofiary swoją dostępnością wpływają na liczebność drapieżników. Ograniczona liczba potencjalnych ofiar na danym terenie powoduje spadek liczebności drapieżników.



▲ Ryś w pogoni za ofiarą

Strategie drapieżników i ofiar

Zdolność przystosowywania się drapieżników i ofiar do prowadzonego trybu życia jest powodem stopniowych zmian w obrębie ich gatunków. Korzystne zmiany utrwalają się z pokolenia na pokolenie, ponieważ tylko najlepiej przystosowane osobniki, zarówno ofiar, jak i drapieżników, przeżywają i wydają potomstwo.

Drapieżniki i ich ofiary starają się wzajemnie przechytrzyć. Te pierwsze usiłują jak najskuteczniej polować, a te drugie dążą do unikania i zmylenia napastników. Ofiary upodabniają się do groźnych zwierząt lub do otoczenia, korzystają też z kryjówek. Drapieżniki atakują z zaskoczenia bądź zastawiają pułapki.

■ Przystosowania do trybu życia drapieżnika i ofiary

Budowa ciała drapieżnika umożliwia mu zdobycie ofiary. Natomiast ofiary dzięki określonym cechom i zachowaniu mogą uniknąć schwytania.

DRAPIEŻNIK

- 1 Doskonały wzrok i słuch umożliwiają wytropienie ofiary.
- 2 Ostre zęby i długie kły służą do chwytania ofiary.
- 3 Zdolność maskowania się w otoczeniu pozwala niezauważenie zbliżyć się do ofiary.
- 4 Duża prędkość biegu i wytrzymałość pozwalają dogonić ofiarę.

OFIARA

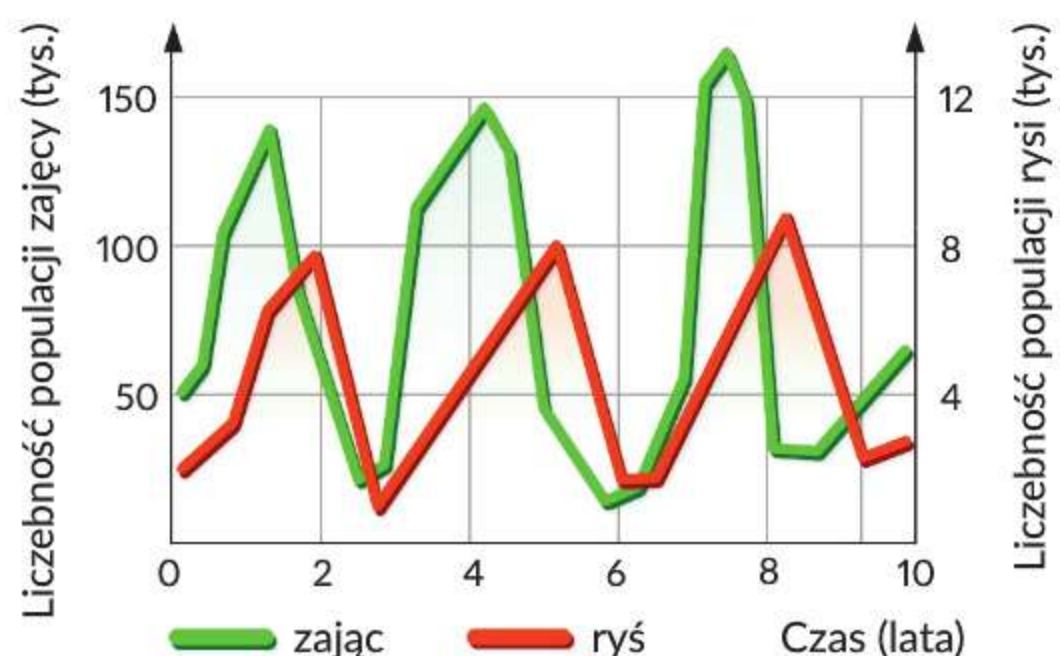
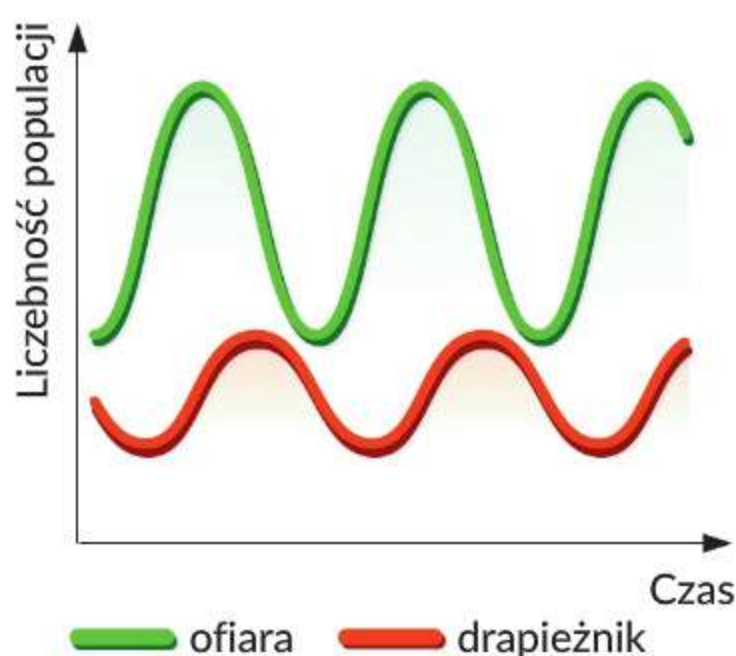
- A Dobrze rozwinięte narządy zmysłów pozwalają w porę dostrzec, usłyszeć lub wyczuć zbliżającego się drapieżnika.
- B Ubarwienie maskujące ułatwia ukrycie się w otoczeniu.
- C Sprawne kończyny tylne pozwalają na wykonywanie długich skoków i ucieczkę.



▲ Zając uciekający przed drapieżnikiem

■ Cykliczne zmiany liczebności populacji drapieżników i ofiar

Cykliczne zmiany liczebności drapieżników i ofiar to przykład wzajemnego wpływu dwóch populacji (z lewej: ogólny wykres zależności liczebności drapieżników i ofiar; z prawej: przykład zależności wykonany na podstawie badań terenowych liczebności rysiów i zajęcy na określonym obszarze).



■ Sposoby polowania i obrony

Aktywnie polujące zwierzęta mają dobry wzrok, słuch i węch, ostre pazury i kły, giętkie i sprawne ciało, maskujące barwy. Wiele zwierząt poluje stadnie (wilki, mrówki, lwy). Niektóre drapieżniki (pajaki) zastawiają pułapki na ofiary.

Mrówki rudnice żywią się zwykle drobnymi zwierzętami, zwłaszcza owadami i ich larwami. Gdy pochwycą ofiarę, oblewają ją kwasem mrówkowym, a kiedy ta przestanie się ruszać, transportują ją do mrowiska.



Rybołów żywi się rybami, które łapie długimi, ostrymi szponami. W trakcie polowania krąży nad wodą, a gdy zobaczy rybę, składa skrzydła i spada z dużą prędkością pionowo do wody, aby pochwycić ofiarę.



Pająk **tygrzyk paskowany** żywi się tym, co wpadnie do jego sieci, głównie owadami. Pajęczynę tworzy wśród gęstej roślinności, przy ziemi.



Szczupak jest jedną z najbardziej drapieżnych ryb słodkowodnych. Najczęściej czyha w ukryciu między roślinami wodnymi na przepływającą zdobycz. Jego szczęki, zaopatrzone w duże, spiczaste i bardzo ostre zęby uniemożliwiają ofierze uwolnienie się.



Rzekotki żywią się m.in. owadami. Szybko wyrzucają lepki język w kierunku ofiary, która się do niego przylepia. Następnie przytrzymują zdobycz silnymi przednimi kończynami, a podczas jej połykania ich gałki oczne zapadają się w oczodoły, dzięki czemu przepychają pokarm do przełyku.

U ofiar obserwuje się różne strategie obronne, a wśród nich **obronę czynną i bierną**. Obrona czynna to np. ucieczka, którą ułatwiają długie kończyny, wydzielanie nieprzyjemnego zapachu, stosowanie ostrych kolców, rogów czy kopyt.

OBRONA BIERNA – ODSTRASZANIE

Bzyg to pospolita mucha o ubarwieniu zbliżonym do osy. Podszywa się pod groźną żądłówkę, w rzeczywistości jest zupełnie nieszkodliwy.

OBRONA BIERNA – NAŚLADOWANIE

Rusałka pawik to jeden z najbardziej znanych motyli w Polsce. Wzór na skrzydłach motyla przypomina oczy dużego zwierzęcia i ma za zadanie odstraszyć drapieżnika.

OBRONA BIERNA – KAMUFLAŻ

Aby przechytryć drapieżniki i przetrwać, patyczaki kształtem przypominają gałązki, na których żyją. Ponadto mogą pozostawać w bezruchu przez wiele godzin.

Niektóre ryby (**sola**) upodabniają się ubarwieniem łusek do podłoża, przez co trudniej je wypatrzyć z góry.

OBRONA CZYNNA

Przestraszony jeź zwija się w kulkę najeżoną kolcami – chroni w ten sposób głowę i kończyny.



Rola drapieżnictwa

Z punktu widzenia przemian ewolucyjnych drapieżnictwo może odgrywać korzystną rolę w biocenozach, ponieważ reguluje liczebność ofiar. Drapieżniki wybierają z populacji ofiar osobniki najłatwiejsze do zdobycia – w ten sposób eliminują osobniki słabe i mniej dostosowane (chore, kalekie, najstarsze i najmłodsze). Pozwala to na przeżycie osobników najlepiej dostosowanych (dobór naturalny) w populacji ofiar i utrwalenie korzystnych cech.

Zmniejszenie liczebności ofiar osłabia konkurencję wewnątrzgatunkową między nimi, dzięki czemu osobniki, które przeżyją, mają zwiększony dostęp do zasobów środowiska.

Regulowanie liczebności ofiar umożliwia przetrwanie innych gatunków o podobnych wymaganiach pokarmowych czy środowiskowych. Zapobiega też nadmiernemu rozrostowi populacji ofiar, który mógłby zaburzyć równowagę biocenozy.

Warto pamiętać, że relacje drapieżnik-ofiara nie są stabilne i mogą ulegać w czasie przypadkowym wahaniom.

Roślinożerność

Przykładem innej relacji antagonistycznej, w której jeden organizm zjada drugi, jest roślinożerność. Roślinożercy żywią się wyłącznie roślinami. Należy do nich wiele owadów (np. motyle i ich larwy), niektóre ślimaki (np. winniczek), część ptaków (np. ziarnojady, kolibry, papugi) i ssaków (np. sarny, kozice, świstaki, bobry, słonie).

Roślinożercy rzadko zjadają rośliny w całości, dlatego większość roślin przeżywa i może się zregenerować. Zjadanie roślin lub ich części oraz trawienie jest możliwe dzięki licznym przystosowaniom w budowie organizmów roślinożernych.

Ptaki, które żywią się nasionami, mają charakterystyczną budowę dzioba. Owady wykorzystują specjalne aparaty gębowe. Ssaki roślinożerne należące do przeżuwaczy, np. jelenie, żubry, owce, kozice, mają czterokomorowe (a nie jednokomorowe jak u drapieżników) żołądki, w których zachodzi wieloetapowe trawienie ciężko strawnej celulozy (składnika ścian komórkowych roślin). Pokarm z żołądka trafia z powrotem do jamy gębowej, gdzie jest przeżuwany.

WARTO WIEDZIEĆ

Drapieżne rośliny

Wśród roślin występują także rośliny owadożerne, np. rosiczka, muchotłówka. Wykształcają one charakterystyczne liście pułapkowe, wyposażone we włoski gruczołowe wydzielające lepkać ciecz, do której przyklejają się drobne zwierzęta, np. owady. Później liście zwijają się i trawią zdobycz. Rosiczka okrągłolistna występuje w Polsce, żyje w środowisku ubogim w sole mineralne, np. na bagnach i torfowiskach. Jest samożywna, ale chwyta owady, które są dla niej źródłem azotu.

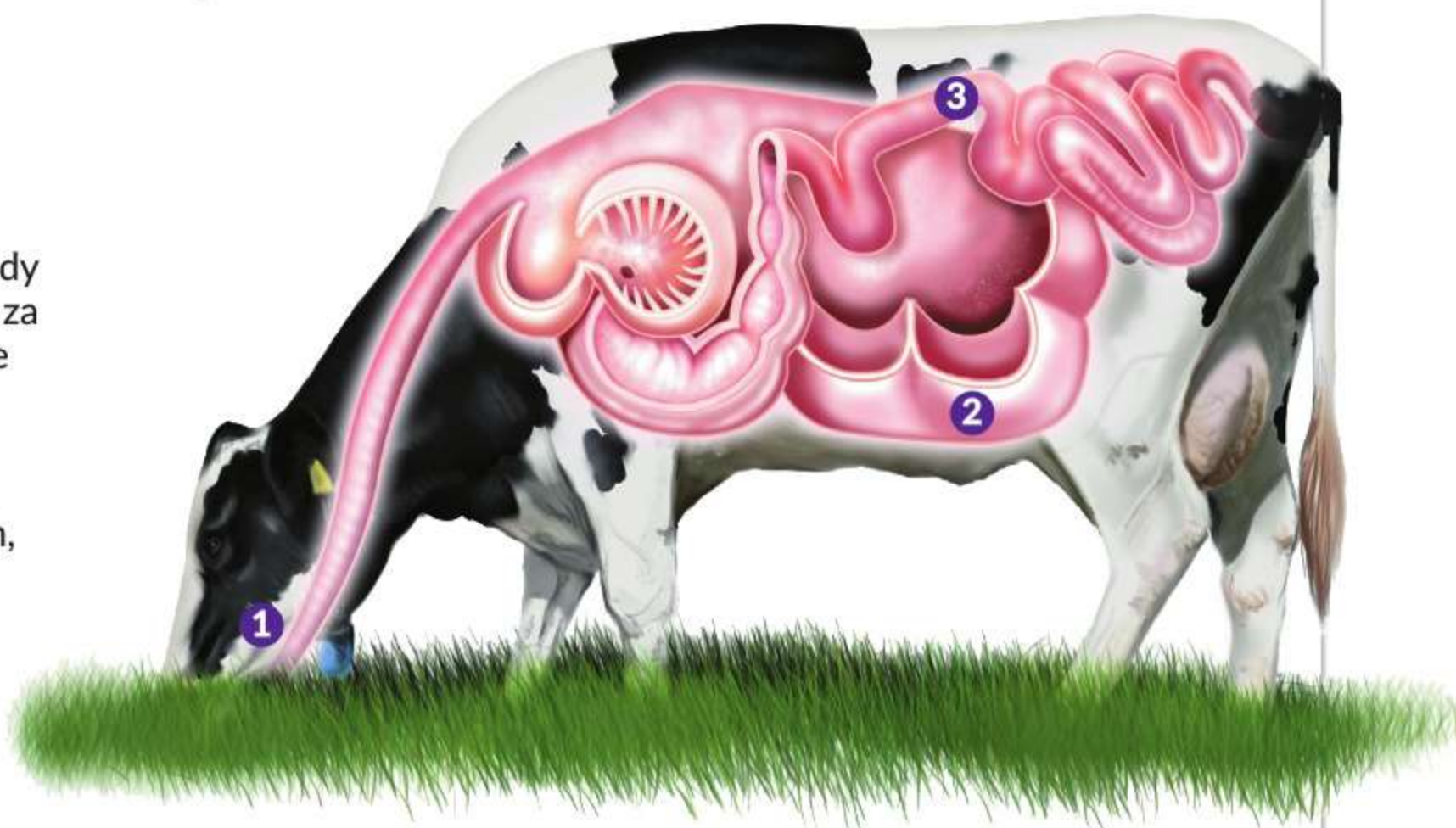
Rosiczka okrągłolistna (*Drosera rotundifolia*)



■ Przystosowania przeżuwaczy do roślinożerności

Przeżuwacze mają dodatkowe przystosowania ułatwiające pobieranie i trawienie pokarmu roślinnego.

Przeżuwacze twarde pokarm rozcierają za pomocą doskonale rozwiniętych płaskich zębów trzonowych i przedtrzonowych, o szerokich, pofałdowanych powierzchniach tarcia.



Układ pokarmowy

- ❶ Długi, mięsisty język o twardej, szorstkiej powierzchni umożliwia zagarnianie roślin.
- ❷ W pierwszej komorze czterokomorowego żołądka

bakterie i pierwotniaki pomagają trawić celulozę.

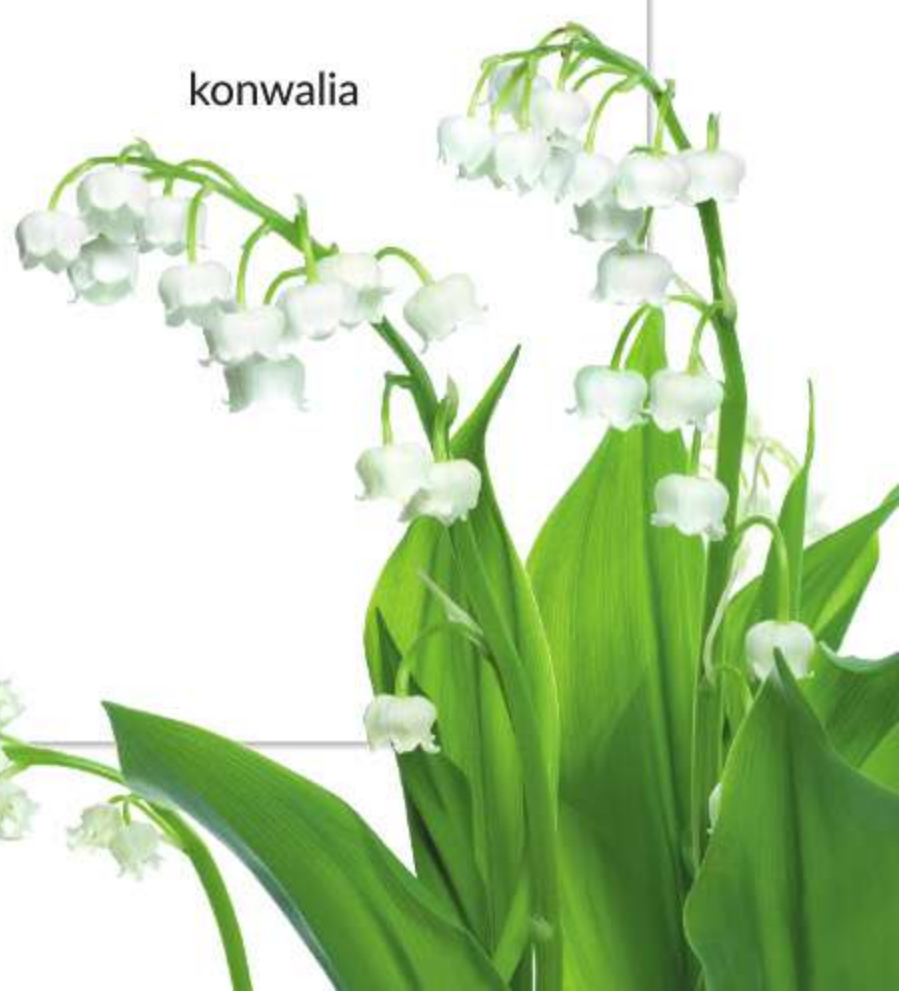
- ❸ Długie jelita umożliwiają całkowite strawienie pokarmu.

■ Obrona przed roślinożercami

Rośliny chronią się przed zjadaniem przez roślinożerców za pomocą kolców lub cierni utrudniających dostęp do ich miękkich części (np. robinia akacjowa, akacja). Niektóre rośliny (np. paprocie, konwalia) gromadzą w swoich organach substancje trujące, inne (m.in. pokrzywa) wydzielają substancje parzące.



konwalia



Przystosowania roślin chroniące przed zgryzaniem – ostre ciernie akacji i parzące włoski pokrzywy.

■ Przykłady roślinożernych zwierząt

Roślinożercy występują zarówno wśród kręgowców, jak i wśród bezkręgowców.

ROŚLINOŻERNE BEZKRĘGOWCE



▲ Gąsienice motyli do pobierania pokarmu wykorzystują gryzący aparat gębowy



▲ Motyl za pomocą ssącego aparatu gębowego spija nektar kwiatowy



▲ Winniczek zeskrobuje pokarm roślinny za pomocą tzw. tarki

ROŚLINOŻERNE KRĘGOWCE



▲ Bóbr dzięki długim i mocnym siekaczom może żywić się twardymi częściami roślin



▲ Szczygieł za pomocą grubego dzioba wybiera nasiona wielu roślin np. ostu i łopianu



▲ Kozica do zrywania trawy używa języka, górnej wargi oraz dolnych siekaczy.

ZAPAMIĘTAJ

- Drapieżnictwo i roślinożerność to przykłady oddziaływań antagonistycznych, w których jeden gatunek ponosi straty lub traci życie, a drugi na tym zyskuje.
- Drapieżniki i ofiary stosują różnorodne strategie przetrwania.
- Zarówno zjadający, jak i zjadani są zależni od siebie i wzajemnie regulują swoją liczebność. Drapieżnictwo odgrywa korzystną rolę w biocenozach poprzez regulację liczebności ofiar.
- Szczególnym rodzajem relacji antagonistycznej jest roślinożerność, w której roślinożerca żywi się roślinami.
- Roślinożercy przystosowali się do pobierania i trawienia pokarmu roślinnego.

POLECENIA

1. Na przykładzie dowolnego drapieżnego ssaka lub ptaka określ przystosowania drapieżników do zdobywania pokarmu.
2. Podaj dwa przykłady ilustrujące, w jaki sposób ofiary unikają ataków drapieżników.
3. Wyjaśnij, jaki wpływ ma drapieżnik na liczebność swoich ofiar.
4. Na przykładzie dowolnego ssaka określ przystosowania w budowie do odżywiania się pokarmem roślinnym.

19 Oddziaływania nieantagonistyczne. Współpraca międzygatunkowa

Z tej lekcji dowiesz się:

- co daje współpraca między gatunkami;
- dlaczego pewne gatunki grzybów rosną pod określonymi gatunkami drzew;
- co to jest symbioza nieobowiązkowa i czym różni się od symbiozy obowiązkowej;
- co to jest komensalizm.

Relacje nieantagonistyczne, czyli korzystne

Przy ograniczonych zasobach środowiska utrzymanie się przy życiu organizmów jest łatwiejsze, jeśli różne gatunki ze sobą współpracują. Tworzą się między nimi zależności polegające na tym, że oba gatunki odnoszą korzyści zwiększające szanse ich przeżycia. Ten typ relacji nazywamy **symbiozą**, a gatunki nią związane – symbiontami. Jeśli taka zależność jest bezwzględnie konieczna do przetrwania obu organizmów, określamy ją mianem **symbiozy obowiązkowej (mutualizmu)**. Jeśli symbioza między gatunkami nie jest niezbędna do przeżycia, to mamy do czynienia z **symbiozą nieobowiązkową** lub fakultatywną (**protooperacją**).

Symbioza obowiązkowa (mutualizm)

Mutualizm to korzystny związek między dwoma całkowicie od siebie uzależnionymi (pod względem metabolicznym) gatunkami organizmów (symbiontami).

Przykładem mutualizmu jest **mikoryza**. Ci, którzy zbierają grzyby, zauważyli, że pewne ich gatunki rosną pod określonymi gatunkami drzew. Maślaków szukamy w sosnowych młodnikach, w brzezynie je-

steśmy niemal pewni, że znajdziemy koźlarza. Dzieje się tak dlatego, że drzewa te wchodzi w ścisły związek z konkretnymi gatunkami grzybów. Strzępki grzybów oplatają gęstą siecią korzenie i sprawiają, że ich powierzchnia chłonna staje się znacznie większa. Drzewo może sprawniej czerpać z gleby wodę z solami mineralnymi. Grzyby chronią też rośliny przed chorobotwórczymi grzybami i bakteriami. W zamian otrzymują potrzebne im substancje organiczne.

Innym przykładem obowiązkowej symbiozy jest związek roślin bobowatych z bakteriami brodawkowymi (z rodzaju *Rhizobium*) żyjącymi w naroślach ich korzeni – brodawkach korzeniowych. Rośliny bobowate (np. łubin, fasola, groch), rosnące na glebach ubogich w azot, zapewniają bakteriom substancje odżywcze (glukozę) i środowisko życia. Natomiast bakterie wiążą niedostępny dla roślin azot atmosferyczny z powietrza zawartego w glebie i przekazują go roślinom.

Mutualizm możemy także zaobserwować wśród niektórych roślin kwiatowych i zapylających je owadów. Zwierzęta żywią się nektarem roślin, a te rośliny są przez nie zapylane.

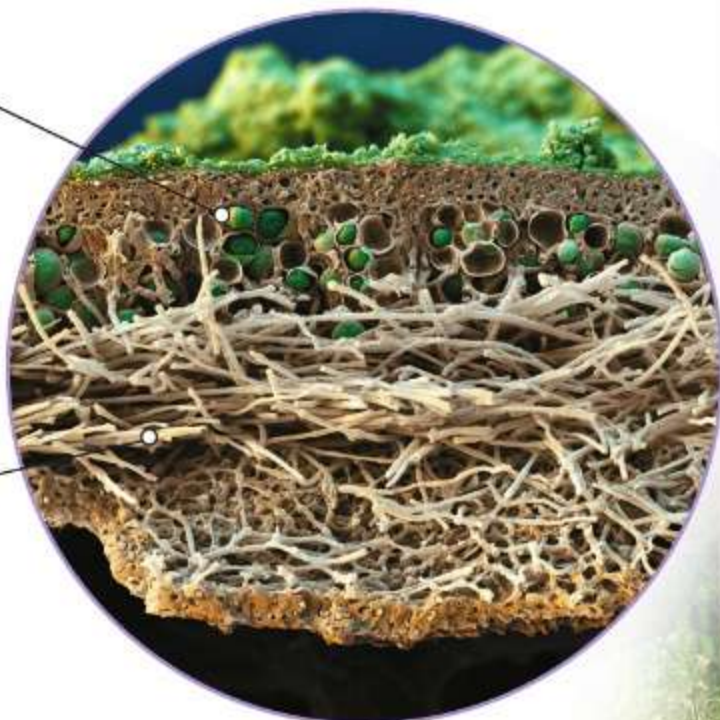
■ Symbioza obowiązkowa (mutualizm)

Przedstawiciele niektórych gatunków nie mogą bez siebie żyć. Ta relacja jest niezbędna do ich przetrwania.

▼ Porosty to organizmy powstałe w wyniku symbiozy grzybów z glonami. Oba gatunki są całkowicie zależne od siebie

Glony przekazują grzybowi cukry.

Grzyb chroni komórki glonów przed wyschnięciem i dostarcza im wodę z solami mineralnymi.



▼ Mikoryza – związek grzybów z korzeniami roślin. Sosna i borowik, podobnie jak brzoza i koźlarz, to pary często spotykane w lesie



Grzyb pobiera od rośliny substancje odżywcze (np. cukry). Ułatwia roślinie pobieranie wody z solami mineralnymi. Chroni przed bakteriami i toksynami.

▼ Przykładem mutualizmu jest związek roślin bobowatych z bakteriami brodawkowymi. Dzięki niemu rośliny te mogą żyć na glebach ubogich w azot



brodawki korzeniowe

Kolejnym przykładem symbiozy obowiązkowej są **porosty**, czyli grzyby porostowe współżyjące z glonami, głównie z zielenicami. Strzępki grzyba dostarczają glonom wodę, a komórki glonów przekazują grzybom cukry (powstałe z przeprowadzonej fotosyntezy), które są źródłem pokarmu i energii.

Innym przykładem mutualizmu jest relacja przeżuwaczy z mikroorganizmami bytującymi w ich żołądkach. Zjadana przez krowy, owce, żubry lub kozy trawa jest mało pożywna. Składa się niemal wyłącznie z celulozy, do której trawienia zwierzęta nie mają odpowiednich enzymów. Celuloza jest jednak doskonałym

pożywieniem dla różnych mikroorganizmów, np. niektórych gatunków bakterii i pierwotniaków, i dlatego w jednej z części czterokomorowego żołądka krowy żyją ich miliardy. Przeżuwacz zapewnia mikroorganizmom regularne dostawy pokarmu i stałość warunków środowiska życia, natomiast mikroorganizmy rozkładają składniki pokarmu roślinnego (celulozę) do postaci przyswajalnej dla krowy.

Symbioza nieobowiązkowa (protokooperacja)

Protokooperacja to przykład zależności, w której osobniki dwóch gatunków (symbiontów) czerpią wzajemne korzyści

■ Symbioza nieobowiązkowa (protokooperacja)

Niekiedy współżycie osobników należących do różnych gatunków może im przynosić wzajemne korzyści, jednak ich związki są nietrwałe. Mogą też żyć samotnie.



◀ Słodka wydzielina mszyc (spadź) jest chętnie spożywana przez mrówki, które – aby nie stracić źródła pokarmu – chronią mszyce przed drapieżnikami, np. biedronkami



▲ Ukwiął przymocowany do muszli zamieszkiwanej przez pustelnika (skorupiaka o miękkim odwłoku) przemieszcza się wraz z nim, dzięki czemu ma dostęp do nowych zasobów pokarmu. Parzące czułki ukwiału chronią pustelnika przed drapieżnikami (np. ośmiornicami), a sama jego obecność maskuje pustelnika w środowisku

► Ptak bąkojad ostrzega żyrafę przed niebezpieczeństwami, które zazwyczaj dostrzega pierwszy, oraz oczyszcza jej skórę z pasożytów (kleszczy i larw owadów), którymi się żywi



ze swojej obecności, a jednocześnie nie są od siebie uzależnione. Każdy gatunek biorący udział w takiej relacji może żyć bez obecności drugiego. Jednak gdy są razem, oba zwiększają swoje szanse przeżycia.

Komensalizm

Między organizmami obserwuje się też taki związek, w którym jeden z nich odnosi korzyści, a dla drugiego ta sytuacja jest obojętna, tzn. nie odnosi on korzyści ani nie ponosi szkody. Mówimy wtedy o **komensalizmie**. Jego przykładami są relacja między bocianami a wróblami i wykorzystywanie odchodów zwierząt przez żuka gnojowego.

Różne relacje łączą też człowieka z innymi organizmami. Na przykład odżywanie się roślinami (owocami, liśćmi, korzeniami) świadczy o tym, że człowiek jest roślinożercą. Ponieważ jednak równocześnie zjada mięso zwierząt (np. wołowinę, wieprzowinę, ryby), jest też drapieżnikiem. Może być żywicielem dla rozmaitych pasożytów (tasiemców, glist, owsików). Żyje także w symbiozie z wieloma mikroorganizmami (m.in. bakteriami) zamieszkującymi przewód pokarmowy i skórę. W wypadku niektórych bakterii jelitowych możemy mówić o mutualizmie, a w wypadku innych – o protokooperacji.

Komensalizm

To nietrwąca relacja, w której wyraźną korzyść czerpią przedstawiciele tylko jednego gatunku. Drugiemu sytuacja ta nie przynosi pożytku ani nie wyrządza szkody.



▲ Chrzęszcz – żuk gnojowy – odżywia się odchodami koni, żubrów, jeleni czy saren i składa w nich jaja. Larwy, które się z nich wylęgają, mają zapewnione schronienie i pokarm. Wykorzystywanie odchodów innych zwierząt przez żuka gnojowego jest dla tych zwierząt całkowicie obojętne

▼ W dolnych partiach gniazd bocianich często gnieźdzą się wróble. Dla bociana nie ma to znaczenia, dla wróbla jest to miejsce schronienia. Obecność bocianów i ich gniazd nie jest konieczna dla istnienia wróbli, a wróble nie mają żadnego wpływu na życie bocianów



WARTO WIEDZIEĆ**Związki roślin z owadami**

Niejednokrotnie związki rośliny z określonym gatunkiem zwierzęcia, które zapyla jej kwiaty, są bardzo silne. Kwiaty tojadów są tak zbudowane, że mogą je zapylić tylko trzmiele. Te zaś mogą żyć także w środowisku, w którym tojady nie rosną. Zarówno rośliny, jak i trzmiele czerpią z tego korzyści, jednak w tym wypadku roślina tak uzależniła się od określonego gatunku zapylającego ją owada, że nie może bez niego istnieć.

**ZAPAMIĘTAJ**

- Nieantagonistyczne relacje między organizmami zwiększają szansę na przeżycie obu organizmów współpracujących ze sobą.
- Symbioza obowiązkowa (mutualizm) to ścisłe i konieczne współżycie dwóch gatunków organizmów całkowicie od siebie zależnych, w którym obie strony odnoszą korzyści.
- Symbioza nieobowiązkowa (protokooperacja) to zależność, czasami okresowa, w której osobniki dwóch gatunków odnoszą korzyści ze swojej obecności, a jednocześnie nie są od siebie uzależnione – mogą żyć oddzielnie.
- Komensalizm to nieantagonistyczne oddziaływanie osobników należących do różnych gatunków, w którym korzyści czerpią przedstawiciele tylko jednego z nich, a dla drugiego gatunku sytuacja ta jest obojętna.
- Człowieka z innymi organizmami łączą różne relacje: jest wobec nich konkurentem, roślinożercą, drapieżnikiem, żywicielem, a także żyje w symbiozie (obowiązkowej i nieobowiązkowej) z pewnymi bakteriami.

POLECENIA

1. Wyjaśnij, jakie korzyści wynikają ze współpracy między organizmami.
2. Na wybranym przykładzie pary organizmów żyjących w symbiozie obowiązkowej (mutualizmie) określ, jakie wzajemne korzyści odnoszą te organizmy.
3. Wyjaśnij na wybranym przykładzie pary organizmów, na czym polega protokooperacja.
4. Wyjaśnij, co to jest komensalizm.

20 Zależności pokarmowe między organizmami

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to jest łańcuch pokarmowy;
- jakie są podstawowe poziomy troficzne;
- jaką funkcję w ekosystemie pełnią destruenci;
- czym różni się łańcuch pokarmowy od sieci troficznej;
- na czym polega obieg materii i przepływ energii w ekosystemie.

Ogniwa łańcucha pokarmowego

Między organizmami żyjącymi w danym środowisku (ekosystemie) istnieją zależności pokarmowe. Oznacza to, że jeden organizm jest pokarmem dla drugiego, a substancje zawarte w tkankach organizmu zjadanego przechodzą do organizmu zjadającego.

Liśćmi brzozy żywią się np. larwy owadów, a te z kolei są pokarmem dla sikor. Zależność tę można przedstawić graficznie w postaci szeregu nazw organizmów lub ich rysunków połączonych strzałkami.

Szereg organizmów ustawionych w takiej kolejności, że każdy poprzedzający organizm jest pożywieniem następnego organizmu, nazywamy **łańcuchem pokarmowym (troficznym)**.

W poniżej prezentowanym łańcuchu pokarmowym uczestniczą tylko trzy organizmy. Jednak w lesie występuje także jastrząb, który chętnie poluje na sikory. Dlatego łańcuch pokarmowy można wydłużyć. Poszczególne organizmy w łańcuchu pokarmowym tworzą **ogniwa pokarmowe**. Opisany łańcuch pokarmowy składa się więc z czterech ogniw pokarmowych, ściśle ze sobą powiązanych: liścia brzozy, larwy owada, sikory, jastrzębia.

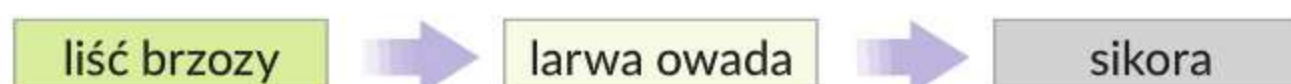
Poziomy troficzne ekosystemu: producenci i konsumenci

Każdy organizm potrzebuje różnych substancji do budowy własnego ciała. Są to głównie związki organiczne, do których

■ Zapis łańcucha pokarmowego

Aby zobrazować, które organizmy żywią się którymi, elementy szeregu łączy się za pomocą strzałek, przy czym groty strzałek są skierowane w stronę zjadającego, czyli tak, jak przechodzi pokarm – nigdy odwrotnie.

Zapis przytoczonego wcześniej przykładu wygląda następująco:



Larwy owadów zjadające tylko rośliny są roślinożercami. Sikory żywiące się larwami są drapieżnikami. Powyższy zapis można więc przedstawić następująco:



należą białka, tłuszcze i cukry. Ponieważ rośliny same, w procesie fotosyntezy, produkują składniki odżywcze – są samożywne – nazywamy je **producentami**. Energia potrzebna do tego procesu pochodzi ze światła słonecznego. Również niektóre drobnoustroje, np. bakterie fotosyntetyzujące czy fitoplankton unoszący się na powierzchni wody (mikroskopijne organizmy roślinne, protisty roślinopodobne, sinice), to producenci.

Zwierzęta nie są w stanie wytwarzać pokarmu, więc muszą zjadać (konsumować) inne organizmy – są cudzożywne. Z tego powodu zalicza się je do **konsumentów**. Większość zwierząt to **roślinożercy – konsumenci pierwszego rzędu**, co oznacza, że żywią się producentami. Z kolei drapieżniki żywiące się roślinożercami to **konsumenci drugiego rzędu**, natomiast **mięsożerców** pożerających inne drapieżniki zalicza się do **konsumentów trzeciego rzędu**.

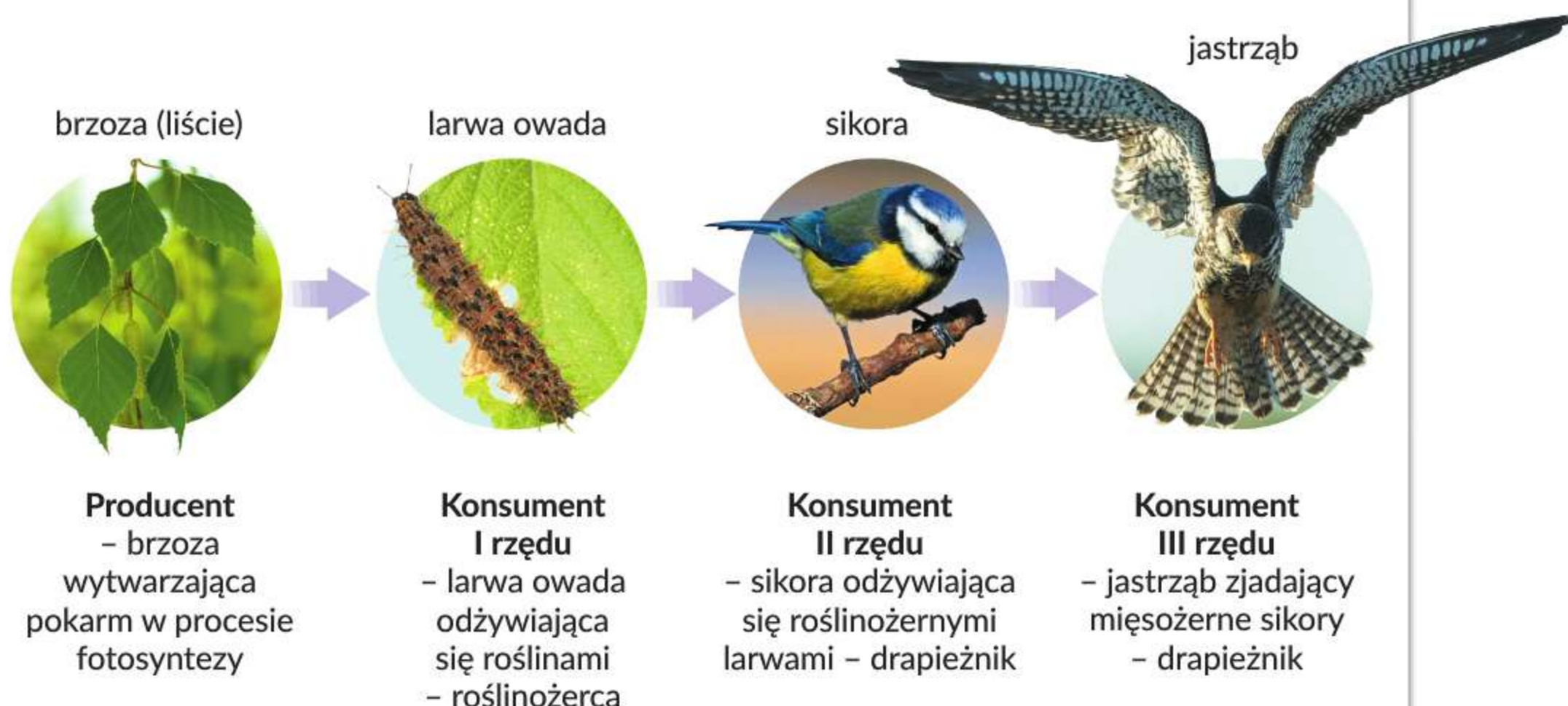
W każdej biocenozie jest wiele organizmów samożywnych. Tworzą one wspólną grupę producentów. Do grupy konsumentów I rzędu zaliczamy wszystkich roślinożerców, a do konsumentów kolejnych rzędów – mięsożerców. Jeśli pogrupujemy organizmy zgodnie z ich sposobem odżywiania się, możemy wyróżnić poszczególne **poziomy pokarmowe (troficzne)**. Każde ogniwo łańcucha należy do określonego poziomu pokarmowego. Poziom pokarmowy (troficzny) tworzy grupa organizmów występujących na danym terenie, odżywiających się w ten sam sposób, np. wszyscy roślinożercy.

Producenci stanowią pierwszy poziom troficzny, a konsumenci kolejne poziomy (drugi, trzeci i kolejne).

W każdym łańcuchu pokarmowym materia (również energia) zgromadzona w ciałach organizmów zjadanych przechodzi do organizmów zjadających.

■ Łańcuch pokarmowy: producent i konsumenci kolejnych rzędów

Pierwszym ogniwem każdego łańcucha pokarmowego są producenci. W poniższym łańcuchu pokarmowym występują trzy grupy konsumentów kolejnych rzędów.



POZIOMY TROFICZNE W ŁAŃCUCHACH POKARMOWYCH W WYBRANYCH BIOCENOZACH				
Przykład biocenozy	Poziom I – producenci (rośliny)	Poziom II – konsumenci I rzędu (roślinożercy)	Poziom III – konsumenci II rzędu (drapieżniki I)	Poziom IV – konsumenci III rzędu (drapieżniki II)
jezioro	toczek (glon)	rozwielitka	płoc	okoń
las	sosna (igły)	strzygonia (gąsienica)	wilga	puchacz
pole uprawne	ziemniak (liście)	stonka	bażant	lis
łąka	koniczyna (liście)	ślimak	jaszczurka	bocian

Warto pamiętać, że oprócz typowych roślinożerców czy mięsożerców istnieją organizmy żywiące się zarówno pokarmem roślinnym, jak i zwierzęcym. Są to **wszystkożercy**. Do organizmów wszystkożernych należą np. dzik, niedźwiedź i człowiek.

Sieci zależności pokarmowych (troficznych)

W przyrodzie bardzo rzadko występują proste łańcuchy pokarmowe, to znaczy takie, w których dane organizmy odżywiają się tylko jednym rodzajem pokarmu, tak jak u naszego rodzimego szkodnika – gąsienicy barczatki sosnowki, która zjada igły sosny, albo u australijskiego torbacza koali, żywiącego się wyłącznie liśćmi eukaliptusa. Najczęściej jednak jeden organizm odżywia się wieloma innymi organizmami, np. pokarmem jastrzębia są nie tylko sikory, ale także zające, myszy, ptaki, jaszczurki. Pokarmem zająca czy myszy są zarówno liście traw, jak i nasiona, pędy oraz korzenie wielu innych roślin. Świadczy to o istnieniu kilku łańcuchów, które łączą się i krzyżują ze sobą, tworząc schemat przypominający wyglądem sieć powiązań i zależności pokarmowych.

Sieć pokarmowa (troficzna) to wiele łańcuchów pokarmowych danego ekosys-

temu połączonych systemem zależności pokarmowych między ogromną liczbą organizmów. W sieci pokarmowej jeden gatunek może wchodzić w skład różnych łańcuchów. Im większa różnorodność biologiczna w ekosystemie, przejawiająca się dużym zróżnicowaniem gatunkowym, tym bardziej skomplikowana jest sieć pokarmowa.

Zniszczenie choćby jednego ogniwa troficznego może zachwiać równowagę całej sieci ekosystemu. Gdyby wytępić wszystkie larwy żerujące na roślinach, to wyginęłyby żywiące się nimi ptaki (sikory) oraz jaszczurki. Ich niedobór spowodowałby zmniejszenie liczebności ptaków drapieżnych, np. jastrzębi, a zmniejszenie liczebności tych ptaków przyczyniłoby się do gwałtownego wzrostu liczebności myszy i zające.

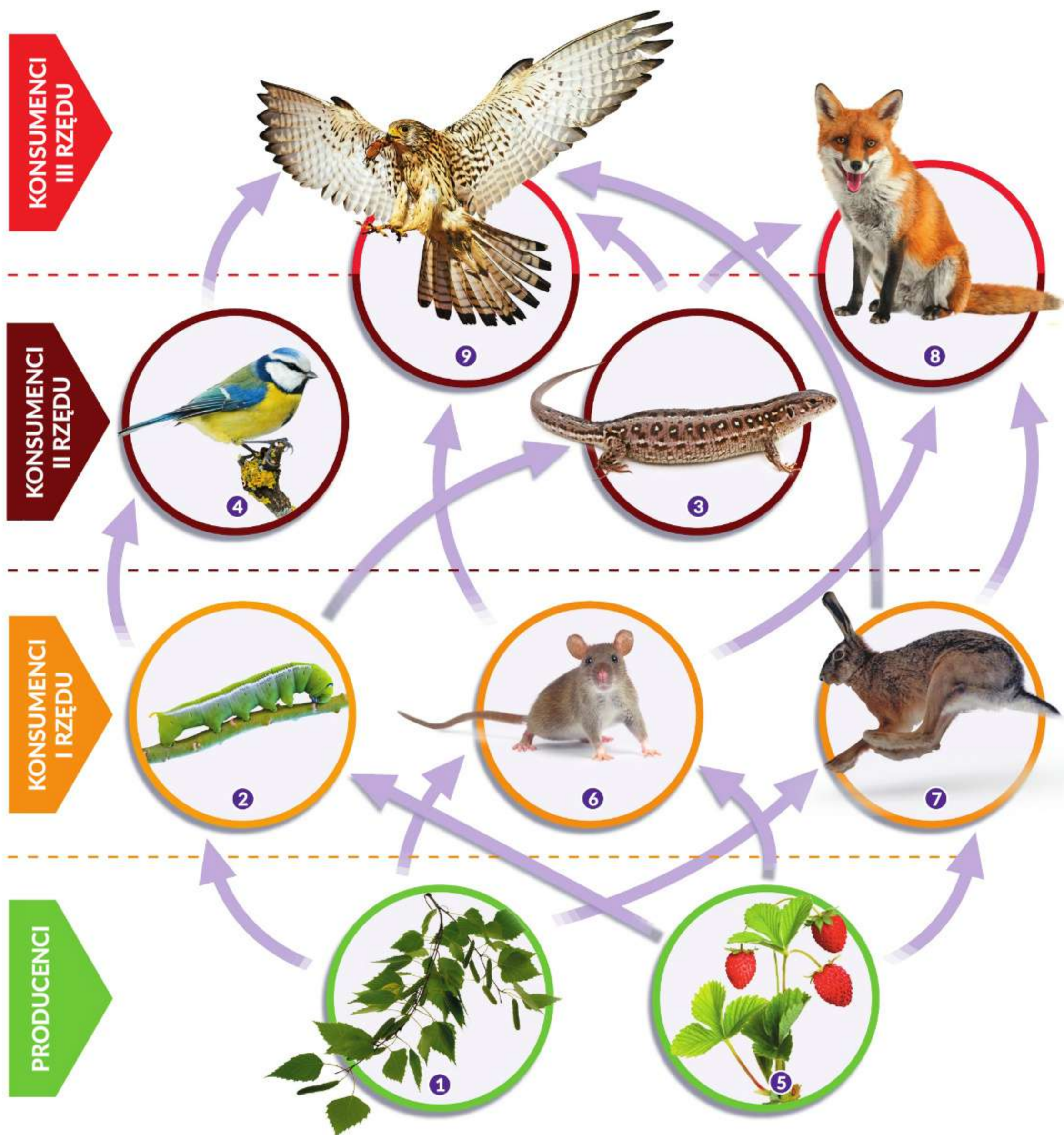
WARTO WIEDZIEĆ

Fitoplankton i zooplankton

Najważniejszą grupą producentów w większości zbiorników wodnych jest fitoplankton, czyli mikroskopijne organizmy roślinne i sinice. Stanowią one podstawowy element wielu sieci troficznych. Podobnie zooplankton, czyli organizmy zwierzęce (pierwotniaki, wrotki, skorupiaki), jest składnikiem wielu sieci troficznych.

Sieć pokarmowa

Sieć pokarmowa to ogół połączeń między organizmami, które są dla siebie pokarmem. Sieć pokarmową tworzy wiele krzyżujących się łańcuchów pokarmowych.



Młode liście brzozy ① mogą być pokarmem dla niedużych ssaków roślinożernych lub larw owadów ②, które z kolei mogą zostać zjedzone np. przez jaszczurkę ③ lub sikorę ④. Pokarmem roślinnym, np. poziomkami ⑤, odżywiają się zarówno myszy ⑥, jak i zające ⑦; oba te zwierzęta mogą być pożywieniem dla lisa ⑧ lub jastrzębia ⑨.

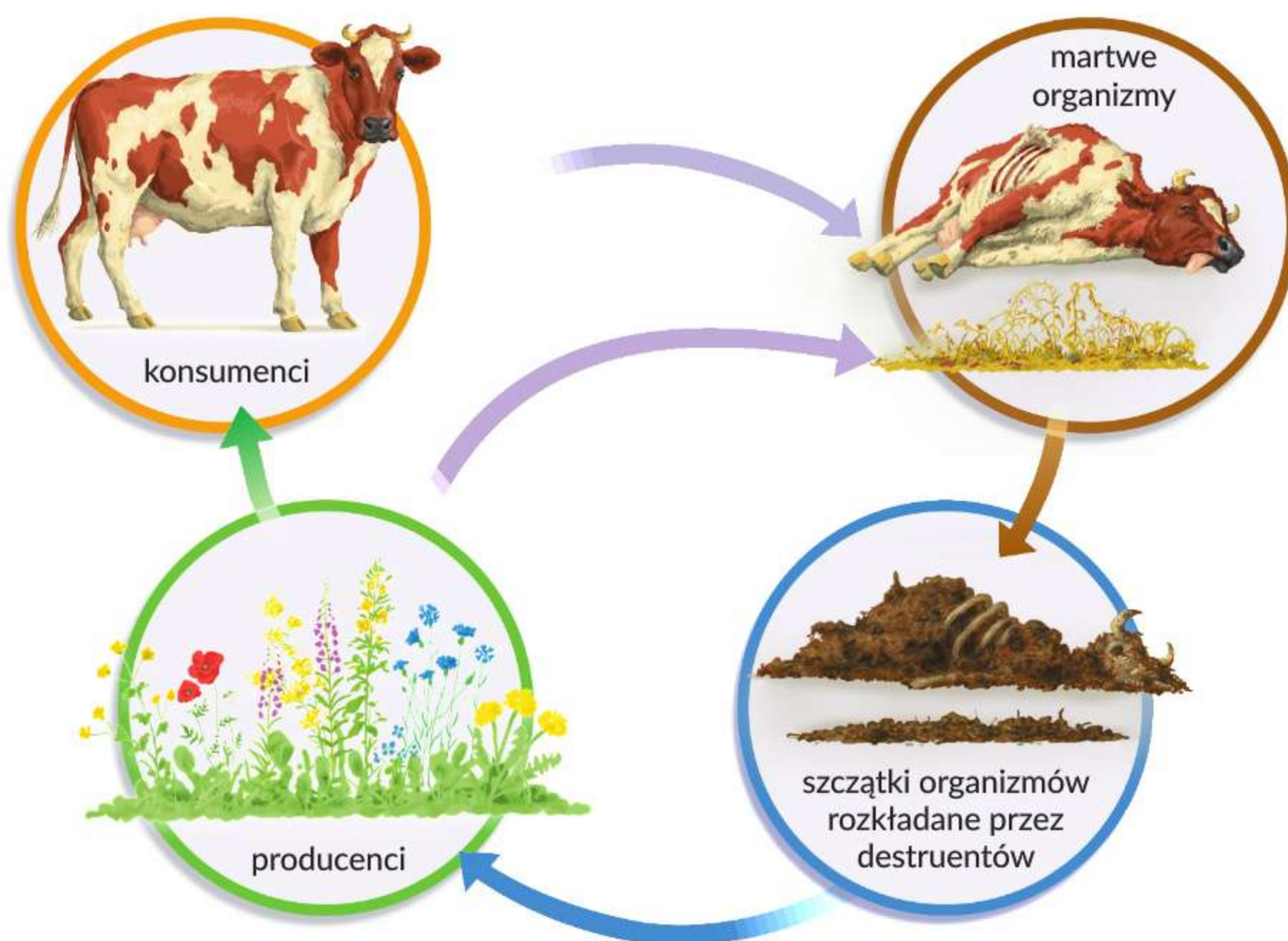
Rola destruentów w ekosystemie

Organizmy nie trwają wiecznie – z chwilą ustania procesów życiowych następuje ich śmierć. Martwe organizmy lub ich szczątki, a nawet odchody są pożywieniem różnych organizmów cudzożywnych, które wykorzystują tę materię do budowy swoich ciał. Wśród nich szczególną rolę odgrywają

destruenci – głównie bakterie i grzyby saprotroficzne. Destruenci przyczyniają się do rozkładu materii organicznej do prostych związków mineralnych (materii nieorganicznej), które są następnie przyswajane przez rośliny i wykorzystywane do budowy ich ciała. W ten sposób związki mineralne wracają do łańcuchów pokarmowych.

■ Destruenci

Destruenci są wydzieloną grupą konsumentów, która w łańcuchach pokarmowych stanowi ogniwo łączące konsumentów z producentami, dzięki czemu możliwe jest przechodzenie (krążenie) substancji chemicznych między organizmami.



- ➔ Wytworzone przez rośliny związki organiczne przechodzą do ciał kolejnych konsumentów.
- ➔ Z chwilą śmierci organizmów ustają w nich wszystkie procesy życiowe, a ich ciała ulegają rozkładowi. W martwych ciałach organizmów zachodzą liczne procesy chemiczne.
- ➔ Materia, z której są zbudowane organizmy, po ich śmierci staje się pokarmem dla destruentów.
- ➔ Destruenci stopniowo przekształcają związki organiczne z martwych organizmów w proste związki nieorganiczne, które mogą być pobierane przez inne organizmy. Rośliny przyswajają związki mineralne pochodzące z ciał innych organizmów rozłożonych przez destruentów.

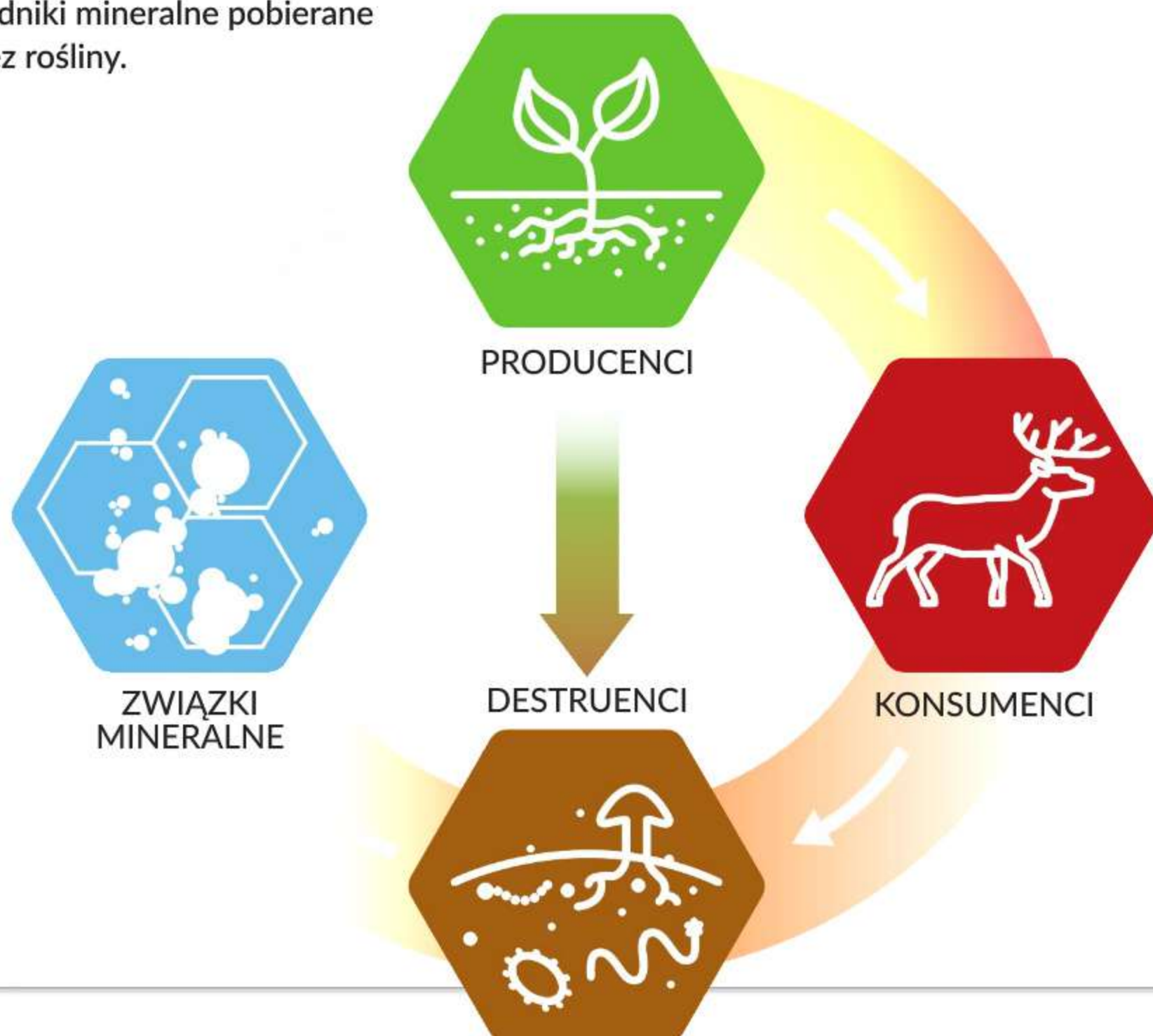
Obieg materii w ekosystemie

Materią nazywamy wszystkie znane substancje na Ziemi. Z materii są zbudowane rośliny, zwierzęta i człowiek oraz środowisko. Sprawnie funkcjonujący ekosystem nie potrzebuje dopływu materii z zewnątrz, gdyż krąży ona w nim nieustannie, co nazywamy **obiegiem materii**. Związki nieorganiczne, takie jak dwutlenek węgla i woda wraz z solami mineralnymi, są niezbędne dla producentów. Podczas fotosyntezy te organizmy przekształcają związki nieorganiczne w związki organiczne (np. glukozę) i w ten sposób budują swoje ciała. Organizmy samożywne stanowią pokarm dla roślinożerców (konsumentów), którzy przekształcają materię organiczną

roślin w materię organiczną własnego ciała. Procesy te zachodzą podczas trawienia, wchłaniania, a następnie wielu przemian metabolicznych. Drapieżniki, odżywiające się organizmami roślinożernymi, także pobierają, trawią, a następnie wchłaniają związki chemiczne, z których składały się ciała roślinożerców. Martwe ciała producentów i konsumentów są rozkładane przez destruentów do coraz prostszych związków organicznych i stopniowo przekształcane w materię nieorganiczną (związki mineralne, dwutlenek węgla), którą z kolei mogą pobierać producenci (rośliny). W ten sposób cykl obiegu materii między producentami, konsumentami i destruentami zamyka się.

■ Schemat obiegu materii między różnymi poziomami troficznymi

Materia wytworzona przez producentów służy jako pokarm konsumentom, do których należą także destruenci. Destruenci przetwarzają martwą materię organiczną na proste składniki mineralne pobierane przez rośliny.



Przepływ energii przez ekosystem

Najważniejszym źródłem energii większości ekosystemów jest Słońce. Część docierającej do Ziemi energii słonecznej jest gromadzona w organizmach. Wykorzystywanie energii słonecznej następuje

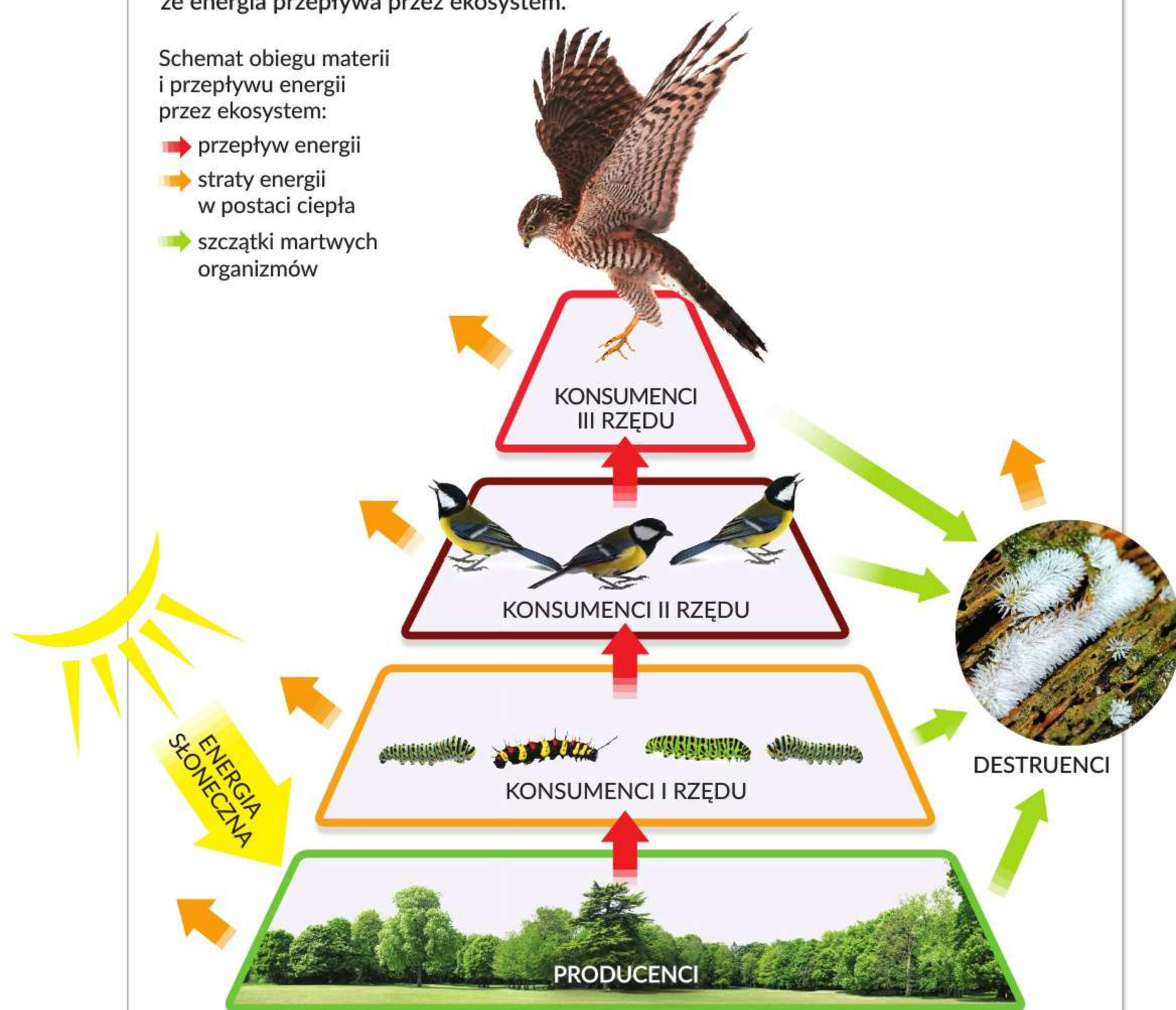
w procesie fotosyntezy podczas tworzenia związków organicznych (energia słoneczna jest przekształcana w energię wiązań chemicznych). Na każdym poziomie troficznym część tej energii chemicznej jest tracona w postaci ciepła (podczas oddychania

■ Przepływ energii przez ekosystem

Aby nie dopuścić do niedoboru energii w ekosystemie, trzeba ją stale uzupełniać. Jest to możliwe dzięki roślinom, które nieustannie wykorzystują energię słoneczną do produkcji materii organicznej. Jednocześnie energia jest w ekosystemie stale rozpraszana i tracona na wszystkich poziomach troficznych. Dlatego mówimy, że energia przepływa przez ekosystem.

Schemat obiegu materii i przepływu energii przez ekosystem:

- ➔ przepływ energii
- ➔ straty energii w postaci ciepła
- ➔ szczątki martwych organizmów



wewnątrzkomórkowego), część jest zużywana do budowy ciała, a część do wykonywania ruchu, aktywnego transportu, czyli pracy. Również na każdym etapie z energii korzystają destruenci, pobierający ją ze

szczątków roślin i zwierząt. Energia rozprasza się i wraca do środowiska jako ciepło. W ten sposób energia ciągle wypływa z ekosystemu i rozprasza się w przestrzeni. Ta jej część jest bezpowrotnie tracona.

ZAPAMIĘTAJ

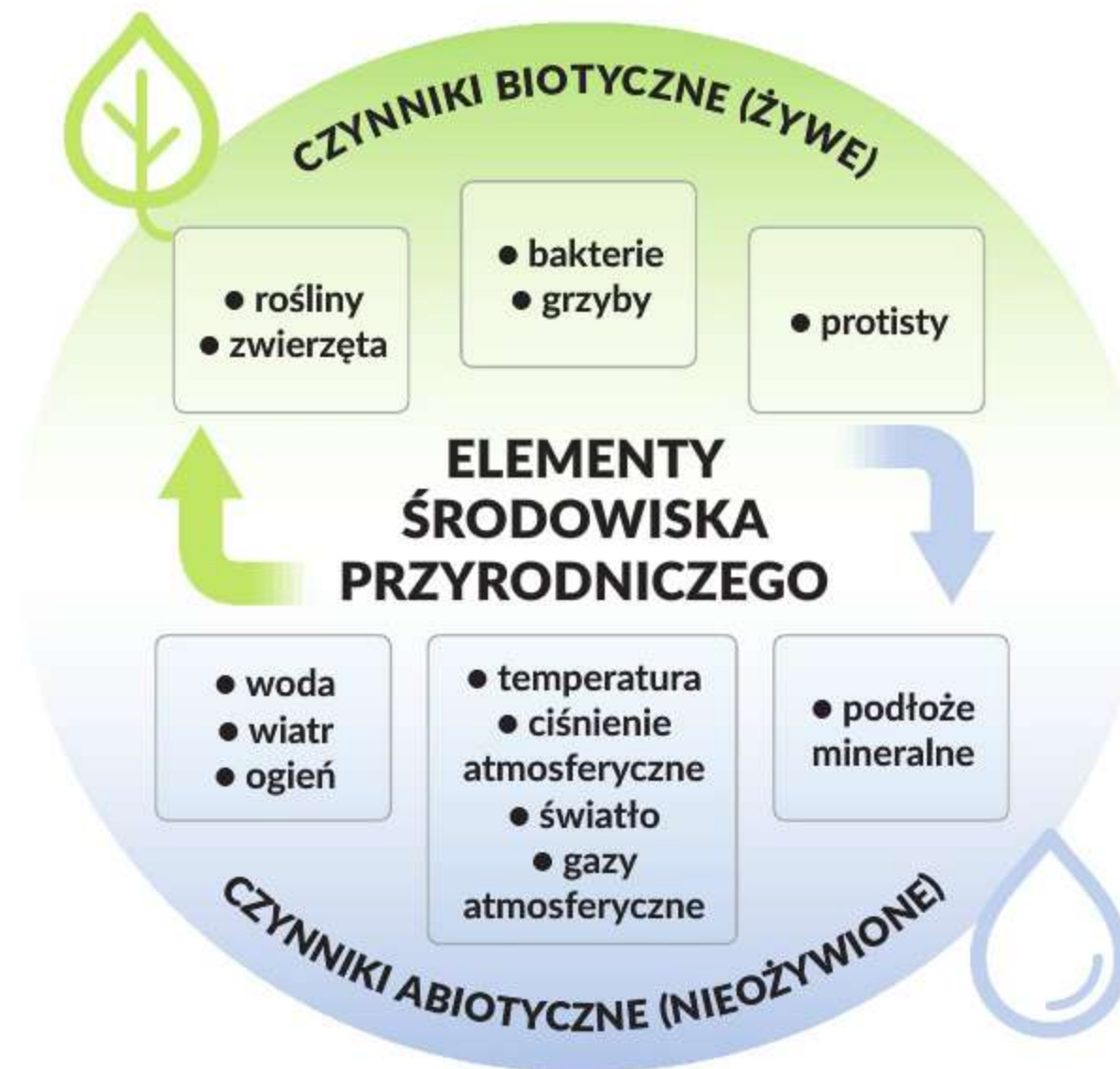
- Organizmy w ekosystemie są powiązane ze sobą różnymi zależnościami pokarmowymi, których obrazem są łańcuchy pokarmowe (troficzne).
- Łańcuch pokarmowy (troficzny) to szereg organizmów (ogniw) ustawionych w takiej kolejności, że każdy poprzedzający organizm (będący kolejnym ogniwem łańcucha) jest pożywieniem następnego organizmu.
- Łańcuch troficzny rozpoczyna się od producenta i obejmuje konsumentów kolejnych rzędów.
- Rośliny będące organizmami samożywymi są producentami materii organicznej, natomiast wszystkie zwierzęta są jej konsumentami.
- Konsumenty to organizmy cudzożywne, odżywiające się innymi organizmami (korzystające z gotowej materii organicznej).
- Struktura troficzna ekosystemu składa się z poziomów troficznych, które stanowią kolejno: producenci, konsumenci I rzędu (zwierzęta roślinożerne), konsumenci II i kolejnych rzędów (zwierzęta mięsożerne).
- Destruenci rozkładają szczątki producentów i konsumentów; są grupą konsumentów odżywiających się martwą materią organiczną, którą przekształcają w proste związki mineralne (nieorganiczne). Do destruentów zaliczamy głównie bakterie i grzyby.
- Sieć troficzna składa się z wielu łączących się i krzyżujących łańcuchów pokarmowych.
- Energia (słoneczna), związana przez rośliny, przepływa przez ekosystem i jest stopniowo uwalniana w postaci ciepła na każdym z poziomów troficznych.
- Materia ciągle krąży w ekosystemie, natomiast energia przepływa przez ekosystem.

POLECENIA

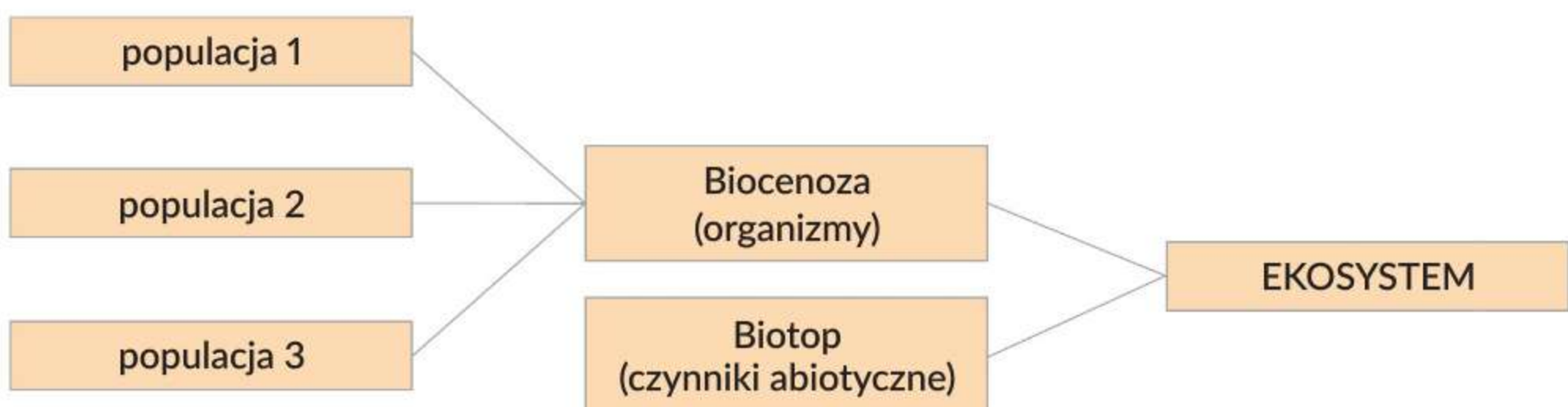
1. Na wybranym przykładzie ekosystemu określ rolę podstawowych ogniw łańcucha pokarmowego.
2. Wyjaśnij pojęcia: producenci, konsumenci i destruenci. Określ, jakie kryterium było podstawą tego podziału.
3. Wyjaśnij, dlaczego w przyrodzie łańcuchy pokarmowe tworzą sieć pokarmową.
4. Wykaż, że ubytek jednego ogniw może w istotny sposób wpłynąć na sieć pokarmową.
5. Wyjaśnij, na czym polegają obieg materii oraz przepływ energii w ekosystemie.

21 Podsumowanie działu

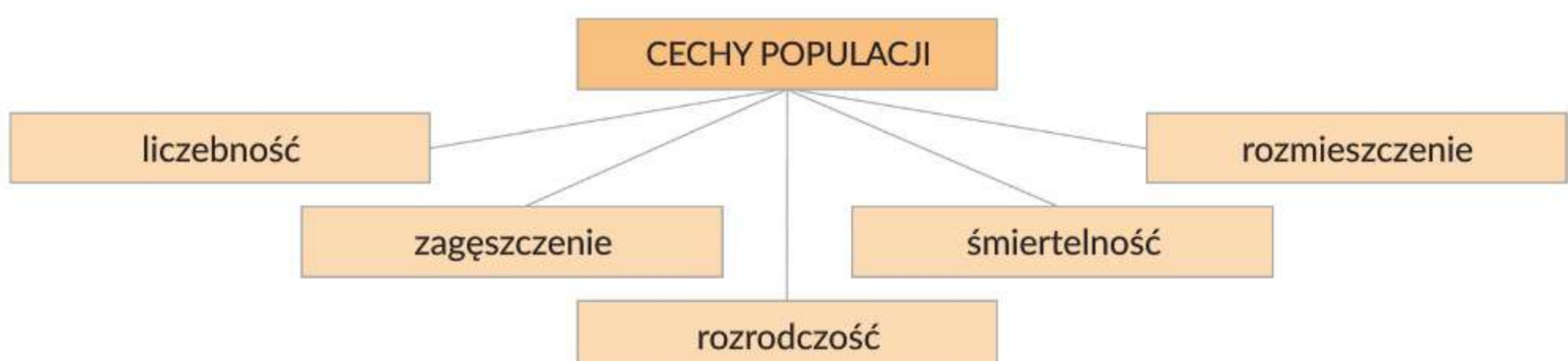
■ Elementy środowiska przyrodniczego



■ Elementy ekosystemu



■ Wybrane cechy populacji



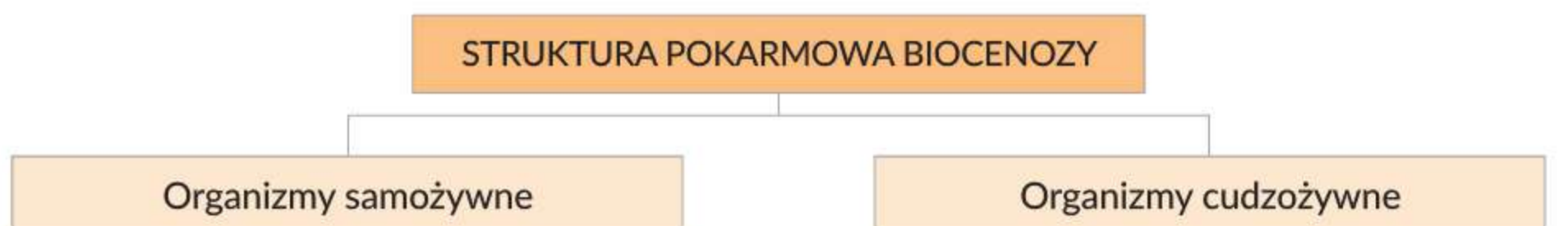
■ Typy oddziaływań między organizmami



ZALEŻNOŚCI POKARMOWE W EKOSYSTEMIE					
Typ zależności	Zależność	Gatunek 1		Gatunek 2	
antagonistyczne	konkurencja	konkurent 1	—	konkurent 2	—
	pasożytnictwo	pasożyt	+	żywiciel	—
	drapieżnictwo	drapieżnik	+	ofiara	—
	roślinożerność	roślinożerca	+	roślina	—
nieantagonistyczne	mutualizm	symbiont 1	+	symbiont 2	+
	protokooperacja	symbiont 1	+	symbiont 2	+
	komensalizm	organizm	○	komensal	+

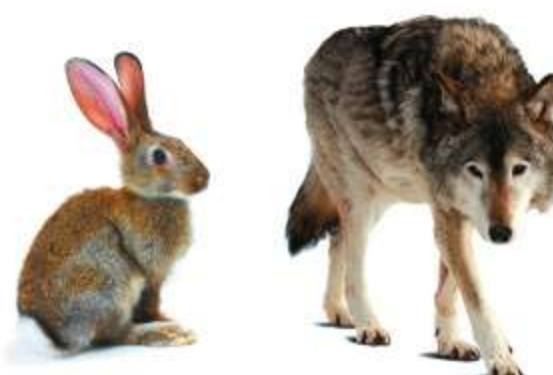
⊕ gatunek odnoszący korzyści; — gatunek ponoszący straty; ○ gatunek bez strat i korzyści

■ Zależności pokarmowe między organizmami



producenci, np. rośliny

konsumenci
kolejnych rzędów



destruenci,
np. bakterie
i grzyby
saprofityczne

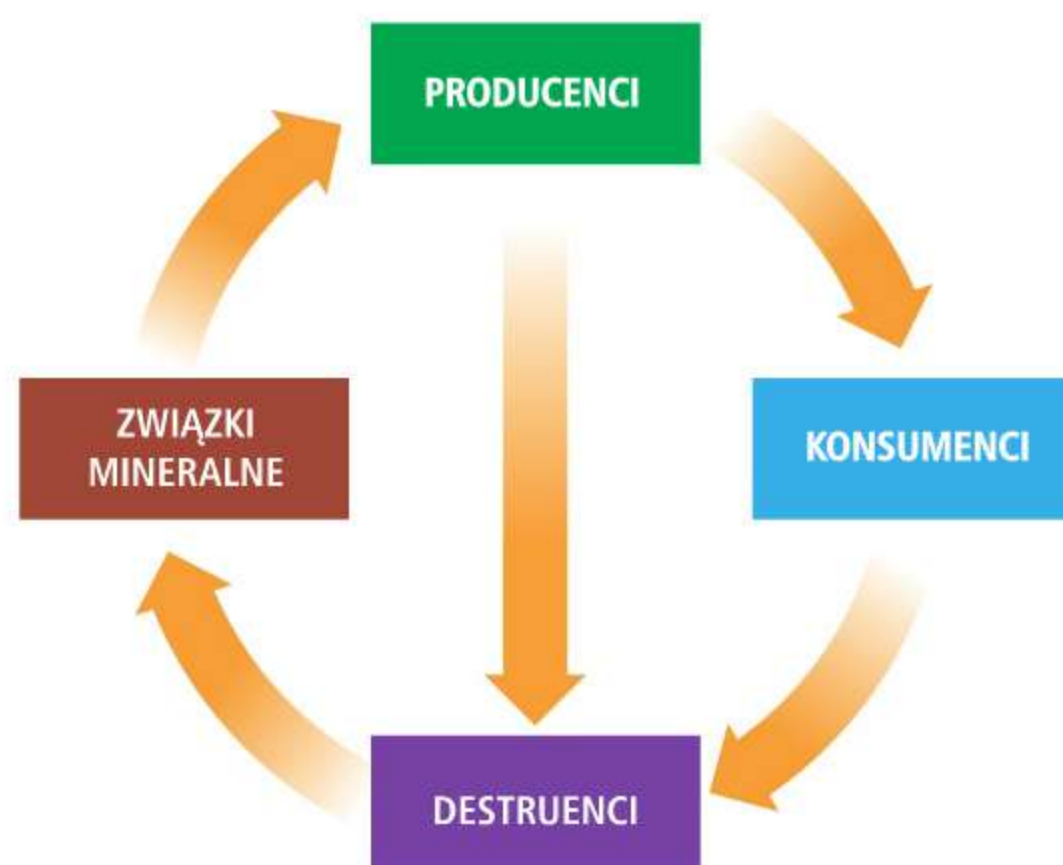


■ Porównanie łańcucha pokarmowego i sieci troficznej

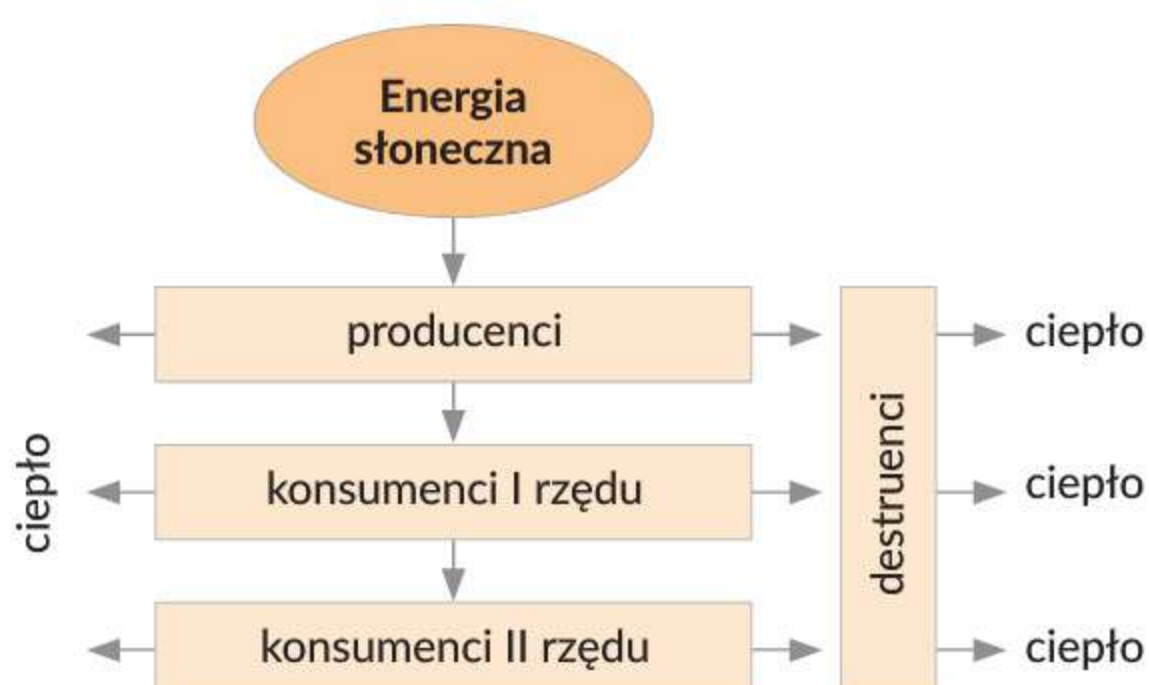
ŁAŃCUCH POKARMOWY	SIEĆ TROFICZNA
Tworzy pojedynczy szereg organizmów ustawionych w taki sposób, że organizm będący wcześniejszym ogniwem jest pożywieniem następnego	Sieć troficzna składa się z wielu łączących się i krzyżujących łańcuchów pokarmowych
To prosty układ zależności pokarmowych zjadający – zjadani	To skomplikowany system zależności zjadający – zjadani między ogromną liczbą organizmów
Na samym szczycie łańcucha pokarmowego stoi drapieżnik, na którego już nikt nie poluje	Na samym szczycie sieci troficznej znajduje się kilka drapieżników szczytowych

■ Cechy ekosystemu

OBIEG (KRAŻENIE) MATERII



PRZEPŁYW ENERGII PRZEZ POZIOMY TROFICZNE



Sprawdź, co umiesz

Uwaga! Odpowiedzi do zadań zapisz w zeszycie.

Zadanie 1.

Wskaż dwa poprawne dokończenia zdania.

Ekologia to

- A. nauka zajmująca się klasyfikowaniem, katalogowaniem oraz opisywaniem organizmów na podstawie badań ich różnorodności, pochodzenia i pokrewieństwa.
- B. interdyscyplinarna nauka, łącząca wiedzę z różnych nauk przyrodniczych.
- C. dział biologii o budowie i funkcjonowaniu organizmów.
- D. nauka, która zajmuje się badaniem wzajemnych zależności między różnymi organizmami oraz między organizmami a ich środowiskiem.

Zadanie 2.

Wskaż elementy biotyczne środowiska przyrodniczego.

- | | | | |
|--------------|-----------------------|------------|---------------|
| A. Tlen. | D. Bakterie. | G. Woda. | J. Okrzemki. |
| B. Świstaki. | E. Światło słoneczne. | H. Piasek. | K. Pieczarki. |
| C. Skały. | F. Trzciny. | I. Opady. | L. Pijawki. |

Zadanie 3.

W środowisku można wyróżnić kilka poziomów organizacji. Wskaż zestawienie, w którym terminy uszeregowano zgodnie ze wzrastającą złożonością.

- | | |
|---|---|
| A. populacja, osobnik, ekosystem, biocenoza | C. osobnik, populacja, biocenoza, ekosystem |
| B. biocenoza, ekosystem, populacja, osobnik | D. osobnik, ekosystem, populacja, biocenoza |

Zadanie 4.

Przyporządkuj definicje do właściwych pojęć.

- | | |
|---------------|---|
| I. populacja | A. zespół populacji organizmów danego środowiska należących do różnych gatunków, powiązanych ze sobą różnorodnymi zależnościami |
| II. ekosystem | B. nieożywione elementy ekosystemu, zmienione przez biocenozę |
| III. biotop | C. samoregulujący się system elementów biotycznych i abiotycznych środowiska, powiązanych wzajemnymi zależnościami |
| IV. biocenoza | D. zespół organizmów jednego gatunku wchodzący w skład biocenozy |

Zadanie 5.

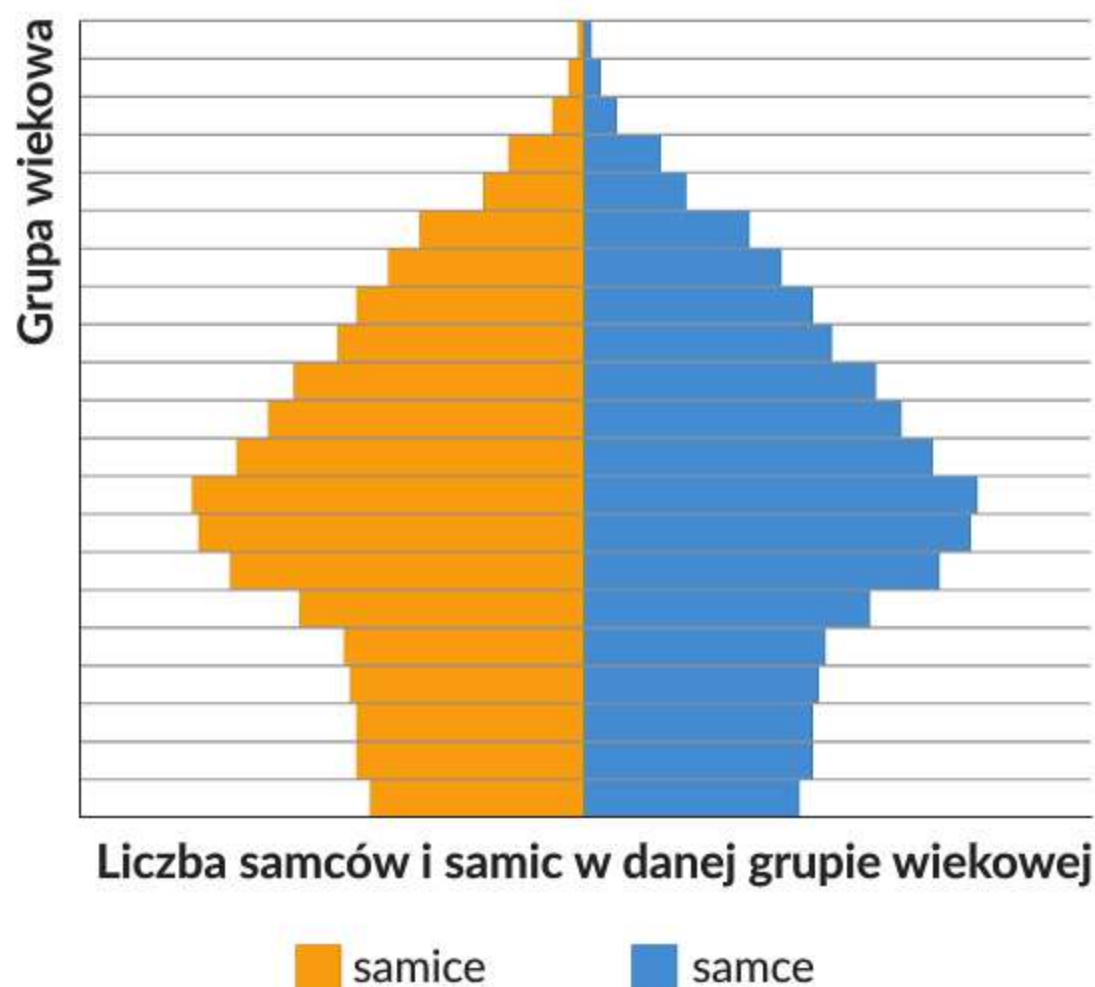
Oceń prawdziwość zdań.

W celu obliczenia szacunkowej liczebności populacji wybranego gatunku na danym obszarze należy

- I. pomnożyć uzyskaną wartość zagęszczenia populacji przez wielkość obszaru objętego badaniem.
 - II. podzielić uzyskaną liczbę osobników przez powierzchnię, na której się je badało.
- A. Pierwsze zdanie jest prawdziwe, a drugie fałszywe.
 - B. Pierwsze zdanie jest fałszywe, a drugie prawdziwe.
 - C. Oba zdania są prawdziwe.
 - D. Oba zdania są fałszywe.

Zadanie 6.

Liczebność populacji jest ściśle związana z okresami rozwoju osobniczego i wiekiem tworzących ją osobników. Strukturę wiekową populacji określa udział osobników należących do różnych grup (klas) wiekowych. Na rysunku przedstawiono piramidę wieku i płci.



Wskaż poprawne dokończenie każdego ze zdań.

- I. Przedstawiona piramida wiekowa obrazuje populację
 A. ustabilizowaną. B. rozwijającą się. C. wygasającą.
- II. Struktura płciowa dotyczy wielu organizmów, jednak nie możemy jej uwzględnić w przypadku
 A. dżdżownicy ziemnej. C. tasiemca uzbrojonego. E. ślimaka winniczka.
 B. człowieka. D. glisty ludzkiej.

Zadanie 7.

Poniżej przedstawiono kilka zdań dotyczących konkurencji. **Oceń, które z poniższych zdań są prawdziwe, a które fałszywe.**

- I. Konkurencja toczy się o zasoby środowiska.
 II. Konkurować mogą ze sobą wyłącznie osobniki należące do jednego gatunku.
 III. Konkurencja prowadzi do podziału zasobów środowiska lub śmierci jednego z konkurentów.
 IV. Zawsze jeden z konkurentów odnosi korzyści z tej relacji.

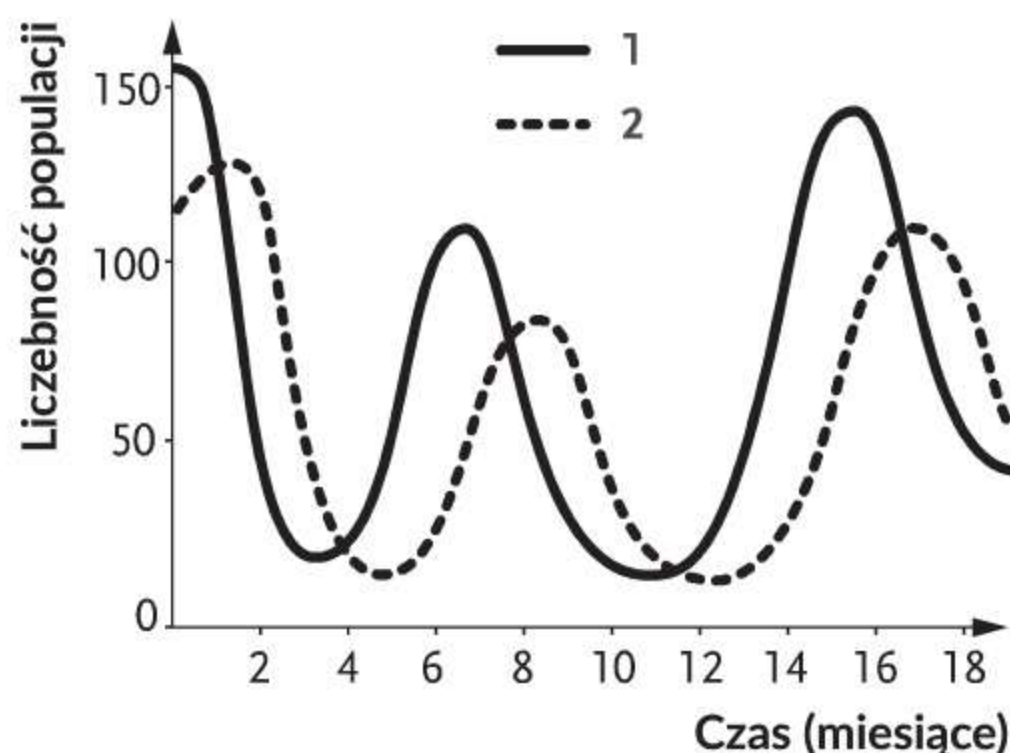
Zadanie 8.

Poniżej przedstawiono zdania dotyczące pasożytów wewnętrznych. **Wskaż zdanie nieprawdziwe.**

- A. Pasożyt przebywa przez długi czas w organizmie swojego żywiciela.
 B. Pasożyt jest zazwyczaj znacznie mniejszy od żywiciela.
 C. Pasożyt zwykle nie zabija swego żywiciela.
 D. Pasożyt nigdy nie doprowadza do osłabienia i spadku kondycji ofiary.

Zadanie 9.

Na wykresie pokazano zmiany liczebności osobników dwóch populacji.



a) Określ, jaki typ zależności przedstawiono na rysunku.

- A. Konkurencję. B. Pasożytnictwo. C. Mutualizm. D. Drapieżnictwo.

b) Wskaż odpowiedź dotyczącą krzywej, która odpowiada liczebności ofiary.

- A. 1. B. 2. C. 1 i 2. D. Żadna.

**Zadanie 10.**

Oddziaływania między gatunkami mogą być antagonistyczne, nieantagonistyczne lub neutralne.

Przyporządkuj do definicji (A–C) właściwy termin spośród (I–IV).

- A. relacja między osobnikami należącymi do tego samego gatunku lub różnych gatunków o podobnych wymaganiach
 B. oddziaływanie między osobnikami różnych gatunków, konieczne do przeżycia obu organizmów
 C. relacja między osobnikami różnych gatunków, niekonieczna do ich życia, ale ułatwiająca im przeżycie

- I. protokooperacja II. konkurencja III. mutualizm IV. drapieżnictwo

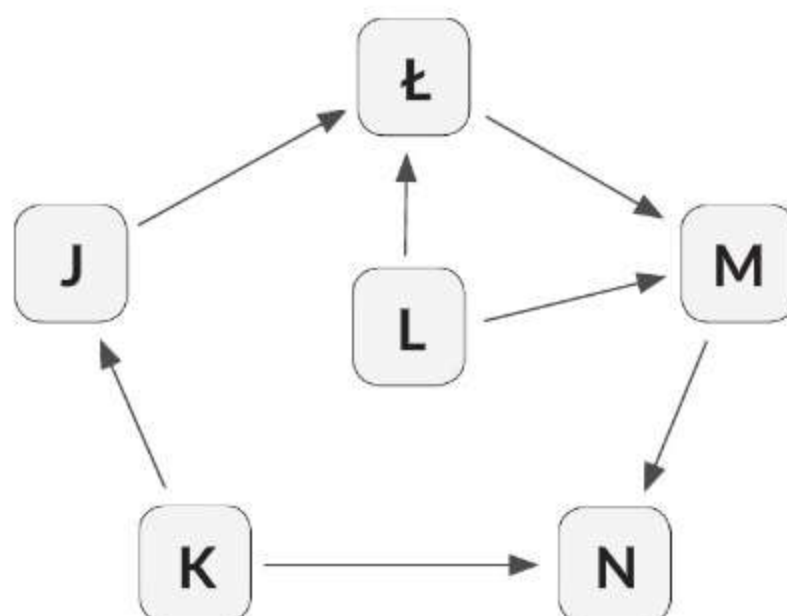
Zadanie 11.

Wskaż wszystkie przykłady nieantagonistycznych relacji międzygatunkowych.

- A. Słonecznik i kaniańka.
 B. Groch i bakterie brodawkowe.
 C. Żyto i buławinka czerwona.
 D. Brzoza i koźlarz babka.
 E. Dąb szypułkowy i sosna.
 F. Koza i orzęski.

Zadanie 12.

Na schemacie pokazano sieć zależności pokarmowych. Literami oznaczono poszczególne gatunki organizmów. **Wskaż litery, które odpowiadają producentom.**

**Zadanie 13.**

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Konsumenci I rzędu to

- A. organizmy żywiące się innymi organizmami, ich szczątkami lub rozkładające materię organiczną.
- B. organizmy żywiące się wyłącznie martwą materią organiczną.
- C. organizmy żywiące się wyłącznie pokarmem roślinnym.
- D. wyłącznie organizmy mięsożerne.

Zadanie 14.

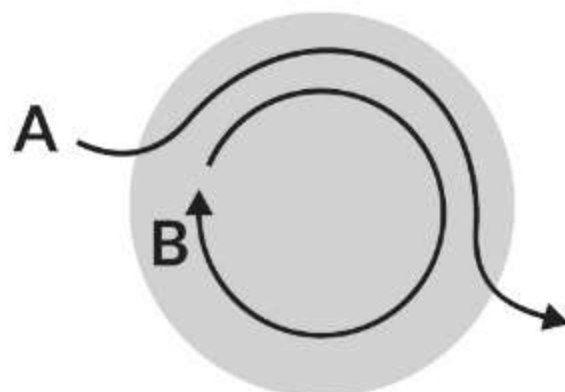
Wskaż poprawne dokończenie zdania.

W sieci pokarmowej bakterie saprotroficzne zalicza się do

- A. producentów.
- B. drapieżników.
- C. destruentów.
- D. roślinożerców.
- E. pasożytów.

Zadanie 15.

Na rysunku przedstawiono uproszczony schemat ekosystemu. Która strzałka ilustruje przepływ energii przez ekosystem? A może ilustrują go obie strzałki?



Wskaż poprawną odpowiedź.

- I. A
- II. B
- III. A i B

4

Różnorodność biologiczna – przejawy, użytkowanie i ochrona

Dzień Ziemi
to wydarzenie
obchodzone
jednocześnie na
całym świecie.

Prawie połowa
polskiej wolnej
populacji żubrów
znajduje się
w Puszczy
Białowieskiej.

Żubr
(*Bison bonasus*)
podlega w Polsce
ściślej ochronie
gatunkowej.



22 Abiotyczne czynniki środowiska

Z tej lekcji dowiesz się:

- czym różnią się warunki życia w wodzie i na lądzie;
- jak organizmy są przystosowane do życia w różnych środowiskach;
- jak oddziałują na siebie czynniki środowiska i co z tego wynika.

Czynniki abiotyczne na lądzie i w wodzie

Dwa główne środowiska życia organizmów – lądowe i wodne – różnią się przede wszystkim dostępnością wody, a ponadto wieloma innymi czynnikami, np. zakresem temperatury, zawartością tlenu i dwutlenku węgla, dostępem do światła, ilością soli mineralnych, zakwaszeniem (odczynem pH), gęstością, a także stopniem oddziaływania innych czynników, np. ciśnienia.

Organizmy żyjące na lądzie muszą często zmagać się z niedoborem wody oraz znacznymi wahaniami temperatury (powietrze szybko się nagrzewa i szybko oddaje ciepło). Warunki środowiska wodnego są względnie stałe, np. woda wolno się nagrzewa, ale i wolno oddaje ciepło. Środowisko wodne różni się od lądowego także

znaczą gęstością, co sprawia, że organizmy w nim żyjące muszą pokonać większy opór. Różne warunki obu środowisk wpływają na anatomiczne i fizjologiczne przystosowania zasiedlających je organizmów.

Wpływ światła, temperatury, wilgotności i dwutlenku siarki na organizmy

Rozwój i istnienie każdego gatunku są zależne od czynników, których w środowisku jest najmniej w stosunku do potrzeb organizmów. Są to tzw. **czynniki ograniczające**.

Światło (promieniowanie słoneczne) to podstawowe źródło energii, warunkujące procesy życiowe wielu organizmów, głównie roślin. Roślinom światło jest niezbędne do przeprowadzania fotosyntezy, warunkuje porę kwitnienia i wydawania owoców.

PORÓWNANIE NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW ŚRODOWISKA LĄDOWEGO I WODNEGO

Czynnik środowiska	Środowisko lądowe	Środowisko wodne
gęstość	mała	duża (prawie 800 razy większa niż na lądzie)
zawartość tlenu	21%	ok. 3,5%
zawartość dwutlenku węgla	ok. 0,04%	ok. 1,7%
wahania temperatury	bardzo duże (od -89,2 do +56,7°C)	niewielkie
warunki świetlne	bardzo dobre	ilość światła zmniejszająca się wraz z głębokością

Wpływ czynników abiotycznych na ekosystem

Czynniki abiotyczne kształtują biotop i mają wpływ na życie roślin oraz zwierząt, które go zamieszkują. Decydują o tym, jaki ekosystem powstanie na danym terenie. Wszelkie zmiany czynników nieożywionych wpływają na funkcjonowanie ekosystemu. Mogą doprowadzić nawet do zahamowania rozwoju organizmów.



1 Światło, promieniowanie słoneczne to podstawowe źródło energii na Ziemi. Warunkuje proces fotosyntezy. Jest czynnikiem decydującym o rytmie życia roślin i zwierząt.

2 Temperatura decyduje o występowaniu organizmów na Ziemi. Jej zróżnicowanie zależne od szerokości geograficznej oraz sezonowe i dobowe wahania wpływają na rozmieszczenie organizmów.

3 Wiatr umożliwia rozprzestrzenianie się nasion i zarodników wielu gatunków roślin oraz przyspiesza parowanie wody, np. z roślin, co z kolei wpływa na pobór wody i soli mineralnych z gleby.

4 Opady, ich ilość i związana z tym dostępność wody wpływają na cykle życiowe organizmów.

5 Woda to konieczny do życia składnik każdego organizmu i środowisko życia wielu z nich. Jest niezbędna do przebiegu wszystkich procesów życiowych.

6 Podłoże, gleba jest miejscem życia wielu owadów, bakterii, bezkręgowców i grzybów. Rodzaj gleby decyduje o gatunkach roślin występujących na danym terenie.



▲ W środowisku wodnym światło dociera tylko do pewnej głębokości. Wpływa to na rozmieszczenie roślin wodnych

Od długości dnia zależy także aktywność układu hormonalnego regulującego m.in. cykl rozwojowy zwierząt, ich zachowanie się i rozród.

Temperatura otoczenia jest niezmiernie ważnym czynnikiem oddziałującym na organizmy. Przystosowaniem (adaptacją) do dużych wahań temperatury jest stałocieplność ptaków i ssaków, dzięki której zachowują one stałą temperaturę ciała bez względu na temperaturę otoczenia. Ssaki na okres zimy zmieniają futro (jego barwę, gęstość), ptaki mają wówczas więcej piór puchowych. Zwierzęta jesienią zwiększają warstwę tłuszczu pod skórą – robią tak np. zające, jelenie, lisy, wilki, sarny. Niektóre zapadają w sen zimowy (np. niedźwiedzie, borsuki), a jeszcze inne migrują w cieplejsze rejony. Z kolei zwierzęta żyjące na obszarach, na których panuje bardzo niska temperatura otoczenia, mają grubą warstwę podskórną tłuszczu (np. foki, niedźwiedzie polarne) i wielowarstwową sierść (np. pieśce, niedźwiedzie polarne).

Adaptacją do wysokiej temperatury u stałocieplnych ssaków są np. bogato ukrwione, duże małżowiny uszne występujące u fenka i zająca wielkouchego – zwie-



▲ Gady, jako kręgowce zmiennocieplne, wygrzewają się w promieniach słonecznych, aby podnieść temperaturę ciała

rząt żyjących na pustyni, lub pocenie się (np. koń, człowiek), ziajanie (np. psowate) bądź zapadanie w sen letni na okres dużych upałów (np. gryzonie). Znaczne wahania temperatury na lądzie mocno oddziałują na zwierzęta zmiennocieplne, np. płazy i gady.

Wilgotność – jej niedobór jest szczególnie odczuwany przez organizmy żyjące w środowiskach suchych, takich jak pustynie. Wiele roślin lądowych jest przystosowanych do ograniczania strat wody, np. mają liście przekształcone w ciernie.

Zwierzęta lądowe mają powłoki ciała, które ograniczają utratę wody. Stawonogi wykształciły chitynowy pancerz, gady – skórę pokrytą łuskami, ptaki – ciało pokryte piórami, a ssaki – włosami (sierścią).

Ważnym abiotycznym czynnikiem ograniczającym życie organizmów są gazy zawarte w powietrzu: tlen, dwutlenek węgla. Powietrze zawiera też inne gazy, np. dwutlenek siarki (SO_2), które w zbyt wysokich stężeniach są szkodliwe dla istot żywych.

Tlen jest ważnym czynnikiem dla organizmów oddychających tlenowo – dla większości roślin, zwierząt, grzybów, protistów oraz wielu bakterii. Brak tlenu w środowisku, np. w zbiornikach wodnych

■ Czynniki wpływające na rozmieszczenie gatunków

Istotnymi dla życia organizmów abiotycznymi czynnikami ograniczającymi na lądzie są temperatura, światło i woda (wilgotność).

TEMPERATURA



Z nastaniem zimy **borsuk** zasypia w swojej norze. W czasie zimowego snu korzysta z nagromadzonego tłuszczu w organizmie.

Błaszki liściowe szarotki są pokryte kutnerem (włoskami), który chroni roślinę przed zimnem, zbyt dużym parowaniem, a także silnym promieniowaniem słonecznym.



ŚWIATŁO



Oczy kreta żyjącego pod ziemią uległy redukcji i nie są wrażliwe na światło.

Wiele roślin lądowych do prawidłowego rozwoju wymaga miejsc silnie nasłonecznionych. Są to rośliny światłolubne, np. słonecznik, stokrotka, kukurydza.

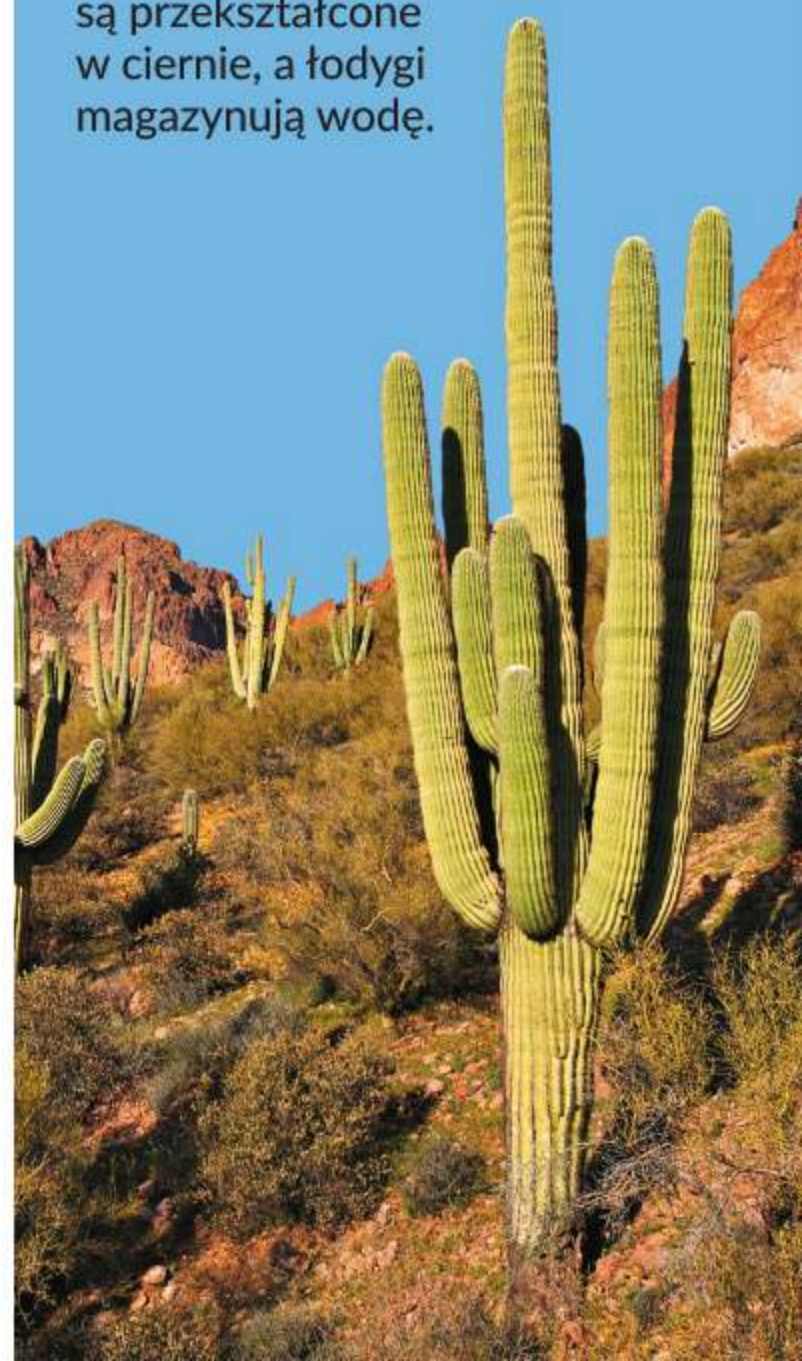


WODA



Wielbłądy mogą obchodzić się bez wody całymi tygodniami, gdyż bardzo oszczędnie nią gospodarują: nie pocą się i nie tracą jej z odchodami. W garbach wielbłądów jest zgromadzony tłuszcz, którego rozkład dostarcza wody.

Aby zapobiec utracie wody, **liście kaktusów** są przekształcone w ciernie, a łodygi magazynują wodę.



silnie zanieczyszczonych ściekami, staje się istotnym czynnikiem ograniczającym występowanie wielu organizmów.

Dwutlenek węgla (CO_2) to uboczny produkt procesu oddychania. Gaz ten jest niezbędny roślinom do życia – zużywają go podczas fotosyntezy do tworzenia cukrów. CO_2 stanowi istotne źródło węgla, będącego podstawowym elementem budowy związków organicznych. W wodzie tworzy kwas węglowy, a w takiej postaci jest gorzej przyswajany przez rośliny.

Dwutlenek siarki (SO_2) to gaz wprowadzany do atmosfery podczas wybuchów wulkanów oraz w wyniku działalności człowieka. Powstaje m.in. w wyniku spalania zanieczyszczonych siarką paliw stałych (np. węgla) w elektrowniach i elektrociepłowniach oraz spalania paliw płynnych w silnikach spalinowych. W dominującym stopniu przyczynia się do powstawania **kwaśnych opadów**. Kwaśne opady negatywnie oddziałują na rośliny, zwierzęta

i całe ekosystemy. Kontakt z powietrzem zawierającym SO_2 powoduje u ludzi podrażnienie górnych dróg oddechowych, nieżyty oskrzeli i choroby płuc, zaostrza objawy astmy, wpływa też negatywnie na układ krążenia.

Powiązania między czynnikami środowiska

Czynniki abiotyczne oddziałują na organizmy, a organizmy wpływają na czynniki abiotyczne. Przykładem takiego oddziaływania jest tworzenie gleby. Powstaje ona na okruchach skalnych przy udziale organizmów. Obumierające organizmy są rozkładane i tworzą warstwę próchniczną. Pogrubiająca się warstwa gleby daje miejsce do życia wielu mikroorganizmom, które przyczyniają się do obiegu pierwiastków w przyrodzie. Innym przykładem takich powiązań może być zasiedlanie przez glony butelki wypełnionej wodą z wodociągu, stojącej na parapecie. Na wewnętrznych



▲ W wyniku wybuchu wulkanu do atmosfery przedostają się ogromne ilości SO_2

ścianach butelki po jakimś czasie tworzy się zielony nalot. Gdyby zbadać zawartość tlenu i dwutlenku węgla w wodzie świeżo nalanej do butelki, a następnie po pojawieniu się nalotu, to okazałoby się, że jest ona różna. Glony zasiedlające wodę przeprowadzają fotosyntezę i wzbogacają ją o tlen. Organizmy wpływają na środowisko, w którym żyją. Wprowadzają do niego związki chemiczne w postaci odchodów, obumarłych szczątków, gazów (CO_2 w wyniku oddychania czy O_2 w procesie fotosyntezy). W efekcie skład chemiczny atmosfery, gleby, wody czy dna morskiego w dużym stopniu zależy od organizmów

tam bytujących. Przejawem tego obopólnego wpływu abiotycznych i biotycznych czynników środowiska może być także stopniowe przekształcenie się stawu w las. Najpierw zbiornik wodny się zamula i wypłyca, po jakimś czasie staje się bagnem, a później łąką lub lasem.

Także elementy przyrody nieożywionej oddziałują na siebie. Wysoka temperatura przyspiesza parowanie wody. Ujemna temperatura powoduje jej zamarzanie, w wyniku czego powstaje lód, który rozsadza twarde skały. Okruchy skalne pod wpływem wody i temperatury z czasem zamieniają się w piasek.

ZAPAMIĘTAJ

- Środowisko lądowe różni się od wodnego wartościami wielu czynników, m.in. ilością dostępnej wody, gęstością, ilością tlenu i dwutlenku węgla, zakresem zmian wartości temperatury, ilością docierającego światła słonecznego.
- Czynniki abiotyczne, które w dużym stopniu wpływają na organizmy, to: światło, temperatura otoczenia, wilgotność (dostępność wody), tlen, dwutlenek węgla, a także dwutlenek siarki (SO_2).
- Zróżnicowanie warunków życia w wodzie i na lądzie sprawia, że oba środowiska zamieszkują organizmy odpowiednio przystosowane pod względem budowy i czynności życiowych.
- Czynniki abiotyczne i biotyczne oddziałują na siebie nawzajem.

POLECENIA

1. Porównaj środowisko lądowe i wodne pod względem trzech wybranych czynników abiotycznych.
2. Wykaż na wybranych przykładach wpływ temperatury na budowę, czynności życiowe i zachowanie zwierząt.
3. Opisz, w jaki sposób organizmy przystosowały się do warunków panujących w ekosystemach ubogich w wodę.
4. Wykaż na wybranym przykładzie, że organizmy zmieniają środowisko abiotyczne.

23 Tolerancja ekologiczna.

Skala porostowa

Z tej lekcji dowiesz się:

- dlaczego niektóre gatunki występują w ściśle określonych miejscach, a inne prawie wszędzie;
- jak reagują różne organizmy na zmienne wartości danego czynnika, np. wody w środowisku;
- w jaki sposób można rozpoznać, czy powietrze w miejscu zamieszkania jest wolne od tlenków siarki.

Tolerancja ekologiczna organizmów

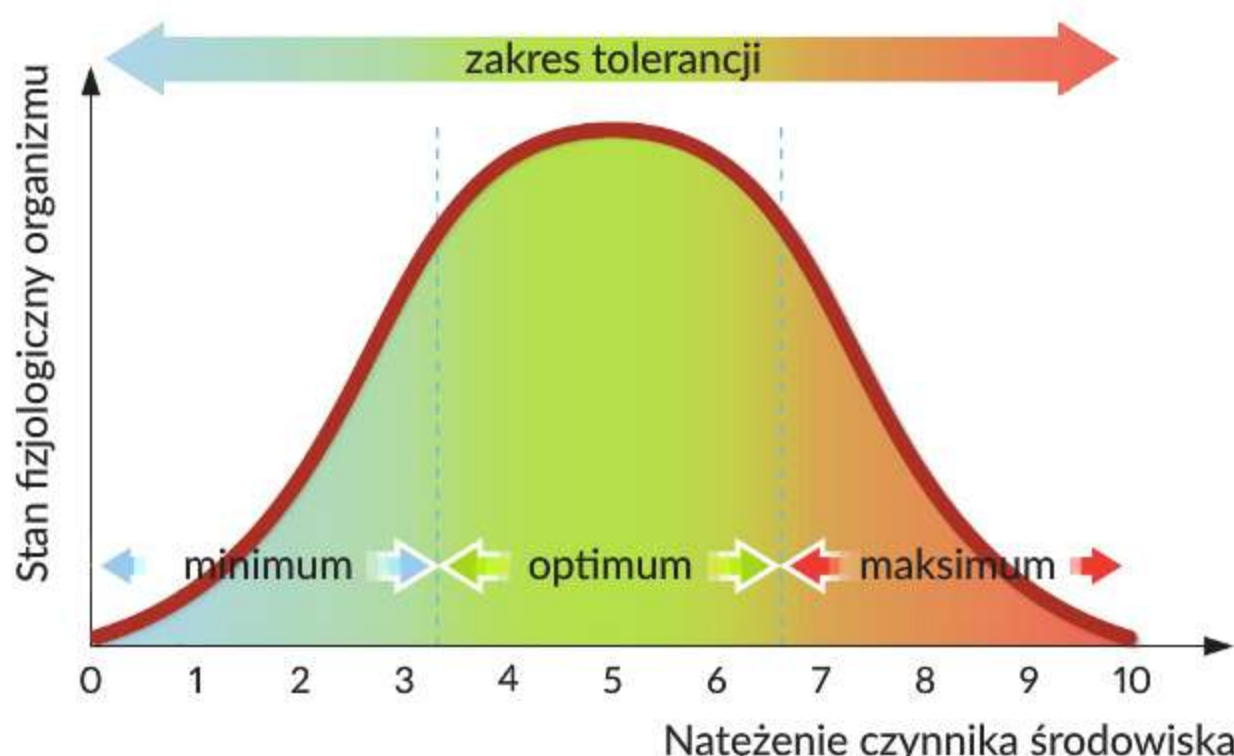
Każdy organizm (gatunek) ma swoje specyficzne miejsce życia. Przestrzeń, którą zajmuje, wraz z zespołem czynników abiotycznych (klimatyczno-glebowych) umożliwiających jego życie nazywamy **siedliskiem**. Dla sowy, dzika, mchu czy sarny siedliskiem jest las, dla koniczyzny, pasikonika – łąka, a dla zająca, żyta czy pszenicy – pole uprawne.

Na osobniki żyjące w środowisku działają różnorodne czynniki abiotyczne, których wartości ulegają większym lub mniejszym zmianom. Zdolność przystosowania się organizmów do zmian czynników abiotycznych nazywamy **tolerancją eko-**

logiczną. Jeśli czynniki środowiska osiągną zbyt niskie lub zbyt wysokie wartości, nieprzystosowany do nich organizm ginie. Na przykład mech torfowiec występuje na bagnach, porasta tereny podmokłe, przesycone wodą. Gdy przeniesiemy go na tereny suche, pozbawione wody, zginie. Z kolei popularny w ogrodach rozchodnik okazały wymaga podłoża suchego. Zbyt często podlewany zamiera.

Zakres zmienności czynnika, w którego granicach organizm może przeżyć, nazywamy jego **zakresem tolerancji ekologicznej**.

Zakres tolerancji organizmu w stosunku do danego czynnika środowiska jest



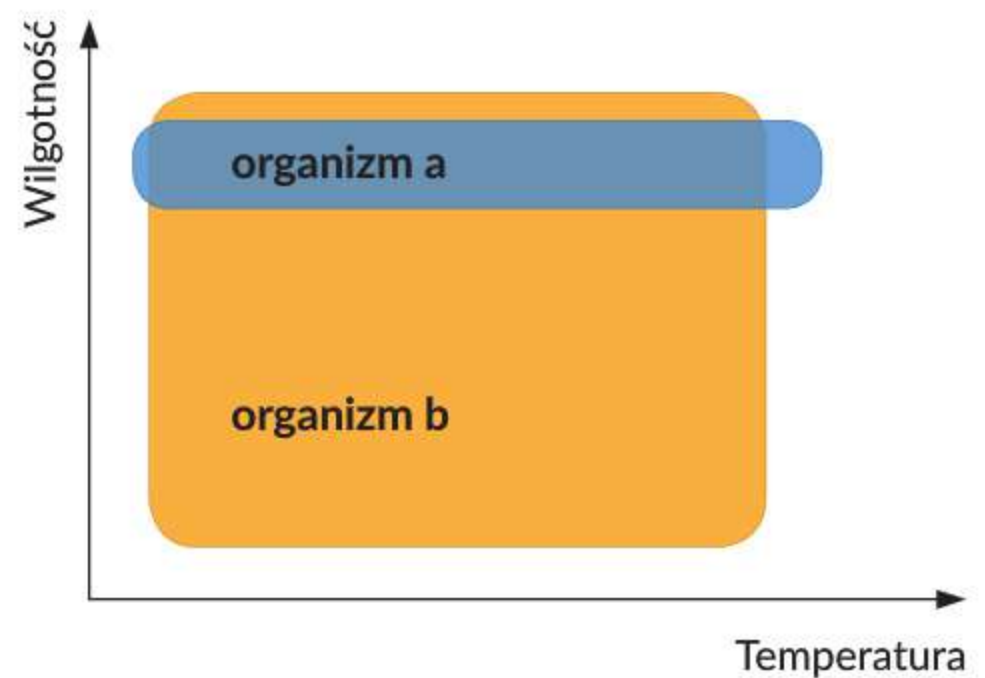
▲ Możliwość życia organizmów w danym środowisku wyznaczają dwie skrajne wartości działającego czynnika: minimum i maksimum

określony przez jego **najniższą (minimum)** i **najwyższą (maksimum)** wartość. Najkorzystniejsze dla funkcjonowania organizmu są wartości średnie, określane jako **optymalne**. Wartości mniejsze lub większe od optymalnych są dla organizmu niekorzystne, a ich przekroczenie powoduje jego śmierć.

Szeroki i wąski zakres tolerancji ekologicznej organizmów

Niektóre gatunki mają **szeroki zakres tolerancji ekologicznej**. To znaczy, że lepiej się przystosowują do zmian danego czynnika lub zespołu czynników środowiska i dlatego obszar ich występowania jest rozległy. Inne gatunki mają **wąski zakres tolerancji ekologicznej** w odniesieniu do danego czynnika lub czynników, co sprawia, że mają ograniczony zasięg występowania. Organizmy mające szeroki zakres tolerancji pod względem danego czynnika nazywamy **eurybiontami**, natomiast organizmy mające wąski zakres tolerancji wobec danego czynnika nazywamy **stenobiontami**.

Przykładami organizmów o szerokim zakresie tolerancji wobec temperatury są wróbel domowy i gołąb. Spotykamy je pra-



▲ Organizm może wykazywać różną tolerancję wobec różnych czynników środowiska, np. organizm a ma szeroką tolerancję pod względem temperatury, ale wąską pod względem wilgotności

wie wszędzie na kuli ziemskiej. Organizmy te łatwo przystosowują się do zmieniającej się temperatury otoczenia. Wróbel dobrze znosi zimowe spadki temperatury oraz letnie upały. Żyje w Polsce przez cały rok, podczas gdy chociażby jaskółka oknówka licznie występuje tylko od kwietnia do połowy października i nie pozostaje w Polsce na zimę. Podobnie jak bociany i wiele innych gatunków ptaków odlatuje na okres zimy.

Dla większości roślin optimum temperatury przypada między 20° a 30°C. Takie warunki przez cały rok występują tylko w strefie klimatu równikowego.

■ Zakres tolerancji temperatury

Zakres tolerancji temperatury dla morskich ślimaków należących do rozkolców, żyjących m.in. w Morzu Śródziemnym, wynosi od 5°C do 30°C. W wodzie o temperaturze tuż poniżej 5°C i tuż powyżej 30°C nie są spotykane w naturze. Najlepiej funkcjonują, gdy woda ma temperaturę 17–20°C – to ich zakres optymalny.

Z rozkolców uzyskiwano w starożytności barwnik – purpurę.



Skutki tolerancji ekologicznej

Wynikiem różnej tolerancji ekologicznej na temperaturę jest geograficzne rozmieszczenie populacji trzech gatunków lisów: piesca, lisa rudego i fenka pustynnego.



- Piesiec, lis polarny, to gatunek występujący na obszarach na północ od kręgu polarnego. Małe małżowiny uszne, przez które traci mało ciepła, oraz gruba sierść świadczą o jego przystosowaniu do życia na obszarach o niskiej temperaturze.
- Lis rudy należy do zwierząt o szerokim zasięgu występowania. Występuje na całej półkuli północnej od koła podbiegunowego północnego do Ameryki Środkowej i stepów Azji.
- Fenek pustynny występuje na suchych i pustynnych terenach Afryki Północnej. Duże małżowiny uszne pomagają mu w wypromieniowywaniu ciepła z przebiegających przez nie naczyń krwionośnych.

W strefie umiarkowanej niekorzystny okres zimowy rośliny mogą przetrwać dzięki zrzucaniu liści (drzewa, krzewy) lub zamieraniu nadziemnych części (byliny).

Gatunki wskaźnikowe

Gatunki o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej na określone warunki środowiska są nazywane **gatunkami wskaźnikowymi (bioindykatorami)**. Obecność gatunków wskaźnikowych świadczy o występowaniu i działaniu w środowisku danego czynni-

ka w granicach tolerowanych przez roślinę wskaźnikową. Wiedza na temat wymagań życiowych poszczególnych organizmów w zakresie określonych czynników środowiska oraz tolerancji na różne rodzaje zanieczyszczeń jest wykorzystywana do analiz określających np. stan środowiska. W Polsce do badania stanu czystości wody wykorzystuje się planktonowe skorupiaki (rozwiłtiki), rośliny (pałki szerokolistną i wąskolistną), glony (np. chlorellę), a także ryby (np. pstrągi).

■ Rośliny wskaźnikowe

Obecność lub brak pewnych gatunków roślin określa właściwości środowiska, np. kwasowość czy wilgotność gleby.

GLEBY KWAŚNE



różanecznik



WRZOS

Rosnące w naszych ogrodach różaneczniki, wrzosi, wrzośce oraz tuje do prawidłowego wzrostu i rozwoju wymagają kwaśnej gleby. Należy o tym pamiętać przy ich sadzeniu.

GLEBY ZASOBNE W AZOT



gwiazdnica

GLEBY ZASOBNE W WAPŃ



mak polny

Gleby zasobne w sole azotu porastają pokrzywa zwyczajna oraz gwiazdnica pospolita. Na glebach bogatych w wapń rosną ostróżeczka polna, mak polny, jaskier polny.

GLEBY SUCHE



naparstnica

GLEBY WILGOTNE



niecierpek

Na glebach suchych rosną naparstnica i mak piaskowy, a dużo wilgoci w glebie potrzebują np. niecierpek pospolity, zawilec gajowy, cyprysnik błotny, olcha.

Porosty a ilość dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym

Znanym sposobem na ustalenie stanu zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki jest obserwacja porostów. Określone gatunki porostów są wrażliwe na obecność tego związku, więc są klasycznym przykładem bioindykatorów. Na podstawie obecności poszczególnych gatunków porostów, a także wyglądu i rozmiarów ich plechy można ocenić poziom stężenia dwutlenku siarki w powietrzu atmosferycznym.

Dość duże stężenie tego związku tolerują jedynie porosty skorupiaste, np. misecznica proszkowata. Jeśli powietrze jest mniej zanieczyszczone, można zaobserwować porosty o plesze listkowatej przylegającej do pnia, np. złotorost postrzępiony. W terenie o niższym stężeniu dwutlenku siarki rosną gatunki porostów krzaczkowatych, np. mąklik otrębiasty. Plechy niektórych z nich, np. brodaczki zwyczajnej czy odnożycy jesionowej, są dość sztywne, opadające i rozgałęzione.



Skala porostowa

Skala porostowa ukazuje gatunki porostów charakterystyczne dla poszczególnych stref ośrodka miejskiego i okolic zanieczyszczonych dwutlenkiem siarki. Za jej pomocą, dzięki obserwacji typów plech porostów rosnących np. na korze drzew (głównie liściastych), można ocenić skalę zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki na danym terenie.



STREFA I

Skażenie powietrza przekracza $170 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

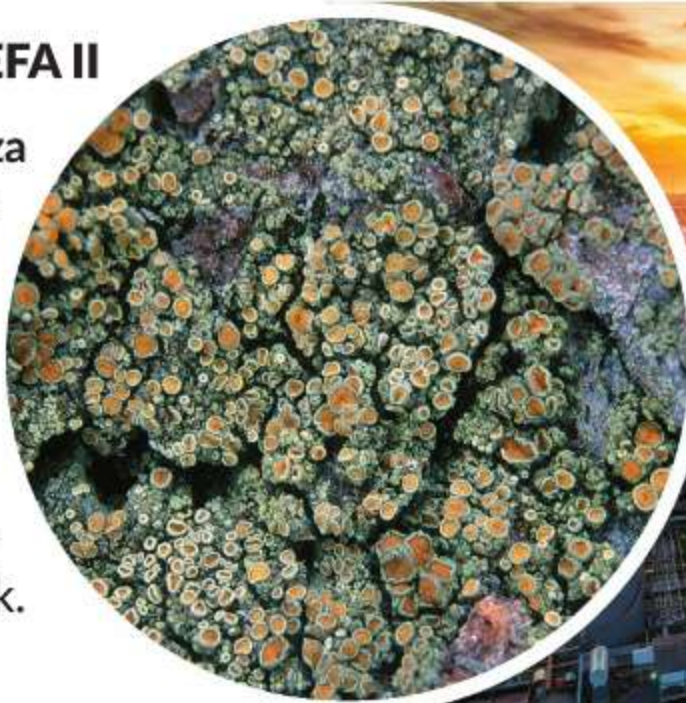
Powietrze **bardzo silnie zanieczyszczone**. Całkowity brak nadrzewnych porostów, tzw. pustynia porostowa. Na pniach mogą występować jedynie glony.

glony, np. pierwotek

STREFA II

Skażenie powietrza pozostaje w granicach $170-100 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze **silnie zanieczyszczone**. Na korze drzew występują jedynie najodporniejsze porosty o skorupiastych plechach przypominających proszek.



misecznica proszkowata

STREFA III

Skażenie powietrza pozostaje w granicach $99-70 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze **bardzo zanieczyszczone**. Na korze pni drzew występują porosty skorupiaste i pojawiają się porosty o listkowatych plechach.



złotorost postrzępiony

STREFA IV

Skażenie powietrza pozostaje w granicach $69-50 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze średnio zanieczyszczone. Na korze pni drzew pojawiają się porosty o drobnych, listkowatych plechach.



tarczownica bruzdkowana

STREFA V

Skażenie powietrza pozostaje w granicach $49-40 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze mało zanieczyszczone. Drzewa porośnięte wieloma gatunkami porostów o listkowatych plechach i nielicznymi porostami krzaczkowatymi.



mąklik otrębiasty

STREFA VI

Skażenie powietrza pozostaje w granicach $39-30 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze nieznacznie zanieczyszczone. Pnie i gałęzie drzew pokryte gęstym kożuchem różnorodnych porostów o krzaczkowatych plechach.



brodaczka nadobna

STREFA VII

Skażenie powietrza poniżej $30 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$

Powietrze czyste. Licznie występują okazałe porosty o zwisających, krzaczkowatych i listkowatych plechach. Takie obszary są rzadkie w Polsce.



granicznik płucnik

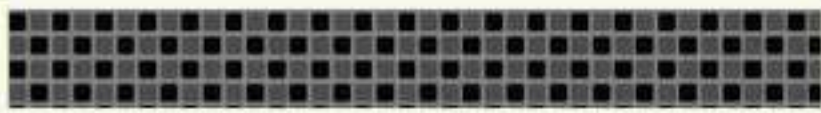
ZBADAJ

Obserwacja grzybów porostowych w środowisku – jako wskaźników zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki.

Materiały: notatnik, długopis.

Przebieg obserwacji:

1. Zapoznaj się z informacją na temat roli porostów jako organizmów wskaźnikowych.
2. Zaobserwuj, jakie formy porostów występują w twojej okolicy. Na podstawie tekstu, zamieszczonej skali porostowej oraz swoich obserwacji określ, jakie stężenie dwutlenku siarki jest – przypuszczalnie – w powietrzu w twojej okolicy (małe, średnie czy duże). W której strefie znajduje się punkt twojej obserwacji?
3. Jeśli w pobliżu miejsca twojego zamieszkania działa zakład przemysłowy, który przyczynia się do zwiększenia stężenia dwutlenku siarki w powietrzu, to porównaj formy porostów w jego okolicy z formami porostów w najbliższym lesie lub parku.
4. Przerysuj poniższą tabelę do zeszytu i zapisz w niej swoje spostrzeżenia.

I. MIEJSCE OBSERWACJI	II. FORMA POROSTÓW	III. STĘŻENIE DWUTLENKU SIARKI W POWIETRZU
		

ZAPAMIĘTAJ

- Siedlisko to przestrzeń występowania określonego gatunku, na który oddziałuje zespół czynników abiotycznych (klimatyczno-glebowych) umożliwiających jego życie.
- Tolerancja ekologiczna to zdolność przystosowania się organizmu do określonych wartości działającego czynnika.
- Zakres tolerancji to przedział wartości czynnika, w którym organizm jest zdolny do życia. Każdy organizm ma określony zakres tolerancji ekologicznej w stosunku do danego czynnika środowiska.
- Możliwość życia organizmów w określonym środowisku wyznaczają dwie skrajne wartości tolerancji ekologicznej: minimum i maksimum. Najkorzystniejsze dla organizmu są wartości średnie (optymalne) czynnika.
- Niektóre gatunki mają szeroki zakres tolerancji ekologicznej wobec wielu czynników (eurybionty), a inne gatunki mają wąski zakres tolerancji ekologicznej (stenobionty).
- Gatunki o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej na określone warunki środowiska są nazywane gatunkami wskaźnikowymi.

POLECENIA

1. Wyjaśnij, co to jest zakres tolerancji ekologicznej organizmów.
2. Podaj po jednym przykładzie gatunku o wąskim i o szerokim zakresie tolerancji ekologicznej i zanalizuj ich zakresy tolerancji wobec jednego czynnika abiotycznego.
3. Wyjaśnij, w jaki sposób jest wykorzystywana wiedza o gatunkach wskaźnikowych.

24 Odnawialne i nieodnawialne zasoby przyrody

Z tej lekcji dowiesz się:

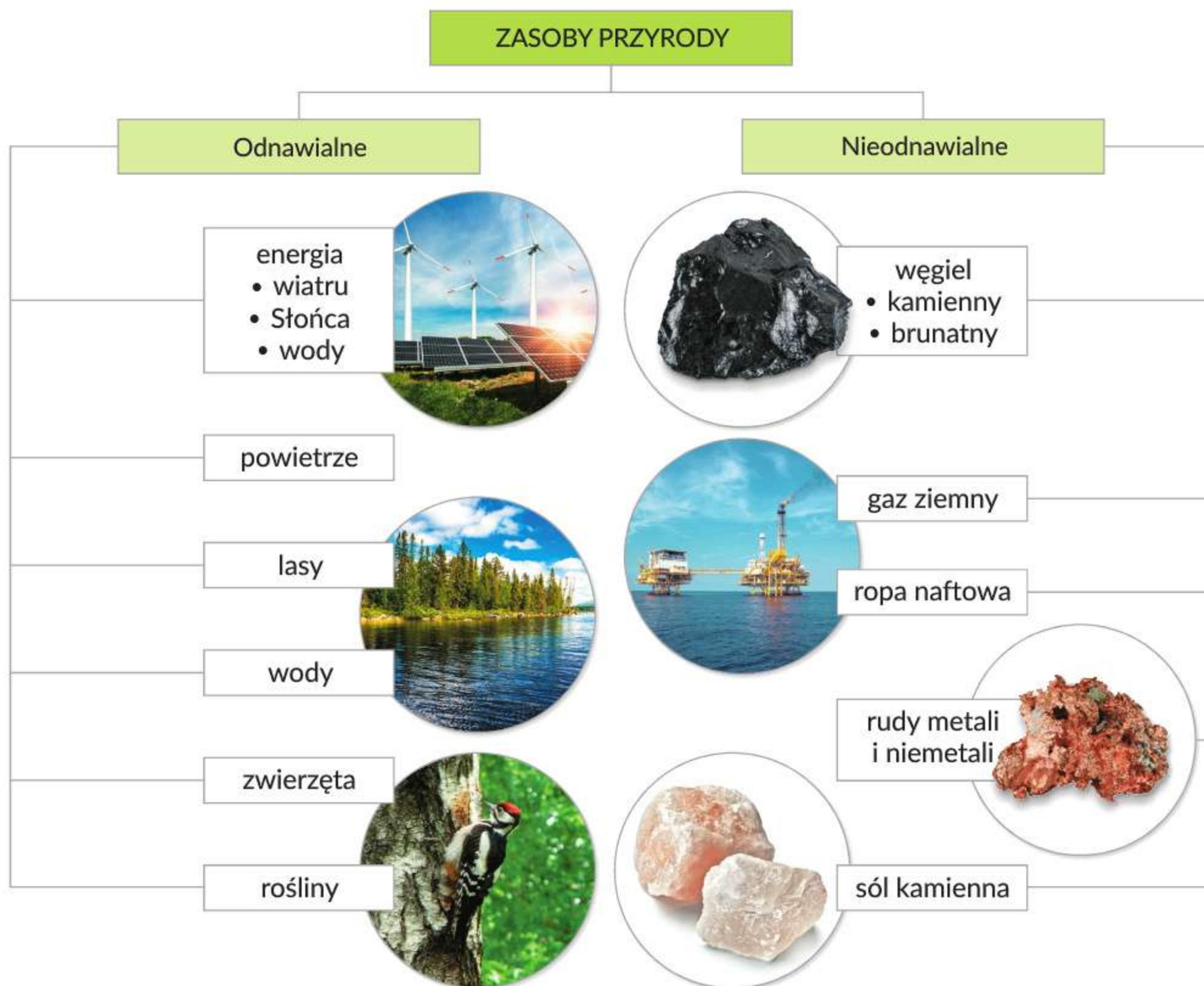
- co to są zasoby przyrody;
- co to znaczy, że zasoby przyrody są odnawialne lub nieodnawialne;
- jaki wpływ na człowieka może mieć wyczerpanie się zasobów nieodnawialnych;
- w jaki sposób człowiek pozyskuje energię z odnawialnych zasobów przyrody;
- na czym polega gospodarowanie zasobami przyrody zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

Zasoby przyrody

Zasoby przyrody, inaczej zasoby naturalne lub bogactwa naturalne, to wszystkie składniki materii i energii wykorzystywane przez człowieka. Zasoby naturalne każdy z nas wykorzystuje codziennie i na każdym kroku – gdy spożywamy posiłek, bierzemy prysznic, jedziemy samochodem lub auto-

bussem, oddychamy, ogrzewamy dom, oglądamy telewizję. Ze względu na odnawialność zasoby naturalne można podzielić na **nieodnawialne i odnawialne**.

Zasobami nieodnawialnymi nazywamy te zasoby, których wykorzystanie powoduje stałe i bezpowrotne ich ubywanie, prowadzące do całkowitego wyczerpania.



Zalicza się do nich surowce mineralne występujące w postaci:

- stałej, np. węgiel kamienny i brunatny, rudy metali (Cu, Zn, Pb) i niemetalu (S), sól kamienna;
- płynnej, np. ropa naftowa, wody mineralne;
- gazowej, np. gaz ziemny.

Nieodnawialność surowców mineralnych wynika z długiego czasu ich powstawania – np. proces powstawania węgla kamiennego rozpoczął się 300 mln lat temu. Surowce te nie mogą więc odtworzyć się w krótkim czasie. Przy założeniu obecnej wielkości wydobycia i ewentualnego wzrostu zapotrzebowania na surowce znaczna część ważnych obecnie surowców mineralnych stanie się bardzo kosztowna, a wielu z nich może po prostu zabraknąć.

Zasoby odnawialne to takie, które mimo użytkowania ulegają samoodtwarzaniu w toku naturalnych procesów zachodzących na Ziemi. Zalicza się do nich powietrze, atmosferę, wody, gleby, lasy, rośliny, zwierzęta oraz energię pozyskiwaną ze Słońca, z wiatru, wody i głębi Ziemi.

Zasada zrównoważonego rozwoju

Zrównoważony rozwój polega na gospodarowaniu zasobami środowiska w taki sposób, aby osiągnąć możliwie największe trwałe korzyści z bieżącej produkcji i plynów. Zakłada jednak korzystanie z ekosystemów tak, aby ich zdolności produkcyjne mogły zaspokoić potrzeby nie tylko obecnych, ale też przyszłych pokoleń.

Ponieważ większość zasobów przyrody nieożywionej należy do zasobów nieodnawialnych, powinno się wykazywać szczególną dbałość o racjonalne gospodarowanie tymi zasobami.

Jak oszczędzać zasoby nieodnawialne

Zanim zapalisz żarówkę w swoim pokoju czy włączysz dowolne urządzenie elektryczne, zastanów się, skąd pochodzi prąd, który je zasila. Prosta odpowiedź na to pytanie brzmi: z elektrowni.

Elektrownia węglowa to zakład przemysłowy, który wytwarza energię elektryczną w wyniku spalania paliw kopalnych – węgla kamiennego lub brunatnego.

■ Zrównoważony rozwój

Podstawowymi założeniami koncepcji rozwoju zrównoważonego są troska o przyszłe pokolenia oraz integrowanie działań gospodarczych i społecznych z myślą o ochronie środowiska.



■ Źródła energii

Elektrownie wykorzystujące odnawialne źródła energii nie wydzielają do atmosfery szkodliwych gazów. Obecnie na świecie tylko ok. 17% energii pochodzi ze źródeł odnawialnych. W Polsce ta wartość to prawie 10%.

NIEODNAWIALNE

Elektrownie wykorzystujące paliwa kopalne

- Energia jest wytwarzana w wyniku spalania paliw kopalnych, których ilość w środowisku naturalnym jest ograniczona – kiedyś ulegną wyczerpaniu.
- Podczas przetwarzania węgla kamiennego, gazu ziemnego i ropy naftowej powstaje duża ilość dwutlenku węgla – jednego z głównych gazów cieplarnianych; powstają też tlenki siarki, które są przyczyną kwaśnych opadów.
- W Polsce ok. 90% energii pochodzi z paliw kopalnych.



ODNAWIALNE

Baterie słoneczne (fotoogniwa)

W ogniwie słonecznym następuje przemiana energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną. Fotoogniwa są stosowane np. w elektrowniach słonecznych, kalkulatorach.



Elektrownia wodna

Energia płynącej wody napędza turbiny w elektrowniach wodnych i jest przetwarzana na energię elektryczną.

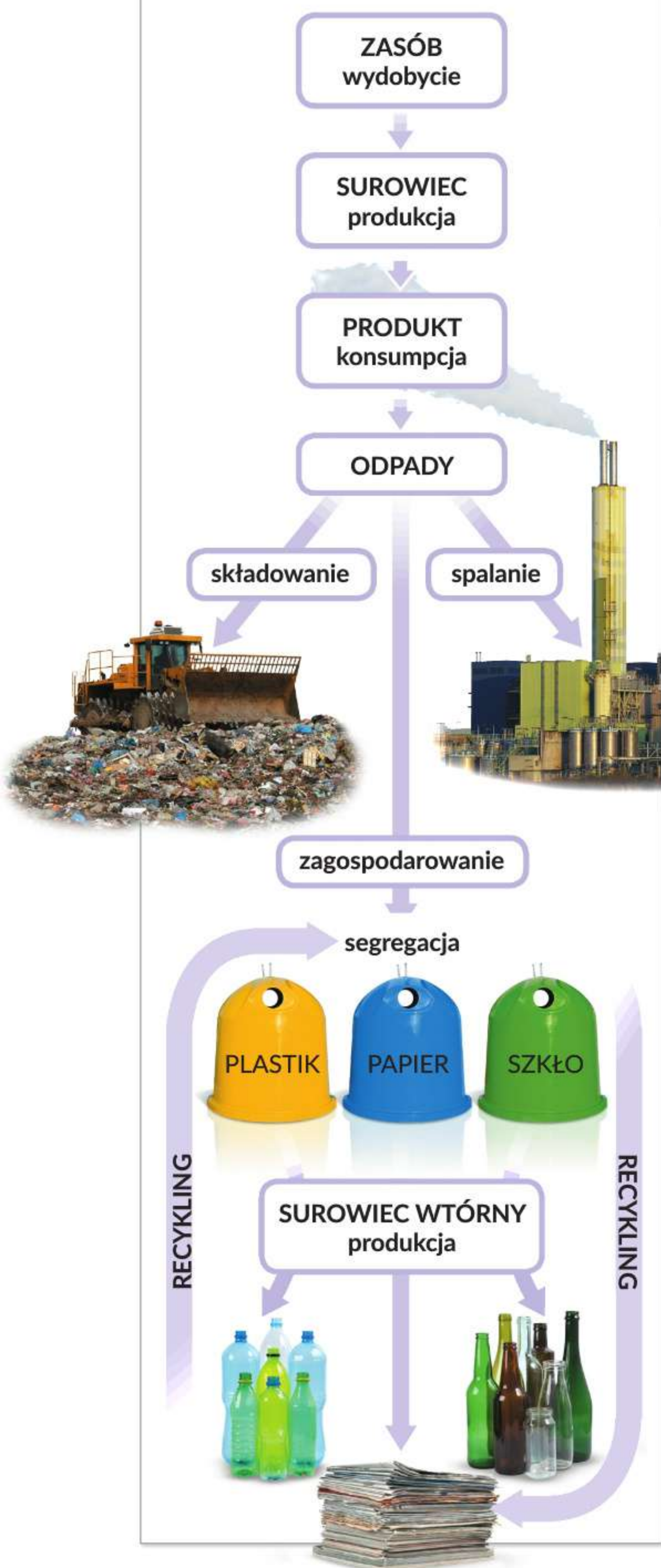


Elektrownia wiatrowa

Energia wiatru jest zamieniana w energię elektryczną w turbinach wiatrowych.



■ Powstawanie i zagospodarowywanie odpadów



W krajach, w których zasoby naturalne węgla i gazu ziemnego są na wyczerpaniu, korzysta się z odnawialnych źródeł energii (OZE), np. elektrowni wodnych, wiatrowych, energii słonecznej, geotermalnej. Energia geotermalna to ciepło z głębi ziemi, nagromadzone w skałach i wodach wypełniających szczeliny skalne, pozyskiwane w postaci gorącej wody lub pary wodnej.

W Polsce energię pozyskuje się głównie ze spalania węgla oraz gazu.

Aby prowadzić oszczędną gospodarkę nieodnawialnymi surowcami mineralnymi, należy w większym stopniu wykorzystywać odnawialne źródła energii.

Odpady

Użytkowanie zasobów wiąże się z wytwarzaniem odpadów. Ważny wpływ na środowisko ma sposób gospodarowania tymi odpadami. Odpady komunalne składowuje się na wysypiskach, spala, ale też poddaje **recyklingowi**, czyli procesowi, który prowadzi do odzyskania surowców i ponownego ich wykorzystania przy jak najmniejszym wkładzie energetycznym. Jego podstawą jest właściwa selekcja odpadów, a następnie ich przetworzenie na nowe produkty i ponowne wykorzystanie w maksymalnym stopniu.

Każdy z nas może mieć wpływ na gospodarkę odpadami. Podstawową zasadą jest unikanie wytwarzania odpadów i zakupu rzeczy niepotrzebnych, a także wypożyczanie sprzętu potrzebnego na krótki czas. Można też wymieniać się sprzętem i rzeczami używanymi. Wreszcie należy sortować odpady gromadzone codziennie w gospodarstwach domowych, by móc wykorzystać je ponownie. Opakowania szklane mogą być przetwarzane nieskończoną ilość razy, a np. odzyskanie zużytej puszki

aluminiowej pozwoli oszczędzić 95% nakładów energii w porównaniu z produkcją nowej. Opakowania z tworzyw sztucznych dzięki sortowaniu mogą stać się nowymi opakowaniami przy obniżonym wydatkowaniu energii.

Sposoby oszczędzania wody w gospodarstwie domowym

Statystyczny mieszkaniec miasta w Polsce zużywa przeciętnie 150 dm³ wody dziennie, co stanowi w przybliżeniu pojemność średniej wanny. Dostępność wody pitnej z roku na rok jest coraz mniejsza, dlatego należy nią oszczędnie gospodarować. Każdy człowiek, nawet w małej skali własnego gospodarstwa domowego, może przyczynić się do ochrony środowiska przyrodniczego poprzez oszczędne gospodarowanie wodą.

Jak możesz gospodarować wodą w sposób oszczędny? Naprawić kapiący kran, którym dziennie wypływa bezużytecznie 55 litrów wody, co w skali roku daje 20 tysięcy litrów. Przez jedną nieszczelną spłuczkę w toalecie ubywa każdego dnia

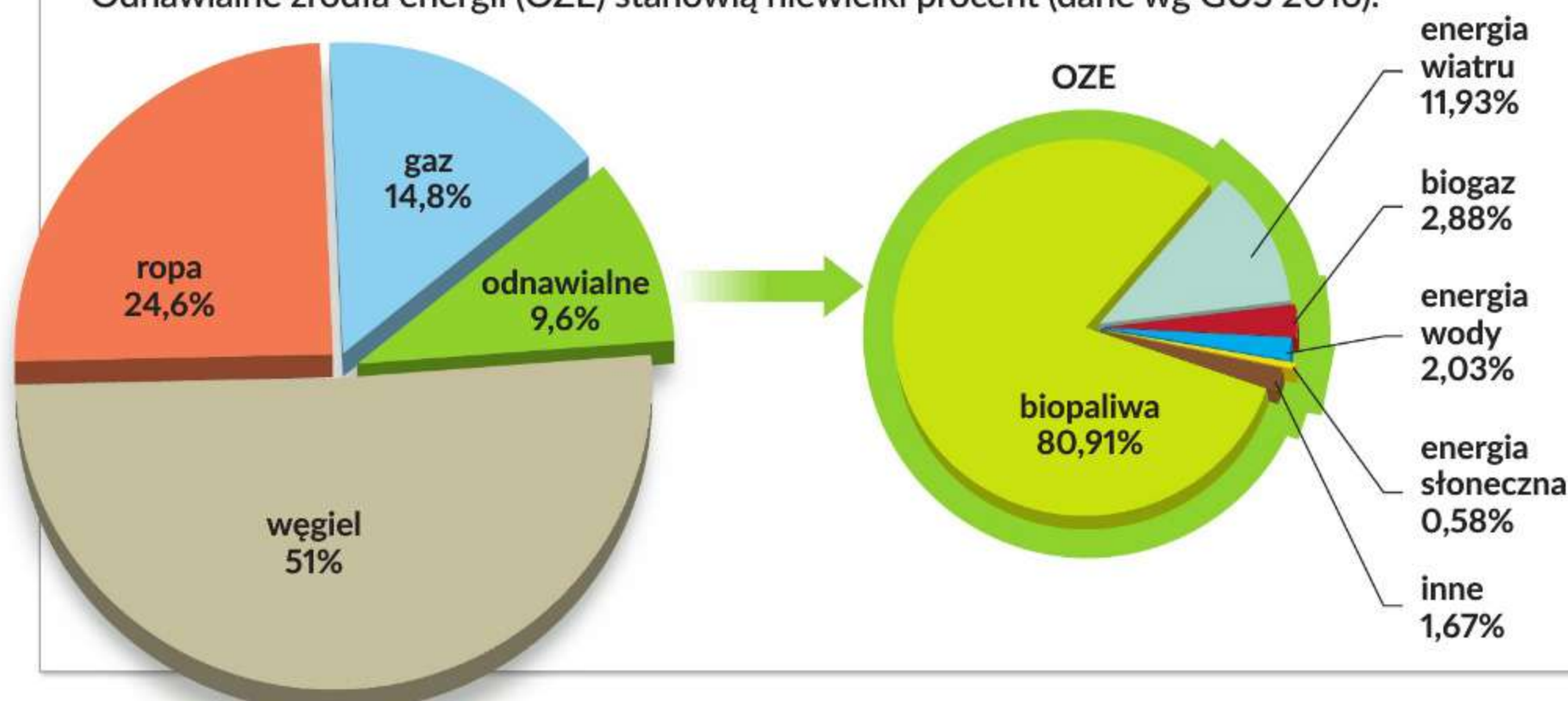
1000 litrów wody, a w skali roku 365 tysięcy litrów. Są to olbrzymie straty nie tylko dla środowiska, ale także dla budżetu domowego. Racjonalne gospodarowanie wodą to również korzystanie z natrysku zamiast kąpieli w wannie, zmywanie naczyń w wypełnionym ciepłą wodą zlewie, a nie pod wodą bieżącą. Każdego dnia warto zastanowić się, jak nasze wybory i decyzje wpływają na jakość otaczającego nas środowiska.

Sposoby racjonalnego gospodarowania energią elektryczną

Im więcej zużywamy energii elektrycznej, tym więcej surowca należy spalić w elektrowniach, a przy okazji wyemitować do atmosfery kolejne porcje trujących gazów i pyłów. Gdy zostawisz włączony telewizor, radio lub inne urządzenie, zadaj sobie pytanie – ile to kosztuje? Zastanów się również nad tym, czy takie postępowanie jest zgodne z zasadą zrównoważonego korzystania z zasobów środowiska.

Zużycie energii w Polsce

Dominującym źródłem energii w Polsce są paliwa kopalne (węgiel, ropa i gaz). Odnawialne źródła energii (OZE) stanowią niewielki procent (dane wg GUS 2016).



■ Jak korzystać z energii cieplnej i elektrycznej w sposób oszczędny?

- Wyłączaj zbędne oświetlenie.
- Wyłączaj urządzenia elektroniczne pozostawione w trybie czuwania (stan ten sygnalizuje świecąca się dioda).
- Nie włączaj pralki automatycznej, jeśli nie jest zapełniona.
- Pierz w temperaturze 60°C, a nie w 90°C (w ten sposób oszczędzasz aż 30% energii).
- Często odmrażaj lodówkę czy zamrażarkę (dzięki temu zaoszczędzisz do 2% energii).
- Ustaw lodówkę w chłodnym i przewiewnym miejscu.
- Zadbaj o uszczelnienie okien w twoim domu lub mieszkaniu (pozwoli to zwiększyć temperaturę w pomieszczeniach o 2–3°C).
- Dbaj o to, aby podczas gotowania, smażenia itp. płomień gazu nie był większy niż powierzchnia dna naczynia.

ZAPAMIĘTAJ

- Nieodnawialne zasoby przyrody to takie jej bogactwa, których użytkowanie powoduje ich wyczerpanie. Są nimi: węgiel kamienny, węgiel brunatny, ropa naftowa i gaz ziemny, a także pierwiastki promieniotwórcze oraz złoża surowców mineralnych i skalnych.
- Z nieodnawialnych zasobów przyrody należy rozważnie korzystać, gdyż ich złoża są ograniczone i nie ma ich zbyt wiele.
- Odnawialne zasoby przyrody to te zasoby, które ulegają ciągłemu odnowieniu. Należą do nich: rośliny, zwierzęta, powietrze, woda, gleba, a także energia wiatru, wody, Słońca.
- Wszystkimi zasobami przyrody należy gospodarować racjonalnie, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

POLECENIA

1. Przedstaw podział zasobów przyrody i podaj ich krótką charakterystykę na wybranych przykładach.
2. Wyjaśnij, dlaczego z nieodnawialnych zasobów przyrody należy racjonalnie korzystać.
3. Podaj przykłady pozyskiwania energii z odnawialnych zasobów przyrody.
4. Wyjaśnij, co to znaczy, że zasobami przyrody należy gospodarować zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.
5. Opisz sposoby, dzięki którym możemy przyczynić się do racjonalnego gospodarowania nieodnawialnymi zasobami przyrody.

25 Różnorodność biologiczna. Gospodarcze użytkowanie ekosystemów

Z tej lekcji dowiesz się:

- co to jest różnorodność biologiczna i w jaki sposób się przejawia;
- dlaczego zachowanie różnorodności biologicznej na kuli ziemskiej jest ważne;
- jak człowiek korzysta z różnorodności biologicznej;
- w jaki sposób użytkuje się ekosystemy wodne i lądowe.

Co to jest różnorodność biologiczna?

Pod pojęciem różnorodności biologicznej kryje się całe bogactwo życia na Ziemi: świat zwierząt, roślin, grzybów, bakterii i protistów.

Zróżnicowanie przyrody żywej dotyczy wszystkich poziomów jej organizacji, a więc **ekosystemowego, gatunkowego i genetycznego**. Jest związane z różnorodnością środowisk życia oraz zależności między poszczególnymi organizmami, ich populacjami i gatunkami.

Różnorodność ekosystemów spotykanych na świecie jest ogromna. Należą do nich ekosystemy lądowe, morskie i słod-

kowodne. Przykładem ekosystemów lądowych są różne typy lasów, np. iglasty, liściasty lub mieszany. W zależności od lokalnych warunków środowiska nieożywionego, czyli warunków klimatycznych i ukształtowania powierzchni, na danym terenie dominuje jeden ekosystem albo wykształca się wiele ekosystemów.

Ekosystemy różnią się od siebie pod względem składu gatunków i ich liczby, czyli pod względem różnorodności gatunkowej.

Różnorodność gatunkową określa się na podstawie liczby gatunków przypadających na jednostkę powierzchni. Najmniej gatunków występuje na terenach pustynnych,



▲ Rafa koralowa – przykład ekosystemu z bardzo dużą różnorodnością gatunkową



▲ Pustynia – przykład ekosystemu z bardzo małą różnorodnością gatunkową

■ Poziomy różnorodności biologicznej

Różnorodność biologiczna oznacza bogactwo żywej części środowiska, którego jesteśmy częścią. Obejmuje zróżnicowanie ekosystemów, gatunków i genów.

Różnorodność ekosystemów
to bogactwo ekosystemów, siedlisk życia, charakteryzujące określony obszar. Rzadko można wyznaczyć wyraźne granice między ekosystemami. Na zdjęciu obok widać ekosystemy gór, lasu, rzeki.



Różnorodność gatunkowa
to bogactwo gatunków występujących w danym ekosystemie.



Różnorodność genetyczna
to zróżnicowanie osobników w obrębie gatunku, zależne od kombinacji genów.



niewiele spotyka się ich w tundrze oraz na stepie. Największe bogactwo gatunków cechuje wilgotny las równikowy oraz rafy koralowe.

Różnorodność genetyczna dotyczy zróżnicowania genetycznego osobników należących do populacji jednego gatunku. Przedstawiciele tego samego gatunku różnią się wyglądem, zachowaniem oraz właściwościami fizjologicznymi i biochemicznymi. Duże zróżnicowanie genetyczne warunkuje prawidłowy rozwój populacji i czyni ją odporną na niekorzystne czynniki zewnętrzne, również chorobotwórcze. Odpowiednio duża liczebność danej

populacji gwarantuje przekazanie kolejnym pokoleniom różnorodnego materiału genetycznego, który ma wpływ np. na zdolności przystosowania się do zmieniających się warunków środowiska. Ponadto nowe kombinacje genów chronią przed ujawnieniem się zmutowanych alleli recesywnych i występowaniem chorób genetycznych.

Sposoby użytkowania ekosystemów

Różnorodność biologiczna jest źródłem zasobów, dzięki którym zaspokajamy podstawowe potrzeby życiowe, ale też – dla wielu z nas – źródłem doznań estetycznych.



Wykorzystywanie gospodarcze ekosystemów

WYKORZYSTANIE EKOSYSTEMÓW LEŚNYCH

Drewno z lasów stanowi ważny surowiec do produkcji mebli, materiałów budowlanych oraz papieru.



Z ekosystemów leśnych pozyskuje się także żywicę, korę oraz igliwie i szyszki do wyrobu olejków eterycznych.



Oprócz drewna z ekosystemów leśnych pozyskuje się również owoce leśne (borówki, poziomki, maliny) oraz grzyby. Są one wykorzystywane w przemyśle przetwórczym. Stanowią też sezonowe źródło dochodu dla miejscowej ludności.

WYKORZYSTANIE EKOSYSTEMÓW WODNYCH

W oceanie prowadzi się sztuczne hodowle ryb. Stosuje się do tego celu specjalne klatki ograniczone siatką, która pozwala na swobodny przepływ wody, a jednocześnie chroni ryby przed atakami drapieżników.



Morza i oceany – ich głównym bogactwem eksploatowanym przez człowieka są ryby, walenie oraz różne morskie bezkręgowce, m.in. krewetki, homary, langusty, kałamarnice, ośmiornice, ostrygi.



Statkami morskimi i promami przewozi się zarówno pasażerów, jak i towary, głównie te o dużej objętości i masie. Koszt transportu drogą morską jest stosunkowo niski i bezpieczny dla środowiska. Transport wodny śródlądowy odbywa się po rzekach, jeziorach i łączących je kanałach.



Dno morskie obfituje w surowce mineralne. Obecnie wydobywa się z niego przede wszystkim ropę naftową i gaz ziemny. Blisko 30% światowej produkcji paliw płynnych i blisko 15% paliw gazowych pochodzi z odwiertów wykonanych na morzu.

Z ekosystemów człowiek pozyskuje żywność (m.in. mięso, ryby, warzywa), wodę, drewno, surowce energetyczne. Korzysta też z odnawialnych źródeł energii, eksploatuje surowce skalne. Ekosystemy są źródłem substancji dla przemysłu farmaceutycznego, spożywczego, chemicznego. Wiele z nich jest wykorzystywanych w celach turystycznych i wypoczynkowych, np. lasy, rafy koralowe.

Gospodarcze użytkowanie ekosystemów lądowych

Bardzo mało ekosystemów na Ziemi pozostaje pod niewielkim wpływem człowieka. Są to ekosystemy naturalne, np. lasy objęte ochroną ścisłą. W inne ekosystemy człowiek po części ingeruje, np. kosi łąki. Jeszcze inne tworzy w celu użytkowania, np. pole uprawne, sad, staw rybny hodowlany.

Lasy to źródło przede wszystkim drewna wykorzystywanego w przemyśle drzewnym. Surowiec drzewny stanowi podstawę ważnych dziedzin gospodarki: budownictwa, przemysłu meblarskiego

i celulozowo-papierniczego. Dawniej, aby zwiększyć pozyskiwanie drewna, sadzono lasy gospodarcze, w których przeważał jeden gatunek drzewa (zwykle sosna lub świerk), czyli tworzone monokultury. Dzisiaj nie sadi się monokultur, lecz lasy wielogatunkowe, a gatunki roślin starannie dobiera się do warunków glebowych i klimatycznych panujących na danym obszarze. Lasy dostarczają też owoców, ziół, grzybów, żywicy. Niektóre owoce, nasiona i kwiaty oraz kora drzew są stosowane w lecznictwie. Lasy to także siedlisko życia dzikich zwierząt.

Pole uprawne jest ekosystemem stworzonym przez człowieka, na którym rosną sadzone lub zasiane określone gatunki roślin, np. zboża, rośliny okopowe, oleiste. Obecnie wzrost plonów uzyskuje się głównie dzięki stosowaniu na ogromną skalę różnorodnych substancji chemicznych w postaci nawozów mineralnych i środków ochrony roślin. **Chemiczne środki ochrony roślin (pestycydy)** są przeznaczone do zwalczania owadów i grzybów niszczących

WARTO WIEDZIEĆ

Wielorybnictwo

Niekontrolowane połowy wielorybów i innych dużych waleni spowodowały w drugiej połowie XX w. drastyczny spadek liczebności niektórych gatunków, m.in. płetwa błękitny, finwala, sejwala i humbaka. W 1986 r. Międzynarodowa Komisja Wielorybnicza (IWC) wprowadziła zakaz wielorybnictwa w celach zarobkowych. Mimo zakazu, niektóre państwa (m.in. Norwegia i Japonia), pod pozorem badań naukowych, kontynuują komercyjne połowy tych morskich ssaków.



płetwal błękitny

3 m



finwal

3 m



sejwal

3 m

uprawy oraz chwastów. Jednak ich nadmiar i niewłaściwe stosowanie mogą być szkodliwe dla człowieka i innych organizmów. Okazuje się, że niektóre pestycydy wykazują szersze działanie, niż przewidywano, np. zabijają nie tylko mszyce, lecz także pszczoły. Współczesne rolnictwo przyczynia się do spadku różnorodności biologicznej. Dążenie do wzrostu produkcji rolnej powoduje zastępowanie lokalnych, odpornych na miejscowe zagrożenia odmian roślin nowymi, bardziej wydajnymi odmianami. Są one zwykle mniej odporne i wymagają stosowania większej ilości chemicznych środków ochronnych.

Gospodarcze użytkowanie ekosystemów wodnych

Zwierzęta morskie dostarczają ok. 15% białka zwierzęcego spożywanego przez ludzi, dlatego w światowej produkcji żywności szybko rośnie udział organizmów morskich pochodzących z hodowli w strefie brzegowej. Z wielu organizmów morskich pozyskiwane są substancje używane do produkcji cennych leków. Do takich organizmów zalicza się np. morską pęche-

rzykowatą, występującą również w Morzu Bałtyckim – wykorzystuje się go w przemyśle farmaceutycznym i kosmetycznym.

Zwierzęta żyjące w morzach i oceanach są odławiane często z naruszeniem zasad etycznych i wbrew porozumieniom międzynarodowym.

W wyniku intensywnych połowów nastąpił spadek zasobów niektórych ryb, w tym sardynek pacyficznych oraz dorszy i śledzi w Morzu Północnym. Niestety, mimo zmniejszenia limitów połowowych populacje tych ryb nie odbudowały się wystarczająco. Dlatego ważne jest monitorowanie zasobów ekosystemów wodnych.

Morza i oceany to również drogi transportu. Rozwój transportu morskiego oraz poszukiwania surowców mineralnych w oceanach okazały się zagrożeniem dla morskich ssaków. Fale dźwiękowe emitowane z użyciem sonarów powodują nawigacyjną dezorientację u niektórych gatunków waleni (np. wielorybów, delfinów), które wypływają na brzeg, zamiast płynąć w głąb oceanów. U innych morskich ssaków hałas zakłóca porozumiewanie się na odległość oraz czynności rozrodcze.

ZAPAMIĘTAJ

- Różnorodność biologiczna to bogactwo form życia na wszystkich poziomach jego organizacji. Obejmuje zróżnicowanie genów, gatunków i ekosystemów.
- Nadmierne użytkowanie zasobów ekosystemów prowadzi do spadku różnorodności biologicznej.
- Zarówno ekosystemy lądowe, jak i wodne są dla ludzi źródłem żywności i surowców mineralnych.
- W wyniku intensywnego użytkowania ekosystemów wodnych nastąpił spadek liczebności zarówno wielu gatunków ryb, jak i ssaków morskich.

POLECENIA

1. Wyjaśnij, co to jest różnorodność biologiczna i na jakich poziomach się przejawia.
2. Opisz sposoby użytkowania ekosystemów wodnych lub lądowych.
3. Uzasadnij na podstawie wybranych przykładów, że sposób użytkowania ekosystemów przez człowieka prowadzi do zmniejszenia różnorodności biologicznej.

26 Zagrożenia i ochrona różnorodności biologicznej

Z tej lekcji dowiesz się:

- jakie działania człowieka zagrażają różnorodności biologicznej;
- dlaczego ważne jest zachowanie różnorodności biologicznej na kuli ziemskiej;
- jakie są sposoby ochrony różnorodności biologicznej;
- czy można chronić różnorodność biologiczną w ekosystemach intensywnie użytkowanych przez człowieka.

Wpływ człowieka na różnorodność biologiczną – zagrożenia

Na terenach intensywnie użytkowanych przez człowieka różnorodność biologiczna drastycznie spada.

Do najważniejszych przyczyn jej utraty można zaliczyć:

- niszczenie i przekształcanie naturalnych siedlisk w wyniku wycinania lasów, osuszania lub nawadniania terenów, zmian sposobu użytkowania rolniczego łąk i pól;
- urbanizację prowadzącą do przerwania łączności ekologicznej (np. blokada sezonowych szlaków migracji godowych zwierząt);
- rozwijający się transport lądowy i morski, powodujący wzrost śmiertelności gatunków wędrownych, których szlaki mi-



▲ W Afryce kłusownicy zabijają nosorożce w celu pozyskania ich rogów, którym przypisuje się niesłusznie właściwości lecznicze

gracyjne zostały poprzecinane trasami komunikacyjnymi (na lądzie dotyczy to wielu płazów i ssaków, w morzach i oceanach – głównie wielkich ssaków morskich);

- zanieczyszczenia chemiczne środowiska wprowadzane do wód, powietrza i gleb przez przemysł i rolnictwo, powodujące wymieranie gatunków o wąskich zakresach tolerancji;
- rabunkowe pozyskiwanie zwierząt (masowe, niekontrolowane odłowy i kolekcjonerstwo) oraz nadmierne i nielegalne zbiory rzadkich roślin (pozyskiwanych z populacji naturalnych dla celów leczniczych, dekoracyjnych czy kolekcjonerskich);
- wprowadzanie do środowiska naturalnego obcych gatunków (inwazyjnych), które wypierają gatunki rodzime.

Wiele dyskusji budzi też wprowadzanie gatunków zmodyfikowanych genetycznie (GMO – od ang. *genetically modified organism*) – organizmów, których DNA zostało zmienione metodami inżynierii genetycznej w celu uzyskania nowych cech.

Dlaczego i jak chronić różnorodność biologiczną

Ochrona różnorodności biologicznej to działania podejmowane w celu zachowania wszystkich elementów przyrody,

■ Zagrożenia różnorodności biologicznej

Bogata różnorodność świata przyrodniczego jest stale niszczona na skutek działalności człowieka. Zajmowanie naturalnych terenów pod uprawy, inwestycje przemysłowe i komunikacyjne, rabunkowa eksploatacja surowców naturalnych (w tym wyrąb lasów), zanieczyszczenie środowiska, nadmierny połów ryb to tylko niektóre czynniki negatywnie wpływające na różnorodność biologiczną.



W kopalniach odkrywkowych, w miejscach po wydobyciu np. węgla brunatnego gromadzi się woda spływająca z przyległych obszarów. To powoduje spadek poziomu wód w całym regionie – wysychają studnie, następuje stepowienie gleby, a to prowadzi do całkowitej degradacji (niszczenia) ekosystemów.

Niszczenie miejsc żerowania i odpoczynku ptaków odbywających wędrówki, np. przez stosowanie środków ochrony roślin lub opryski przeciw komarom, a także spuszczenie ścieków i wrzucanie śmieci do jezior znacznie zwiększa śmiertelność zwierząt. Ptaki wędrowne są w wielu rejonach świata obiektem polowań.



Autostrady podnoszą komfort i bezpieczeństwo podróżujących, jednak negatywnie wpływają na środowisko przyrodnicze. Warto już na etapie planowania ich przebiegu uwzględnić korytarze ekologiczne, którymi przemieszczają się zwierzęta, oraz przejścia dla małych zwierząt pod autostradami (przepusty).



Przekształcenie naturalnego ekosystemu w teren rolniczy powoduje zubożenie gatunkowe, ponieważ rosną tam tylko wybrane rośliny. Pozostałe rośliny i towarzyszące im zwierzęta są traktowane jak chwasty i szkodniki.

np. gatunku, zbiorowiska, ekosystemu, krajobrazu, w miejscach ich naturalnego występowania.

Zachowanie różnorodności biologicznej jest warunkiem dobrostanu ludzkości. Bogactwa przyrody, z których czerpiemy korzyści, to pożywienie, opał, lekarstwa, materiały używane do budowy i okrycia, możliwość wypoczynku czy kontaktu z pięknem przyrody.

Ochrona różnorodności biologicznej jest prowadzona na wiele sposobów, zarówno w skali ogólnoswiatowej, europejskiej, jak i na terenie każdego państwa, województwa, powiatu i gminy.

Polska podpisała wiele konwencji mających na celu ochronę dziko żyjących zwierząt i roślin w ich środowisku przyrodniczym. Jednak równie ważne co przepisy i konwencje są świadomość społeczeństwa, dobra wola i zaangażowanie.

Najlepszą formą ochrony różnorodności biologicznej są formy **ochrony obszarowej**, np. parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerваты przyrody, obszary chronionego krajobrazu, ponieważ pozwalają one na zachowanie całych ekosystemów z ich bo-

gactwem zależności międzygatunkowych. Niezależnie od tego obejmuje się ochroną pojedyncze gatunki zagrożone wyginięciem.

Ochronę gatunków zagrożonych wyginięciem reguluje prawo o **gatunkowej ochronie roślin, zwierząt i grzybów**.

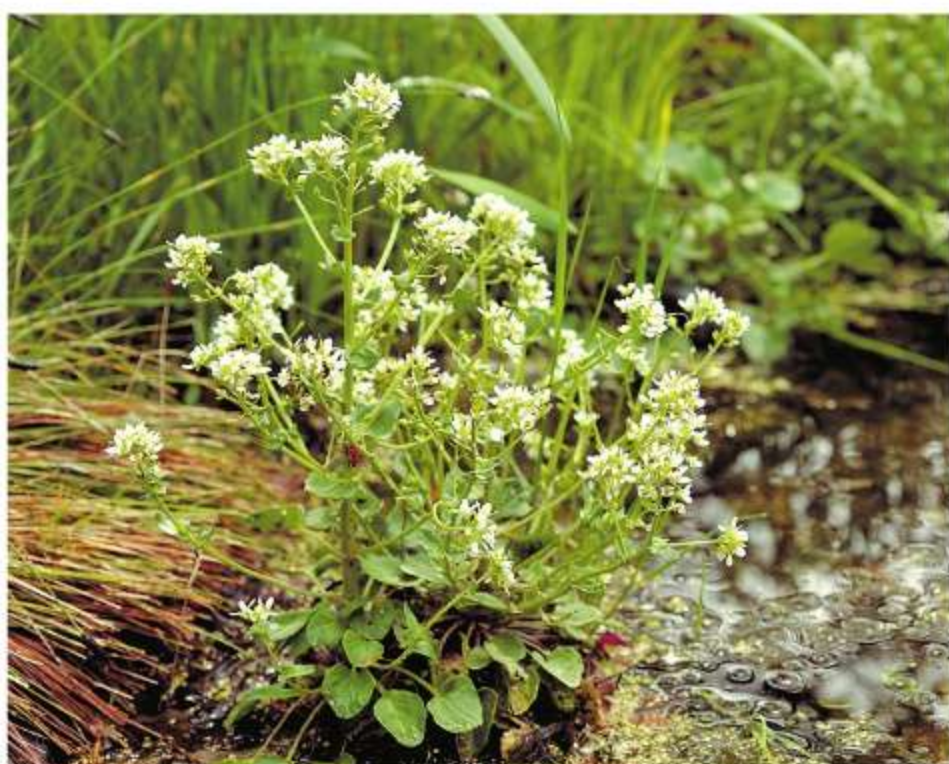
Ochrona gatunkowa ma na celu zapewnienie przetrwania dziko występujących roślin, zwierząt i grzybów oraz ich siedlisk, a także otoczenie ich właściwą opieką. Obejmuje gatunki rzadko występujące, endemiczne (występujące tylko na określonym obszarze), podatne na zagrożenia i zagrożone wyginięciem. Dotyczy też gatunków objętych ochroną na podstawie umów międzynarodowych. Ta forma ochrony przyrody jest prowadzona w celu zachowania różnorodności gatunkowej i genetycznej.

Zagrożony gatunek może być objęty **ochroną ścisłą** lub **ochroną częściową**. Istotą ścisłej ochrony gatunkowej jest zakaz niszczenia, zrywania, ścinania w całości lub w części oraz pozyskiwania organizmów z naturalnych stanowisk. Zabronione są też sprzedaż, kupno oraz wywożenie za

WARTO WIEDZIEĆ

Gwałtowne ubywanie gatunków i zagrożenie wymarciem wielu roślin i zwierząt skłoniły Międzynarodową Unię Ochrony Przyrody i Jej Zasobów (IUCN) do sporządzania list gatunków zagrożonych wyginięciem, umieszczanych w tzw. Czerwonych Księgach. Są to wykazy gatunków wymarłych, ginących, zagrożonych i rzadkich w poszczególnych grupach systematycznych. Czerwone listy i księgi są źródłem informacji wykorzystywanym w systemie monitoringu różnorodności biologicznej. Stanowią podstawę budowania programów ochrony i restytucji gatunków. Światowy Dzień Różnorodności Biologicznej jest obchodzony 22 maja.





▲ Dzięki działalności ogrodów botanicznych w Polsce uratowano np. warzuchę polską – roślinę, której naturalne stanowiska zostały zniszczone

granicę roślin, zwierząt, grzybów objętych prawną ochroną gatunkową. Ochroną częściową objęto gatunki mające znaczenie gospodarcze (lecznicze i przemysłowe). Przepisy dopuszczają pozyskiwanie takich organizmów tylko po uzyskaniu odpowiedniej zgody w Regionalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, w Ministerstwie Środowiska albo w Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska.

Rola ogrodów botanicznych, ogrodów zoologicznych oraz banków genów w zachowaniu różnorodności biologicznej

Dość skuteczną formą ochrony gatunków zagrożonych i ginących jest przeniesienie ich do sztucznie stworzonych siedlisk. Takie działania podejmują **ogrody botaniczne** i **ogrody zoologiczne**. Jeśli warunki na to pozwalają, niektóre rozmnożone w ogrodach gatunki są przenoszone w miejsca podobne do tych, w których kiedyś występowały. Takie postępowanie nazywamy **reintrodukcją**. Ogrody botaniczne i zoologiczne spełniają też funkcje edukacyjne. Stwarzają zwiedzającym moż-



▲ Dzięki wysiłkom ogrodów zoologicznych rysie – jedne z największych drapieżników Europy – po prawie 200-letniej przerwie powróciły na teren Puszczy Kampinoskiej w 1993 r.

liwość poznania różnorodności gatunkowej roślin i zwierząt, a także obserwacji ich zwyczajów.

Inną formą ochrony różnorodności biologicznej są **banki genów**, będące zbiorami nasion i pyłku roślin, plemników i komórek jajowych zwierząt, próbek DNA lub tkanek. Na bazie zgromadzonych materiałów w razie konieczności można odtworzyć ginące w przyrodzie gatunki. W wypadku



▲ Zebrane i dokładnie opisane nasiona różnych gatunków roślin dokładnie się czyści, suszy i zamraża w temperaturze -20°C . W takich warunkach mogą przetrwać nawet kilkadziesiąt lat. Po rozmrożeniu większość z nich jest zdolna do kiełkowania



▲ Grusza komisówka to stara odmiana, której owoce już ponad 100 lat temu zdobyły tytuł najlepszej gruszki świata. Była polecana do uprawy na terenie Polski już w 1909 r.



▲ Zielononóżka kuropatwiana to polska rasa kur wyhodowana na przełomie XIX i XX w. Obecnie występuje w specjalnie chronionych stadach i hodowlach amatorskich

roślin najczęściej są gromadzone nasiona. Celem działalności banków genów jest ochrona przed nieodwracalną utratą zasobów genowych roślin i zwierząt użytkowych. Szczególnym zainteresowaniem takich banków cieszą się nie nowoczesne,

intensywnie użytkowane odmiany, ale dzikie gatunki, odmiany tradycyjne czy miejscowe, które może nie są tak plenne jak odmiany nowoczesne, są jednak odporne na warunki klimatyczne danego obszaru i choroby.

ZAPAMIĘTAJ

- Sposób gospodarowania zasobami przyrody przez człowieka oraz jego działania w środowisku przyczyniają się do spadku różnorodności biologicznej.
- Najlepszą formą ochrony różnorodności biologicznej są formy ochrony obszarowej, ponieważ pozwalają na zachowanie całych ekosystemów z ich bogactwem zależności międzygatunkowych.
- Ogrody botaniczne i ogrody zoologiczne przyczyniają się do ochrony różnorodności biologicznej na wiele sposobów: przez działalność edukacyjną społeczeństwa, a także odtwarzanie i rozmnażanie ginących i zagrożonych gatunków.
- Różnorodność biologiczną i możliwość odtworzenia ginącego gatunku zapewniają banki genów.

POLECENIA

1. Opisz działania człowieka przyczyniające się do spadku różnorodności biologicznej.
2. Wyjaśnij, w jaki sposób ogrody botaniczne i ogrody zoologiczne zapobiegają spadkowi różnorodności biologicznej.
3. Określ, w jaki sposób banki genów przyczyniają się do ochrony różnorodności biologicznej.
4. Uzasadnij konieczność ochrony różnorodności biologicznej.

27 Formy ochrony przyrody w Polsce

Z tej lekcji dowiesz się:

- jakie są formy ochrony przyrody w Polsce;
- czym różni się park narodowy od parku krajobrazowego;
- co to są pomniki przyrody;
- co kryje się pod nazwą Natura 2000.

Formy ochrony przyrody w Polsce

Nieracjonalne korzystanie z zasobów przyrody prowadzi do obniżenia jej różnorodności biologicznej i nieuchronnego zniszczenia. Konieczna jest więc nie tylko ochrona przyrody, lecz także takie jej użytkowanie, które zapewniałoby wszystkim jej zasobom zdolność do naturalnego odtworzenia.

W Polsce istnieją różne formy ochrony przyrody:

- ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów,
- parki narodowe,
- rezerваты przyrody,
- parki krajobrazowe,
- obszary chronionego krajobrazu,
- obszary Natura 2000,
- pomniki przyrody,
- stanowiska dokumentacyjne,

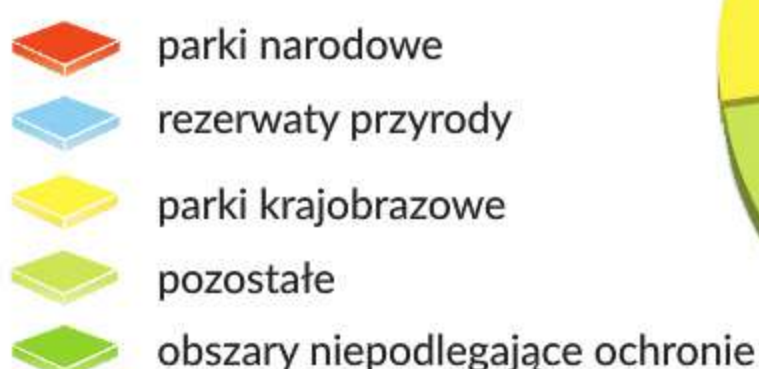
- użytki ekologiczne,
- zespoły przyrodniczo-krajobrazowe.

Ochrona przyrody może przybierać formę bierną i czynną. **Ochrona bierna** nie dopuszcza jakiegokolwiek ingerencji ze strony człowieka, pozostawia przyrodę jej naturalnym mechanizmom. Dotyczy to zwykle mało zmienionych przez człowieka ekosystemów, mających wiele pierwotnych cech. Przykładem realizacji takiej formy ochrony przyrody są rezerваты ściśle. **Ochrona czynna** zakłada podejmowanie działań mających na celu wspomaganie naturalnych mechanizmów rządzących przyrodą, np. usuwanie gatunków inwazyjnych, tworzenie warunków do rozwoju gatunków pożądaných, np. zakładanie budek lęgowych dla ptaków albo koszenie łąk, by szybko rosnące rośliny nie hamowały wzrostu cennych gatunków.

■ Obszary chronione w Polsce

W 2015 r. obszary chronione obejmowały łącznie ok. 32% powierzchni Polski.

W diagramie nie uwzględniono obszarów Natura 2000, ponieważ ich powierzchnia pokrywa się częściowo z powierzchnią innych obiektów chronionych.



■ Przykłady organizmów chronionych

Ochrona gatunkowa organizmów ma na celu zachowanie wszystkich istniejących gatunków organizmów i całej ich puli genowej, a lista chronionych gatunków zwraca uwagę na zagrożenia dla rodzimej fauny i flory. Przyczynia się to do kształtowania w społeczeństwie potrzeby poszanowania roślin, zwierząt i grzybów, a tym samym zachowania ich różnorodności.

Grzyby
i porosty



brodaczka
właściwa



chrobotek
alpejski



ozorek
dębowy

Rośliny



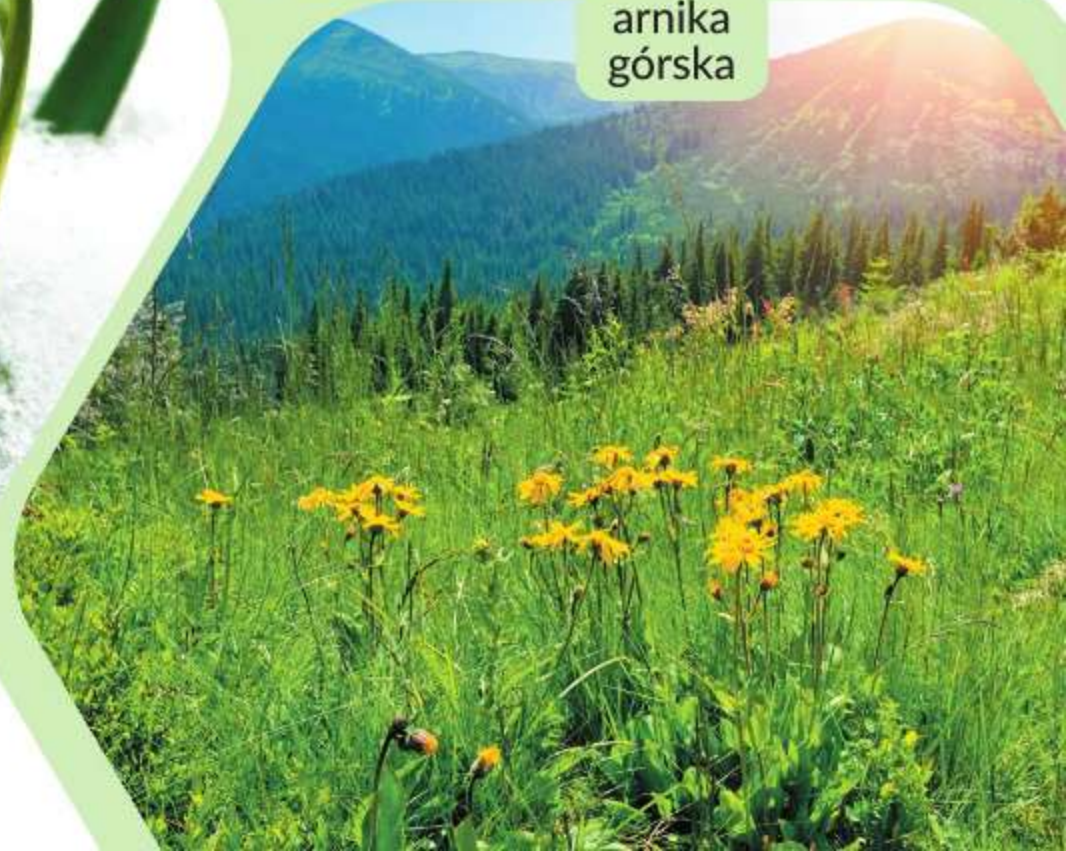
storcek
samiczy

śnieżyczka
przebiśnieg



przyłuszczka
pospolita

arnika
górska



Zwierzęta



smardz
jadalny



kozica
tatrzańska

modliszka
zwyczajna



żółw
błotny



bocian
biały



grzebiuszka
ziemna

Formy ochrony obszarowej

Formami ochrony obszarowej są m.in. parki narodowe, parki krajobrazowe, rezerwy przyrody, obszary chronionego krajobrazu oraz obszary Natura 2000.

Park narodowy jest to obszar wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, społecznymi, kulturowymi i edukacyjnymi, o powierzchni nie mniejszej niż 1000 ha. W jego obrębie ochronie podlega cała przyroda oraz walory krajobrazowe. Park narodowy tworzy się w celu zachowania

różnorodności biologicznej, zasobów, tworów i składników przyrody nieożywionej. Każdy park musi mieć wyznaczoną **otulinę**, czyli obszar ochronny, na którym ogranicza się działalność gospodarczą.

W celu ochrony przyrody na terenie parków wprowadza się liczne zakazy. Są to m.in. zakaz poruszania się poza wyznaczonymi szlakami turystycznymi, ruchu pojazdów, zakłócania ciszy, uprawiania sportów wodnych i motorowych. Zabrania się biwakowania, palenia ognisk, wprowadzania psów, zbierania roślin i grzybów,

■ Parki narodowe

W Polsce do 2018 r. utworzono 23 parki narodowe, a ich łączna powierzchnia obejmuje ok. 1% obszaru kraju.



łowienia ryb, polowania, wprowadzania gatunków roślin, zwierząt lub grzybów. Nie wolno też niszczyć gleby, budować obiektów, pozyskiwać skał, stosować chemicznych środków ochrony roślin i nawozów.

Rezerваты przyrody to niewielkie obszary zachowane w stanie naturalnym lub mało zmienionym, utworzone w celu ochrony określonych wartości przyrodniczych. Są to ekosystemy lub ich fragmenty (np. las, torfowisko, wydmy, zbiornik wodny), siedliska roślin, zwierząt i grzybów, twory przyrody nieożywionej wyróżniające się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, kulturowymi lub walorami krajobrazowymi.

Park krajobrazowy jest to obszar chroniony ze względu na wartości przyrodnicze, historyczne i kulturowe oraz walory krajobrazowe w celu zachowania i popularyzacji tych wartości. Obecnie (2018 r.) w Polsce istnieją 122 parki krajobrazowe. Na ich terenach mogą znajdować się domy mieszkalne, ludzie mogą prowadzić

działalność gospodarczą (np. rolniczą), ale w sposób nieobciążający środowiska.

Obszary chronionego krajobrazu to tereny chronione ze względu na wyróżniający się krajobraz i możliwość zaspokajania potrzeb związanych z turystyką i wypoczynkiem. Mogą być też chronione ze względu na pełnioną funkcję ekologiczną, jeśli np. umożliwiają migrację roślin, zwierząt lub grzybów.

Obszary Natura 2000 są tworzone w celu ochrony ekosystemów i gatunków uważanych za cenne i zagrożone w skali całej Europy. Program dotyczy dwóch rodzajów obszarów: obszarów specjalnej ochrony ptaków (tzw. ptasie obszary Natura 2000) oraz specjalnych obszarów ochrony siedlisk (tzw. siedliskowe obszary Natura 2000).

Pomniki przyrody

Pomniki przyrody to pojedyncze twory przyrody żywej i nieożywionej lub ich skupiska o szczególnej wartości przyrodniczej,



▲ Obszary Natura 2000 – Bory Tucholskie

Park narodowy

PIENIŃSKI PARK NARODOWY

Rok utworzenia: 1932
(najstarszy park narodowy w Polsce)

Powierzchnia: 2346 ha

Położenie: południe Polski, województwo małopolskie; część pasma Pienin ze szczytem Trzy Korony i Przełomem Dunajca

Charakterystyka: 70% lasy, cenne ekosystemy łąkowe, murawy naskalne

Flora: ok. 1100 gat. roślin naczyniowych, w tym: chryzantema (złocień) Zawadzkiego, jałowiec sabiński, dębik ośmiopłatkowy oraz dwa endemity (gatunki nigdzie indziej na świecie niespotykane): mniszek pieniński i pszonak pieniński;

Fauna: ponad 7 tys. gat. zwierząt, w tym ok. 235 gat. kręgowców (ssaki – m.in. borsuk, dzik, jeleń, ryś, żbik, kuna leśna; 15 gat. nietoperzy;

ptaki – nagórnik, pomurnik, kopciuszek, bocian czarny, puchacz); ok. 6500 gat. bezkręgowców, m.in. 1555 gat. motyli (w tym niepylak apollo), co stanowi ok. 55% fauny Polski



niepylak apollo



bocian czarny

■ Park krajobrazowy

PARK KRAJOBRAZOWY ORLICH GNIAZD

Rok utworzenia: 1980

Powierzchnia: 60 808 ha

Położenie: na granicy województw śląskiego i małopolskiego, obejmuje część Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej

Charakterystyka: liczne zjawiska krasowe, w tym jaskinie; malownicze ruiny średniowiecznych zamków – „orlich gniazd”

Flora: ponad 1300 gat. roślin, w tym rzadkie i chronione gat. storczykowatych

Fauna: ssaki – liczne nietoperze, gronostaj, tchórz, wydra, orzesznica, bóbr; ptaki – m.in. krogulec, puszczyk, pójdzka, lelek kozodój; bezkręgowce – m.in. kozioróg dębosz, paż królowej, paż żeglarz

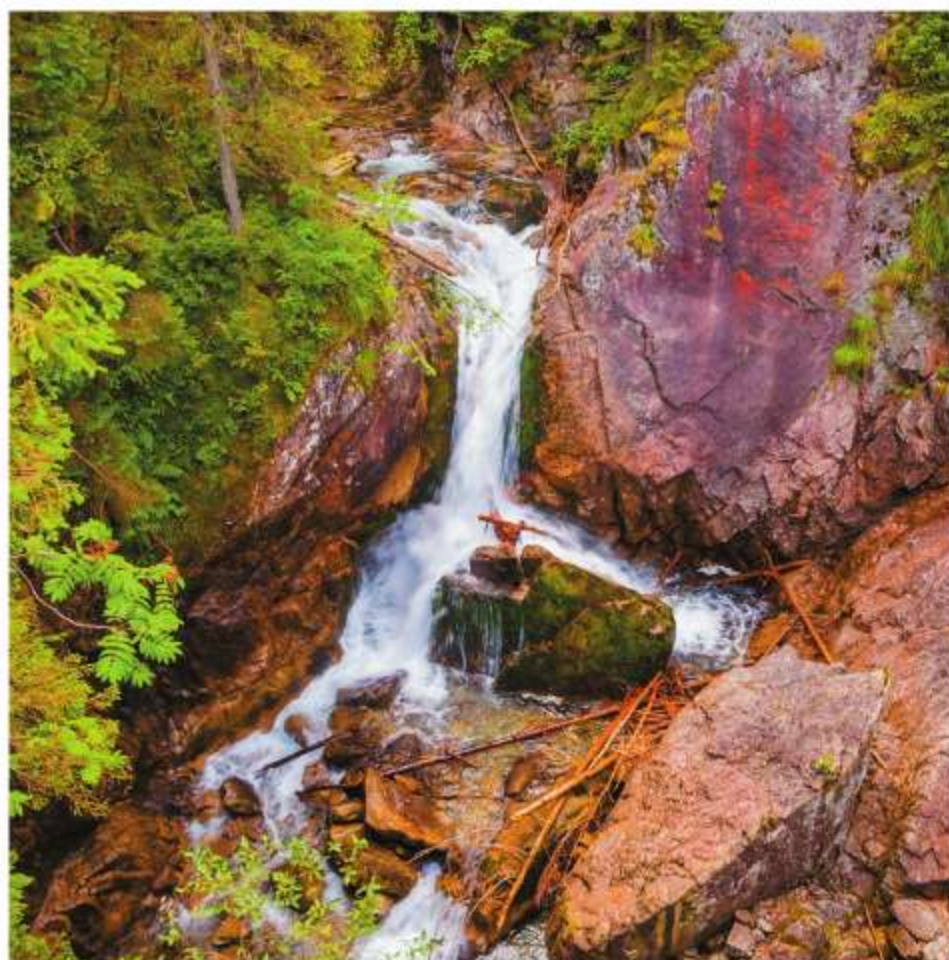
ruiny zamku w Ogrodzieńcu



gronostaj
(w szacie zimowej)



kozioróg dębosz



▲ Pomnik przyrody – wodospad Wodogrzmoty Mickiewicza w Tatrach

naukowej, kulturowej, historycznej lub krajobrazowej. Odznaczają się one indywidualnymi cechami, wyróżniającymi je spośród innych tworów przyrody.

Pomnikami przyrody są najczęściej okazałych rozmiarów drzewa, rodzime lub obce gatunki krzewów, źródła, wodospady, wywierzyska, skałki, jary, głazy narzutowe oraz jaskinie. Najbardziej znanymi w Polsce pomnikami przyrody są: Dąb Bartek rosnący w Zagnańsku (woj. świętokrzyskie), Krzywy Las w Nowym Czarnowie (woj. zachodniopomorskie), a także Wodogrzmoty Mickiewicza w Tatrach Wysokich.

ZAPAMIĘTAJ

- Prawnymi formami ochrony przyrody w Polsce są m.in. parki narodowe, rezerwaty przyrody, parki krajobrazowe, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów.
- Park narodowy jest to obszar wyróżniający się szczególnymi wartościami przyrodniczymi, naukowymi, społecznymi, kulturowymi i edukacyjnymi, o powierzchni nie mniejszej niż 1000 ha. Na tym obszarze ochronie podlega cała przyroda oraz walory krajobrazowe.
- Rezerwaty przyrody to obszary zachowane w stanie naturalnym lub mało zmienionym. Są wyłączone z użytkowania i przeznaczone na cele ochrony przyrody oraz prowadzenia badań naukowych, a dostęp do nich osób postronnych jest ograniczony.
- Park krajobrazowy jest to obszar chroniony ze względu na wartości przyrodnicze, historyczne i kulturowe oraz walory krajobrazowe w celu zachowania i popularyzacji tych wartości.
- Pomniki przyrody to pojedyncze twory przyrody żywej i nieożywionej lub ich skupiska. Są nimi okazałych rozmiarów drzewa, krzewy gatunków rodzimych lub obcych, źródła, wodospady, wywierzyska, skałki, jary, głazy narzutowe oraz jaskinie.
- Wszystkie formy ochrony przyrody mają na celu zachowanie różnorodności biologicznej, na którą składa się różnorodność ekosystemów, gatunków roślin, zwierząt i grzybów oraz różnorodność genetyczna obejmująca różnorodność wewnątrzgatunkową.

POLECENIA

1. Wymień formy ochrony przyrody w Polsce oraz uzasadnij konieczność ich wprowadzenia dla zachowania gatunków i ekosystemów.
2. Uzasadnij, że najlepszą formą ochrony różnorodności biologicznej są formy ochrony obszarowej.
3. Opisz formę ochrony przyrody, jaką stanowią Obszary Natura 2000.

28 Podsumowanie działu

■ Czynniki abiotyczne

ABIOTYCZNY CZYNNIK ŚRODOWISKA	WPŁYW NA ORGANIZM
temperatura otoczenia	Jest zależna m.in. od natężenia światła słonecznego i wilgotności; decyduje o występowaniu organizmów na Ziemi
woda	Jest środowiskiem życia wielu organizmów; w komórkach tworzy odpowiednie środowisko do zachodzenia reakcji chemicznych
światło	Jest niezbędne do zachodzenia procesu fotosyntezy; wpływa na rytm życia roślin i zwierząt
wiatr	Umożliwia rozprzestrzenianie się nasion i zarodników wielu gatunków roślin oraz przyspiesza parowanie wody, np. z roślin, co z kolei wpływa na pobór wody i soli mineralnych z gleby
podłoże	Warunkuje rozmiary systemów korzeniowych roślin i w konsekwencji decyduje o rodzaju roślin występujących na danym terenie, co wpływa na gatunki zwierząt, które się nimi odżywiają

■ Porównanie środowiska wodnego i środowiska lądowego

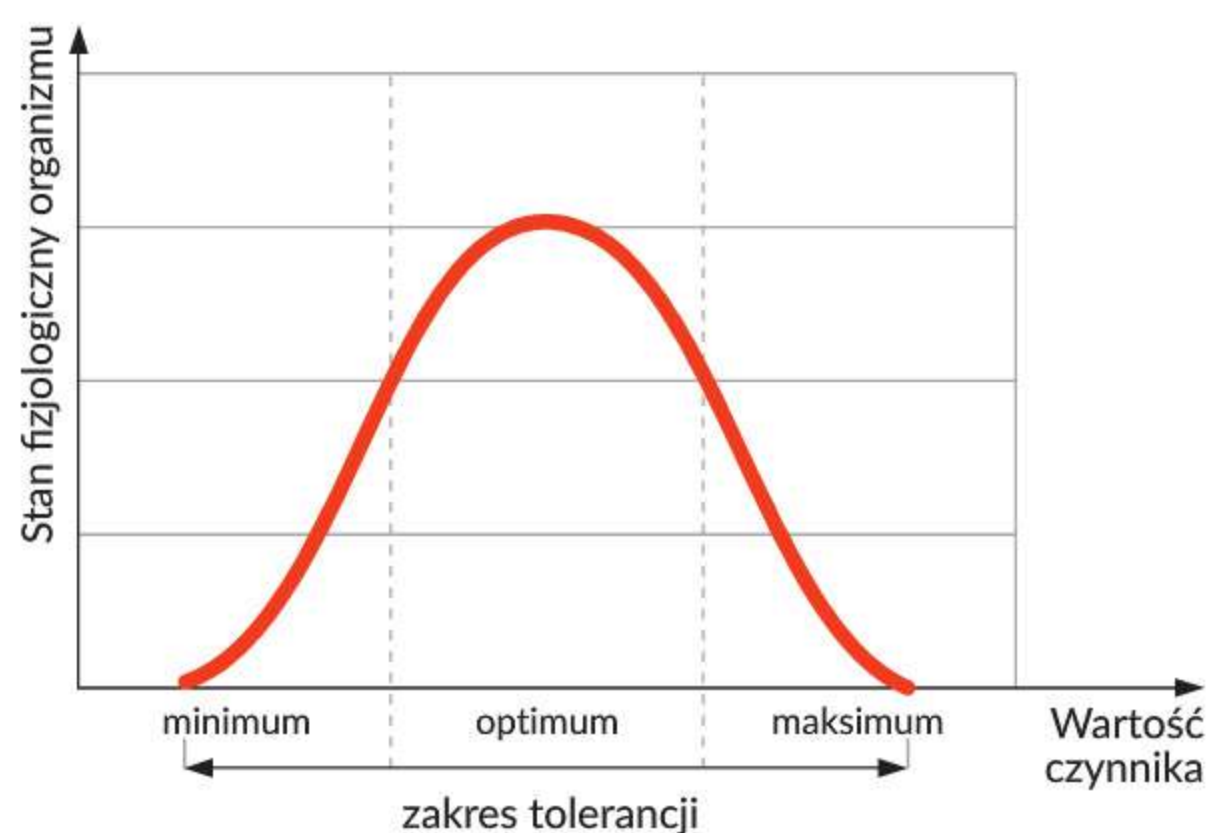
WARUNKI I CZYNNIKI ŚRODOWISKA	ŚRODOWISKO WODNE	ŚRODOWISKO LĄDOWE
wilgotność	duża – czynnik niezbędny do życia organizmów wodnych	mała – konieczność zapobiegania utracie wody i wyschnięciu
gęstość	duża – łatwość utrzymywania przez rośliny ciała w pionie; utrudnienie poruszania się – zwierzęta	mała – konieczność wykształcenia tkanek wzmacniających lub szkieletu; łatwość poruszania się
dostępność tlenu	mała	duża
dostępność światła	mała	duża
temperatura	zmiany temperatury zachodzące powoli	możliwość następowania gwałtownych zmian temperatury

■ Wybrane czynniki abiotyczne ograniczające rozmieszczenie organizmów

temperatura	wilgotność	światło	zasolenie	substancje odżywcze
-------------	------------	---------	-----------	---------------------

■ Krzywa tolerancji ekologicznej

Funkcjonowanie organizmu w środowisku określają dwie skrajne wartości działającego czynnika: **minimum** i **maksimum**. Najkorzystniejsze dla organizmu są wartości średnie, określane jako **optimum**.



PODZIAŁ ORGANIZMÓW ZE WZGLĘDU NA ZAKRES TOLERANCJI

Eurybionty

organizmy o szerokim zakresie tolerancji

Stenobionty

organizmy o wąskim zakresie tolerancji

■ Organizmy wskaźnikowe

- **Organizmy wskaźnikowe (bioindykatory)** – gatunki o wąskim zakresie tolerancji ekologicznej na określone czynniki środowiska.



gleby bogate w wapń



gleby suche



gleby kwaśne

- **Skala porostowa** – określanie stanu zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki.

STREFA I

- bardzo silne zanieczyszczenie powietrza



brak porostów

STREFA II

- silne zanieczyszczenie powietrza

misecznica
proszkowata**STREFA III**

- powietrze bardzo zanieczyszczone

złotorost
postrzępiony**STREFA IV**

- powietrze średnio zanieczyszczone

tarczownica
bruzdkowana**STREFA V**

- powietrze mało zanieczyszczone



mąklik otrębiasty

STREFA VI

- powietrze nieznacznie zanieczyszczone



brodaczka nadobna

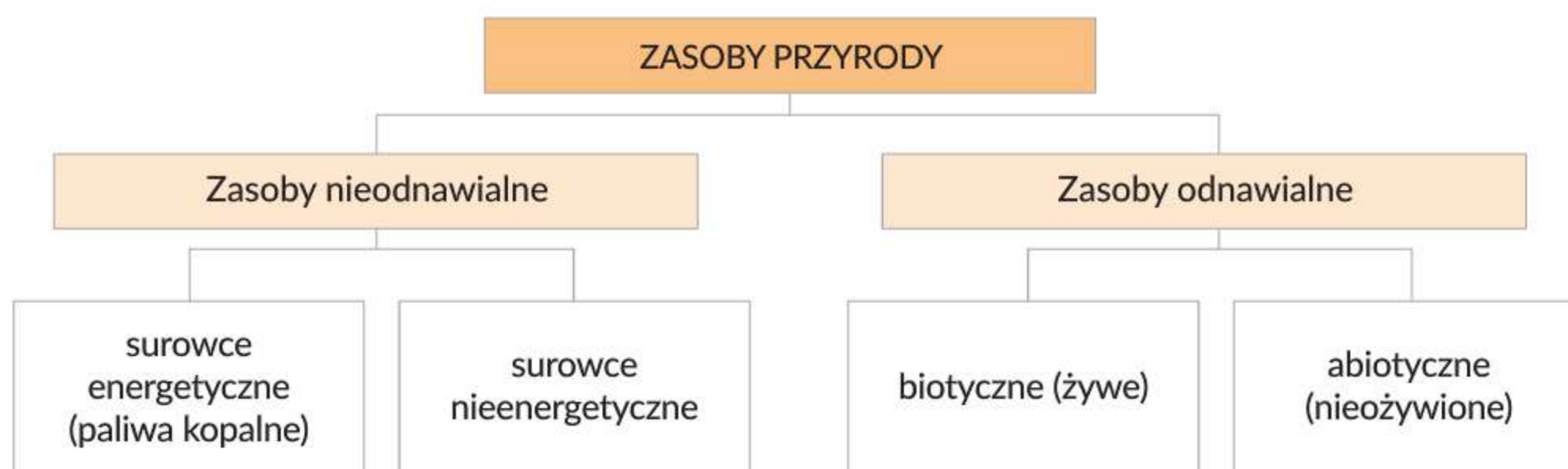
STREFA VII

- powietrze czyste



granicznik płucnik

■ Podział zasobów przyrody



■ Zrównoważony rozwój



■ Recykling



odpad

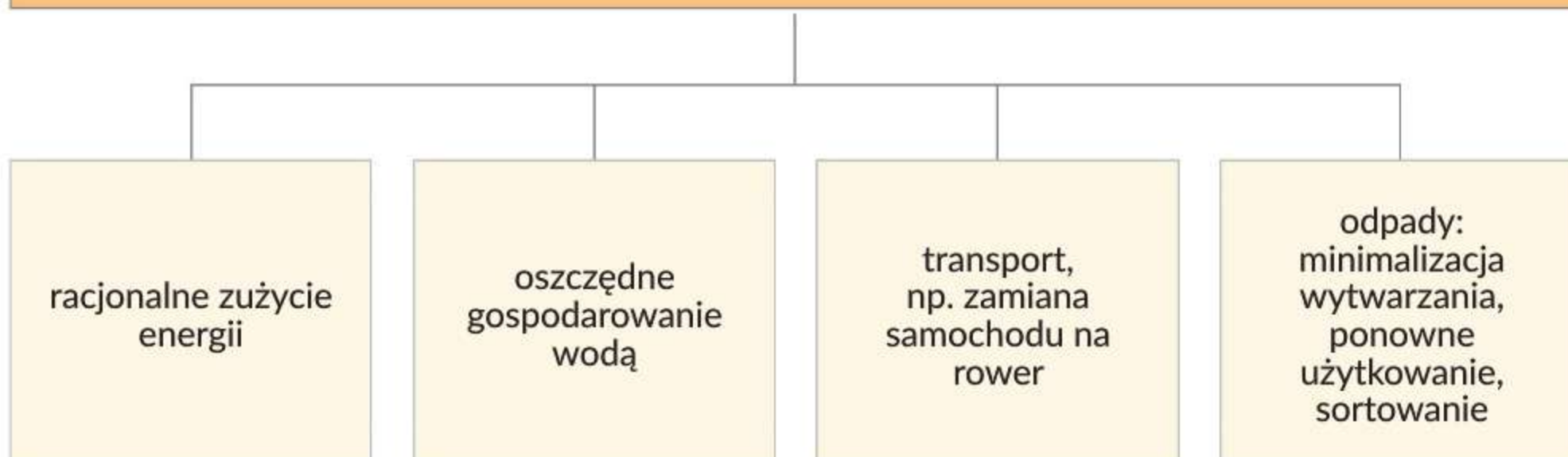


produkt



surowiec wtórny

DZIAŁANIA JEDNOSTKI NA RZECZ OCHRONY ŚRODOWISKA ZGODNIE Z ZASADĄ ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU



■ Różnorodność biologiczna

RÓŻNORODNOŚĆ BIOLOGICZNA		
Różnorodność ekosystemów	Różnorodność gatunkowa	Różnorodność genetyczna
bogactwo ekosystemów, siedlisk życia	bogactwo gatunków organizmów występujących na Ziemi	zróżnicowanie osobników w obrębie gatunku, zależne od kombinacji genów

■ Zagrożenia dla różnorodności biologicznej w Polsce

- działania związane z prowadzeniem gospodarki wodnej
- fragmentacja siedlisk i krajobrazu
- intensyfikacja produkcji rolnej
- wylesianie
- zagrożenia środowiska morskiego
- niekontrolowany rozwój turystyki
- niska świadomość społeczna

■ Formy ochrony różnorodności biologicznej

FORMY OCHRONY RÓŻNORODNOŚCI BIOLOGICZNEJ W POLSCE

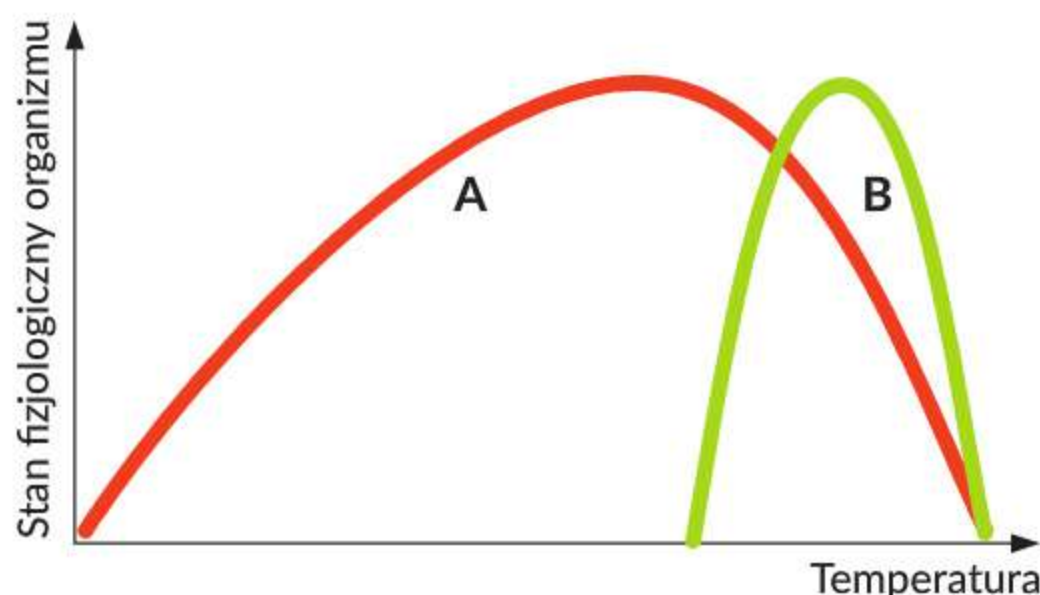


Sprawdź, co umiesz

Uwaga! Odpowiedzi do zadań zapisz w zeszycie.

Zadanie 1.

Na wykresie przedstawiono zakresy tolerancji dwóch gatunków ptaków pod względem temperatury.



a) Wskaż poprawne dokończenie zdania oraz jego uzasadnienie.

Zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury sroki zaznaczono na wykresie literą

A,	ponieważ	1. sroka pozostaje w Polsce na zimę.
B,		2. sroka odlatuje na zimę w rejony o wyższej temperaturze.

b) Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Ptakiem, którego zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury przedstawiono na wykresie B, jest

- A. czapla. B. sroka. C. sikora. D. dzięcioł.

c) Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Organizmem, którego zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury przedstawiono na wykresie A, może być

- A. palma kokosowa.
B. sosna zwyczajna.
C. bananowiec.

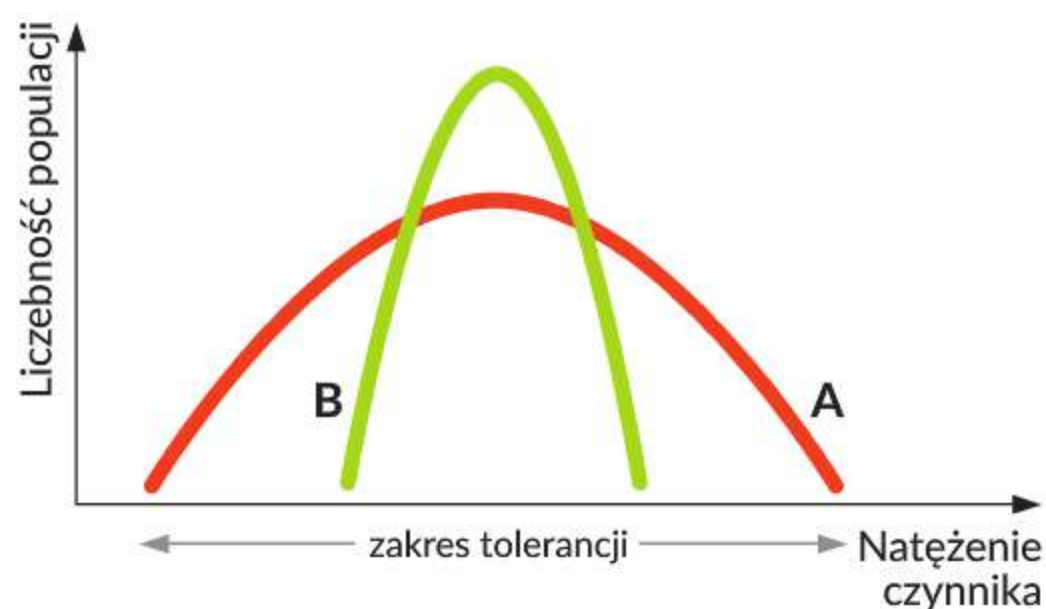
d) Wskaż, który z przedstawionych wykresów dotyczy eurybiontów.

- A. Wykres A, ponieważ eurybionty mają szeroki zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury.
B. Wykres A, ponieważ eurybionty mają wąski zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury.
C. Wykres B, ponieważ eurybionty mają szeroki zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury.
D. Wykres B, ponieważ eurybionty mają wąski zakres tolerancji ekologicznej pod względem temperatury.

Zadanie 2.

Przeczytaj tekst i wykonaj polecenia.

Rozgwiazdy mogą występować jedynie w środowisku o silnym zasoleniu, natomiast śledzie można spotkać zarówno w stosunkowo słabo zasolonym Morzu Bałtyckim, jak i w silnie zasolonym Morzu Północnym.



Wskaż właściwe litery, tak aby zdanie było prawdziwe.

Wykres tolerancji ekologicznej śledzi pod względem zasolenia wody to A / B, ponieważ śledzie są C / D.

A. wykres A

B. wykres B

C. są eurybiontami pod względem zasolenia wody

D. są stenobiontami pod względem zasolenia wody

Zadanie 3.

Wskaż zdanie, w którym podano prawdziwą informację.

- A. Rozwój i istnienie każdego organizmu są ograniczone przez składnik, którego w środowisku jest najmniej.
- B. Organizm zawsze potrzebuje tych samych zasobów środowiska, bez względu na etap życia, na którym się znajduje.
- C. Zakres tolerancji wszystkich organizmów na większość czynników środowiska jest taki sam.
- D. Zasoby środowiska nigdy nie występują w nadmiarze.

Zadanie 4.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Rośliny runa leśnego lasów liściastych zakwitają wczesną wiosną, ponieważ

- A. ich kwiaty łatwo wysychają pod wpływem promieni słonecznych.
- B. są odporne na niską temperaturę, jaka panuje wczesną wiosną.
- C. są odporne na silne nasłonecznienie.
- D. do wytworzenia kwiatów potrzebują dobrego oświetlenia.

Zadanie 5.

Wskaż, gdzie można zobaczyć porosty, których plechy przedstawiono na ilustracji.

- A. W centrum uprzemysłowionego miasta.
- B. Przy elektrowniach i elektrociepłowniach.
- C. Na drzewach rosnących wzdłuż dróg szybkiego ruchu.
- D. W parkach narodowych.



brodaczka zwyczajna

Zadanie 6.

Na ilustracji pokazano dwa gatunki lisów (fenka i pieśca) zamieszkujących odmienne rejony świata.



a) Uzupełnij zdania.

Lis oznaczony numerem I / II żyje w strefie klimatów okołobiegunowych.

W strefie klimatów zwrotnikowych / umiarkowanych żyje lis oznaczony numerem I / II.

b) Wśród wymienionych niżej cech budowy lisów wskaż te, które świadczą o ich przystosowaniu do warunków życia.

wielkość oczu • wielkość uszu • kształt zębów • barwa sierści
• grubość tłuszczowej warstwy podskórnej • długość kończyn

Zadanie 7.

Wskaż poprawne dokończenie zdania.

Do odnawialnych źródeł energii nie zalicza się energii pochodzącej z elektrowni

- A. słonecznych. B. węglowych. C. wodnych. D. wiatrowych.

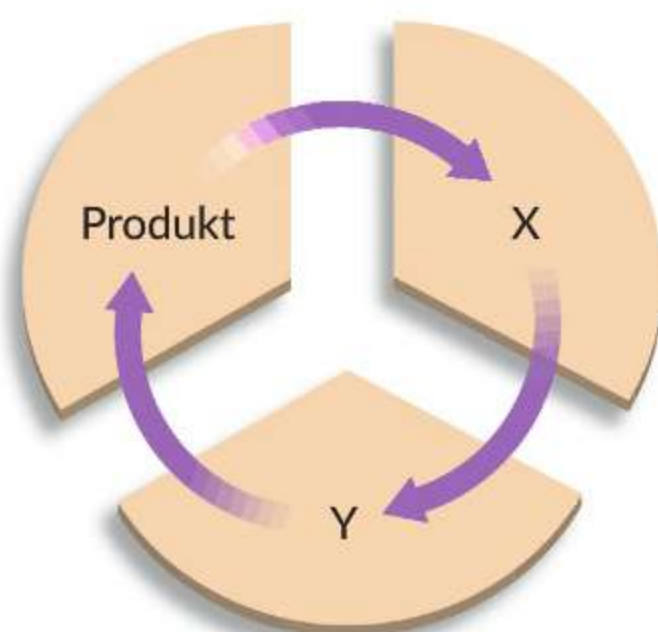
Zadanie 8.

Określ, czy podane zdania są prawdziwe czy fałszywe.

- I. Spalanie plastikowych butelek jest najlepszą metodą postępowania.
- II. Zadrzewienia śródpolne sprzyjają różnorodności biologicznej.
- III. Osuszanie terenów bagiennych przyczynia się do pustynnienia tych obszarów.
- IV. Intensywne stosowanie nawozów sztucznych sprzyja roślinom uprawnym i zapylającym je owadom.

Zadanie 9.

Wskaż zestaw, który zawiera poprawne uzupełnienia poniższego schematu.



- A. X – surowiec wtórny, Y – odpad
- B. X – surowiec wtórny, Y – surowiec pierwotny
- C. X – odpad, Y – surowiec wtórny
- D. X – odpad, Y – odpad

Indeks

A

allele, s. 22
 – dominujące, s. 22, 24–27, 29–32
 – recesywne, s. 22, 24–27, 29–32
 amensalizm, s. 103
 amonit, s. 61
 anemia sierpowata, s. 36
 Australopitek, s. 80
 autosomy, s. 37

B

bank genów, s. 167
 biocenoza, s. 91–93
 biochemia, s. 64
 bioindykatory → gatunki wskaźnikowe
 biotop, s. 93–94

C

cechy
 – dziedziczne, s. 10
 – niedziedziczne, s. 10
 – sprzężone z płcią, s. 38
 centromer, s. 15, 17
 choroby genetyczne, s. 56–59
 – nowotworowe, s. 53
 – sprzężone z płcią, s. 38
 chromatyda, s. 15, 17
 chromosomy, s. 9, 15–17
 – siostrzane, s. 16, 18
 – homologiczne, s. 16, 18
 – płci, s. 37
 czerwone księgi (listy), s. 166
 człowiek
 – zręczny, s. 80
 – wyprostowany, s. 81
 czynniki
 – abiotyczne, s. 91, 138
 – biotyczne, s. 91
 – ewolucji, s. 68
 – mutagenne, s. 51–52
 – wpływające na rozmieszczenie gatunków, s. 140–142

D

daltonizm, s. 39–40
 DNA → deoksyrybonukleinowy kwas

deoksyrybonukleinowy kwas, DNA, s. 6–7
 destruenci, s. 126
 diploidalne komórki, s. 16
 dobór
 – naturalny, s. 68
 – sztuczny, s. 71–73
 drapieżnictwo, s. 110–114
 drzewo rodowe, s. 41
 dziedziczenie, s. 10, 29–32
 – cech sprzężonych z płcią, s. 38–41
 – czynnika Rh, s. 35
 – grup krwi, s. 33–34
 – płci, s. 37

E

ekologia, s. 90
 ekosystem, s. 93–94
 – użytkowanie, s. 159–163
 elementy środowiska, s. 91
 eurybionty, s. 145
 ewolucja, s. 62
 ewolucjonizm, s. 62

F

fenotyp, s. 24–27, 29, 34–35
 fenyloketonuria, s. 58
 fitoplankton, s. 124
 formy przejściowe, s. 62–63

G

gatunki wskaźnikowe, bioindykatory, s. 146–147
 gen, s. 11–12
 genetyka, s. 22
 genotyp, s. 24, 24–27, 29, 34–35

H

haploidalne komórki, s. 16
 helisa DNA, s. 6–7
 hemofilia, s. 39–40
 heterozygota, s. 23
 homozygota, s. 23

I

informacja o cechach organizmu, s. 10–11

K

konkurencja, s. 104–105
– międzygatunkowa, s. 103, 105
– wewnątrzgatunkowa, s. 103–104
komensalizm, s. 120
komplementarność, s. 6–8
konflikt serologiczny, s. 35
konsumenci, s. 123
krzyżówka genetyczna, s. 24–27

L

latimeria, s. 62

Ł

łańcuch pokarmowy (troficzny), s. 122–123

M

mejoza, s. 19–20, 24,
Mendel Grzegorz, s. 23, 27
mięsożercy, s. 123
mikoryza, s. 117–118
mitoza, s. 18–19, 23
mukowiscydoza, s. 56–59
mutacje
– efekty, s. 53–54
– genowe, s. 51–52
– chromosomowe, s. 51, 53
– spontaniczne, s. 51
mutualizm, s. 117–119

N

narządy szczątkowe, s. 65
Natura 2000 → obszary Natura 2000
Neandertalczyk, s. 81
nukleotyd, s. 6–7

O

obieg materii, s. 127
obrona
– bierna, s. 113
– czynna, s. 113
obszary
– chronionego krajobrazu, s. 173
– Natura 2000, s. 173
ochrona
– bierna, s. 169
– częściowa, s. 166
– czynna, s. 169

– gatunkowa, s. 166
– obszarowa, s. 166
– przyrody, s. 90
– ścisła, s. 166
– środowiska, s. 90
odczytywanie informacji o cechach organizmu, s. 12–13
oddziaływania
– antagonistyczne, s. 102–116
– między gatunkami, s. 102
– nieantagonistyczne, s. 102, 117–121
odpady, s. 154
ogniwa pokarmowe, s. 124, 125
organizmy chronione w Polsce, s. 172–173
osobnik, s. 92, 94

P

paleontolodzy, s. 60
park
– krajobrazowy, s. 173
– narodowy, s. 172
pasożytnictwo, s. 106–109
piramidy wiekowe, s. 101
pochodzenie człowieka, s. 77, 80–81
podobieństwo budowy anatomicznej kończyn kręgowców, s. 64
pomnik przyrody, s. 173
populacja, s. 92, 94, 96–101
porosty, s. 118–119
porównywanie kolejności nukleotydów w DNA, s. 66
poziomy pokarmowe (troficzne), s. 123
praptak, s. 62, 63
producenci, s. 123
protokooperacja, s. 119
przepływ energii, s. 128
przynależność systematyczna człowieka, s. 75–77

R

recykling, s. 154
reintrodukcja, s. 167
replikacja DNA, s. 8–9, 18, 23–24
rezerwat przyrody, s. 173
roślinożercy, s. 123
roślinożerność, s. 114–116
rozmieszczenie organizmów
– losowe, s. 97

- równomierne, s. 100
- skupiskowe, s. 97
- rozrodczość populacji, s. 96,
- różnorodność biologiczna, s. 157–159
- zagrożenia i ochrona, s. 164–168

S

- sieć pokarmowa (troficzna), s. 124–125
- skala porostowa, s. 148–149
- skamieniałości, s. 60–63
 - żywe, s. 62
- stenobionty, s. 145
- struktura populacji
 - płciowa, s. 101
 - przestrzenna, s. 97
 - wiekowa, s. 100
- symbioza, s. 117
 - obowiązkowa (mutualizm), s. 117–119
 - nieobowiązkowa (protokooperacja), s. 119

Ś

- śmiertelność populacji, s. 96

T

- teoria ewolucji, s. 60
- terapia genowa, s. 59
- tolerancja ekologiczna, s. 144–145
- trylobit, s. 61

W

- współczesne odmiany ludzi, s. 77
- wszystkożercy, s. 124

Z

- zagęszczenie populacji, s. 96
- zależności pokarmowe między organizmami, s. 122–125
- zasada dziedziczenia cech, s. 23
- zasoby
 - środowiska, s. 91
 - przyrody, s. 151
 - odnawialne, s. 151–152
 - nieodnawialne, s. 151–152
- zmienność
 - dziedziczna, s. 50
 - niedziedziczna, s. 50
 - mutacyjna, s. 51
 - rekombinacyjna, s. 51
- zespół Downa, s. 58–59
- zooplankton, s. 124
- zrównoważony rozwój, s. 152

Ż

- źródła energii, s. 153

Źródła ilustracji i fotografii

Okładka: (amfiprion) LeventKonuk/Getty Images

Tekst główny: s. 3 (łańcuch DNA) vitstudio/Shutterstock.com, (szkielet dinozaura) maximimages.com/Alamy Stock Photo/BE&W, (polujący ptak) K-Mike/Shutterstock.com, (sasanka) Artkot/Shutterstock.com; s. 5 (chromosomy) JACOPIN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 6 (komórka bakterii, z której uwolniono DNA) DR GOPAL MURTISCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 7 (komórka zwierzęca) Wojciech Jaruszewski, (budowa DNA) Wojciech Jaruszewski; s. 8 (DNA) Wojciech Jaruszewski; s. 10 (włosy) Bairachnyi Dmitry/Shutterstock.com, (oko) KATE JACOBS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (blizna) Phatinyakorn/Shutterstock.com, (tatuaż) Tetra Images – Jessica Peterson/Brand X/Getty Images; s. 11 (kwiat grochu) Vilor/Shutterstock.com, (roślina grochu) Scisetti Alfio/Shutterstock.com, (nasiona grochu) All-stock-photos/Shutterstock.com, (DNA) Wojciech Jaruszewski; s. 12 (DNA) Wojciech Jaruszewski; s. 13 (model insuliny) petarg/Shutterstock.com, (białko) Katarzyna Fic, (kwiat grochu) Vilor/Shutterstock.com; s. 14 (człowiek) Viorel Sima/Shutterstock.com, (muszka owocowa) Roblan/Shutterstock.com, (bakteria) Kateryna Kon/Shutterstock.com, (łańcuch DNA) Blackboard/Shutterstock.com; s. 15 (chromosom muszki owocowej) Wojciech Jaruszewski; s. 16 (ułożenie genów w chromosomach) Wojciech Jaruszewski; s. 17 (komórki) POWER AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (chromosom) Wojciech Jaruszewski, (zestawy chromosomów – diploidalny i haploidalny) Dariusz Litwiniec; s. 18 (chromosomy homologiczne) Wojciech Jaruszewski, (mitoza) Gary Carlson/SCIENCE SOURCE/BE&W; s. 18 (dzielący się pantofelek) WIM VAN EGMOND/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 19 (mitoza) Wojciech Jaruszewski; s. 20 (mejoza) Wojciech Jaruszewski; s. 21 (powstanie zygoty) Wojciech Jaruszewski; s. 22 (kwiat grochu) Vilor/Shutterstock.com; s. 23 (dziedziczenie genów podczas mitozy) Wojciech Jaruszewski; s. 24 (dziedziczenie genów podczas mejozy) Wojciech Jaruszewski; s. 25 (kwiat grochu) Vilor/Shutterstock.com; s. 26 (kwiat grochu) Vilor/Shutterstock.com; s. 27 (świnka krótkowłosa) blickwinkel/Alamy Stock Photo/BE&W, (świnka długowłosa) dimaychuvakov/Shutterstock.com; s. 28 (Gregor Johann Mendel) repro; s. 29 (zagrożenia – rysunki wektorowe) vadim-design/Shutterstock.com, (sylwetki ludzi – rysunki wektorowe) VoodooDot/Shutterstock.com; s. 30 (brunetka) Rawpixel.com/Shutterstock.com, (ucho – płatek wolny) AXL/Shutterstock.com, (zwinięty język) EDWARD KINSMAN/SCIENCE PHOTO LIBRARY/Eas. News. (kciuk prosty) fotohorst/Shutterstock.com, (blondynka) Syda Productions/Shutterstock.com, (ucho – płatek przyrośnięty) MorePixelsShutterstock/Shutterstock.com, (język wyprostowany) G. Bryk/WSiP, (kciuk autostopowicza) Helle/Shutterstock.com; s. 31 (kobieta) taramara78/Shutterstock.com, (mężczyzna) Minerva Studio/Shutterstock.com; s. 32 (blondyn z kręconymi włosami) Mr.Exen/Shutterstock.com, (blondynka z prostymi włosami) morrowlight/Shutterstock.com, (brunetka z prostymi włosami) Gelpi/Shutterstock.com, (brunet z kręconymi włosami) Jacek Chabraszewski/Shutterstock.com; s. 36 (anemia sierpowata) EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 37 (kobieta) Valua Vitaly/Shutterstock.com, (mężczyzna) kurhan/Shutterstock.com; s. 38 (lokalizacja genów w chromosomach płci); s. 39 (widzenie kolorów normalne) COLIN CUTHBERT/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (widzenie kolorów przez daltonistę) COLIN CUTHBERT/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 40 (kobieta i mężczyzna – daltonizm) Miss Ty/Shutterstock.com, (kobieta i mężczyzna – hemofilia) In Green/Shutterstock.com; s. 42 (DNA) Wojciech Jaruszewski; s. 43 (chromosom) POWER AND SYRED/SCIENCE PHOTO LIBRARY; s. 46 (podziały komórek) Wojciech Jaruszewski; s. 47 (chromosomy) Wojciech Jaruszewski; s. 49 (skamielina ważki) Frans Lanting/Mint Images/BE&W; s. 50 (hortensje) Grażyna Bryk/WSiP, (dziewczyny) GOODLUZ/Alamy Stock Photo/BE&W; s. 52 (mutacje genowe) Eugenius. Osipczuk; s. 53 (mutacje chromosomowe) Eugeniusz Osipczuk; s. 54 (chromosom) Wojciech Jaruszewski, (DNA) Eugeniusz Osipczuk, (białko prawidłowe) Katarzyna Fic, (białko nieprawidłowe) Katarzyna Fic; s. 55 (pszenżyto) Arcaion/Shutterstock.com; s. 56 (kobieta) Subbotina Anna/Shutterstock.com, (mężczyzna) Filip Warulik/Shutterstock.

com; s. 57 (skóra) Anton Nalivayko/Shutterstock.com, (człowiek) Sebastian Kaulitzki/Shutterstock.com, (płuca) LEONELLO CALVETTI/Science Photo Library RF/Getty Images, (elementy układu pokarmowego) BSIP SA/Alamy Stock Photo/BE&W; s. 58 (pobieranie krwi u noworodka) BSIP SA/Alamy Stock Photo/BE&W, (kariotyp osoby z zespołem Downa) LOOK AT SCIENCES/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (chłopak z zespołem Downa) Tetra Images/Getty Images; s. 60 (powstawanie skamieniałości) Marta Drapiewska; s. 61 (amonit) Albert Russ/Shutterstock.com, (trylobit) Francois Gohier/SCIENCE SOURCE/BE&W, (bursztyn) PjrFoto/studio/Alamy Stock Photo/BE&W, (odcis. paproci) Woudloper/Wikipedia [public domain]; s. 62 (latimeria) Wiesław Dojlidko; s. 63 (skamielina praptaka) Ingo Schulz/IMAGEBROKER RM/BE&W, (praptak) Wiesław Dojlidko, s. 64 (miłorząb) Vladimir Wrangel/Shutterstock.com, (kości kończyn) Universal Images Group North America LLC/Alamy Stock Photo/BE&W; s. 65 (narządy szczątkowe) Wiesław Dojlidko, (węgorz) geniuscook_com/Shutterstock.com, (żaba) Adam Gryko/Shutterstock.com, (kura) Zaichenko Olga/Shutterstock.com, (mysz) Szasz-Fabian Jozsef/Shutterstock.com, (makak) Eric Isselee/Shutterstock.com, (człowiek) Luis Molinero/Shutterstock.com; s. 66 (tiktaalik) Nobumichi Tamura/Stocktrek Images/Getty Images. s. 67 (*Silesaurus opolensis*) NPS/Alamy Stock Photo/BE&W, (paleontolog) M. HODBOD/PIG/East News; s. 68 (zebry) GUDKOV ANDREY/Shutterstock.com; s. 69 (drzewo) bestofgreenscreen/Shutterstock.com, (żyrafy) Wiesław Dojlidko; s. 70 (ziemia) Evstigneev Alexander/Shutterstock.com, (tarcza zegara) Justdoit777/Shutterstock.com; s. 72 (kapusta warzywna) Premaphotos/Alamy Stock Photo/BE&W, (korzeń kapusty) photomaster/Shutterstock.com, (kapusta głowiasta) COLOA Studio/Shutterstock.com, (korzeń kapusty) photographyfirm/Shutterstock.com, (brukselka) Peter Turner Photography/Shutterstock.com, (korzeń brukselki) Westend61 GmbH/Alamy Stock Photo/BE&W, (kalarepa) Aleksandr Volkov/Alamy Stock Photo/BE&W, (jarmuż) Westend61 GmbH/Alamy Stock Photo/BE&W, (kalafior) vseb/Shutterstock.com, (korzeń kalafiora) photographyfirm/Shutterstock.com, (nasiona trawy) Grażyna Bryk/WSiP, (nasiona zbóż) Madlen/Shutterstock.com; s. 73 (wilk) Iakov Filimonov/Shutterstock.com, (colie) WilleeCole Photography/Shutterstock.com, (jamnik) Alex_Vinci/Shutterstock.com, (dog niemiecki) Eric Isselee/Shutterstock.com, (chihuahua) Eric Isselee/Shutterstock.com, (owczarek niziny) Eric Isselee/Shutterstock.com, (basset) Eric Isselee/Shutterstock.com, (buldog) Nejrón Photo/Shutterstock.com, (pudel) Jagodka/Shutterstock.com, (tur) Wiesław Dojlidko, (bydło domowe) Wiesław Dojlidko; s. 75 (człowiek rozumny) Nicolas Primola/Shutterstock.com, (człowiek) Nicolas Primola/Shutterstock.com, (goryl) Roman Samokhin/Shutterstock.com, (szympan) LeonP/Shutterstock.com, (wyrak) NATURE PICTURE LIBRARY, (lemur) nrey/Shutterstock.com, (nietoperz) Independent birds/Shutterstock.com, (jaguar) Anan Kaewkhammul/Shutterstock.com, (foka) Eric Isselee/Shutterstock.com, (koń) Irina Maksimova/Shutterstock.com, (orzeł) sysasya photography/Shutterstock.com, (jaszczurka) Hintau Aliaksei/Shutterstock.com, (wąż) Eric Isselee/Shutterstock.com, (ryba) Konjushenko Vladimir/Shutterstock.com, (ameba) Jiri Vaclavek/Shutterstock.com, (muchy) Jiri Vaclavek/Shutterstock.com, (ślimak) ajt/Shutterstock.com, (ośmiornica) zhengzaishuru/Shutterstock.com, (tasiemiec) James H. Robinson/SCIENCE SOURCE/BE&W; s. 76 (orangutan) apple2499/Shutterstock.com, (goryl) Aaron Amat/Shutterstock.com, (człowiek) ArtOfPhotos/Shutterstock.com, (szympan karłowaty) Edwin Butter/Shutterstock.com, (szympan zwyczajny) mariait/Shutterstock.com; s. 77 (malowidła z Lascaux) GLASSHOUSE IMAGES/BE&W; s. 78 (szympan. SMETEK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (szympan – sylwetka) Bastian Groscurth/Shutterstock.com, (mózg szympana) BSIP/Getty Images, (czaszka szympana) Encyclopaedia Britannica/Universal Images Group Editorial/Getty Images, (kończyny) Wiesław Dojlidko, (człowiek) SMETEK/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 79 (mózg człowieka) BSIP/Getty Images, (czaszka człowieka) Encyclopaedia Britannica/Universal Images Group Editorial/Getty Images, (człowiek – sylwetka) Bastian Groscurth/Shutterstock.com, (kończyny) Wiesław Dojlidko; s. 80 (mapa wędrówek przodków człowieka) Adrian Bergiel, (australopitek, człowiek zręczny) Wiesław Dojlidko; s. 81 (człowiek wyprostowany, neandertalczyk) Wiesław Dojlidko; s. 82 (czaszki) Katarzyna Fic; s. 84 (miłorząb) jopelka/Shutterstock.com,

(amoni) R.A.R. de Bruijn Holding BV/Shutterstock.com, (koń) Eric Isselee/Shutterstock.com, (zebra) pandapaw/Shutterstock.com, (żyrafy) Wiesław Dojlidko, (nasiona trawy) Grażyna Bryk/WSiP, (nasiona owsa) Madlen/Shutterstock.com; s. 88 (szkielety) Dariusz Litwiniec; s. 89 (bataliony) Sergey Gorshkov/naturepl.com/BE&W; s. 90 (logo euroliścia) repro; s. 91 (biedronka) Yellowj/Shutterstock.com; s. 92 (struktura biocenozy) Dariusz Andrulonis. s. 93 (struktura ekosystemu) Dariusz Andrulonis. s. 94 (świstaki) Wiesław Dojlidko; s. 96 (zagęszczenie populacji) Egorov Artem/Shutterstock.com; s. 97 (liczebność populacji) Eugeniusz Osipczuk; s. 98 (drzewa) Perart/Shutterstock.com, (ławica) Leonardo Gonzalez/Shutterstock.com, (pingwiny) Rashman/Shutterstock.com; s. 100 (struktura wiekowa populacji) Eugeniusz Osipczuk; s. 102 (oddziaływania między gatunkami) Eugeniusz Osipczuk; s. 104 (wilki) Ronald Wittek/PICTURE PRESS/Eas. News. (żurawie) Sergey Uryadnikov/Shutterstock.com, (dziki) MM.Wildlifephotos/Shutterstock.com, (zawilce) Annamaria Szocs/Shutterstock.com, (słoneczniki) Anna A Tarasenko/Shutterstock.com; s. 105 (dąb czerwony) dabjola/Shutterstock.com, (dąb szypułkowy) Bildagentur Zoonar GmbH/Shutterstock.com, (wiewiórka szara) IrinaK/Shutterstock.com, (wiewiórka ruda) nelik/Shutterstock.com; s. 107 (główka tasiemca) Juan Gaertner/Shutterstock.com, (bakterie) Tatiana Shepeleva/Shutterstock.com, (tasiemiec) James H. Robinson/SCIENCE SOURCE/BE&W, (kleszcz) Henrik Larsson/Shutterstock.com, (pijawka rybia) blickwinkel/Alamy Stock Photo/BE&W; s. 108 (pole) Alfiya Safuanova/Shutterstock.com, (huba) COREL, (buławinka) Dominique Jacquin/Wikipedia [public domain], (kanianka) Robert and Jean Pollock/Science Sours/BE&W; s. 110 (ryś) Tomas Hulik/Shutterstock.com; s. 111 (zając) Volodymyr Burdiak/Shutterstock.com; s. 112 (mrówka) Andrey Pavlov/Shutterstock.com, (rybołów) Vladimir Kogan Michael/Shutterstock.com, (pająk) Jolanda Aalbers/Shutterstock.com, (szczupak) blickwinkel/Alamy Stock Photo/BE&W, (żaba) Cathy Keifer/Shutterstock.com; s. 113 (bzyg) Marco Uliana/Shutterstock.com, (motyl) Bildagentur Zoonar GmbH/Shutterstock.com, (patyczak) Andrew Burgess/Shutterstock.com, (sola) fotosub/Shutterstock.com, (jeż) Christian Mueller/Shutterstock.com; s. 114 (rosiczka) scanners3d/Shutterstock.com; s. 115 (zab) Dariusz Litwiniec, (krowa) Nicolas Primola/Shutterstock.com, (akacja) Peter Crighton/Alamy Stock Photo/BE&W, (pokrzywa) Stefan Sollfors/Alamy Stock Photo/BE&W, (konwalie) haraldmuc/Shutterstock.com; s. 116 (gąsienica) Alexandre Le Bourdais/Shutterstock.com, (motyl) Liloff/Shutterstock.com, (ślimak) Svetlana Klaise/Shutterstock.com, (bóbr) BMJ/Shutterstock.com, (szczyciel) Nature Bird Photography/Shutterstock.com, (wiewiórka) Slava_kovtun/Shutterstock.com; s. 118 (las. hokhowski/Shutterstock.com, (porost) EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (grzyby) Adam J/Shutterstock.com, (korzenie z grzybnią) DR JEREMY BURGESS/SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News, (brodawki korzeniowe) WALLY EBERHART, VISUALS UNLIMITED /SCIENCE PHOTO LIBRARY/East News; s. 119 (mrówki i mszyce) Gucio_55/Shutterstock.com, (pustelnik) Kim David/Shutterstock.com, (żyrafa) namibelephant/iStockphoto.com; s. 120 (chrząszcz) FLPA/Alamy Stock Photo/BE&W, (wróbel) Narupon Nimpaboon/Shutterstock.com, (bocian) Gencho Petkov/Shutterstock.com; s. 121 (tojad) Lucy Turnbull/Alamy Stock Photo/BE&W; s. 123 (liście brzozy) Africa Studio/Shutterstock.com, (larwa owada) Vinicius Tupinamba/Shutterstock.com, (sikorka) Targn Pleiades/Shutterstock.com, (jastrząb) Independent birds/Shutterstock.com; s. 125 (sokół) Nature Bird Photography/Shutterstock.com, (lis. Eric Isselee/Shutterstock.com, (sikorka) Marcin Perkowski/Shutterstock.com, (jaszczurka) Hintau Aliaksei/Shutterstock.com, (gąsienica) tratong/Shutterstock.com, (mysz) Pakhnyushchy/Shutterstock.com, (zając) scattoselvaggio/Shutterstock.com, (brzoza) Ivan Dubenko/Shutterstock.com, (poziomki) Valentina Razumova/Shutterstock.com; s. 126 (udział destruentów w obiegu materii) Artur Janicki; s. 127 (obieg materii) Eugeniusz Osipczuk; s. 128 (sokół) photomaster/Shutterstock.com, (sikorka) irin-k/Shutterstock.com, (sikorka) Maksimilian/Shutterstock.com, (gąsienica) InsectWorld/Shutterstock.com, (gąsienica) Mathisa/Shutterstock.com, (gąsienica) PeJo/Shutterstock.com, (las. Production Perig/Shutterstock.com, (destruenci) PHOTO FUN/Shutterstock.com; s. 131 (roślina) antpkr/Shutterstock.com, (zając) Zhukov Oleg/Shutterstock.com, (wilk) Iakov Filimonov/Shutterstock.com, (grzyby) Adam J/Shutterstock.com; s. 132 (obieg materii) Dariusz Litwiniec; s. 134 (piramida wiekowa) Eugeniusz Osipczuk;

s. 137 (żubry) De Agostini Editorial/ G. CAPPELLI/Getty Images; s. 139 (ekosystem) Marta Drapiewska, (termometr) Arcady/Shutterstock.com, (barometr) Olha Chernova/Shutterstock.com; s. 140 (środowisko wodne) Rostislav Stefanek/Shutterstock.com, (jaszczurka) Digfoto/imageBROKER RF/Getty Images; s. 141 (borsuk) Volodymyr Burdiak/Shutterstock.com, (kret) Ondrej Prosicky/Shutterstock.com, (dromader) Konstantnin/Shutterstock.com, (szarotka) Bernd Juergens/Shutterstock.com, (słoneczniki) Galina Eme/Shutterstock.com, (kaktus) Anton Foltin/Shutterstock.com; s. 142 (wulkan) Erdem Summak/Shutterstock.com; s. 144 (zakres tolerancji) Eugeniusz Osipczuk; s. 145 (muszla) Robert Eastman/Shutterstock.com; s. 146 (mapa zasięgów lisów) Adrian Bergiel, (lis polarny) Eric Isselee/Shutterstock.com, (lis rudy) Eric Isselee/Shutterstock.com, (fenek) Robert Eastman/Shutterstock.com; s. 147 (rózanecznik) andersphoto/Shutterstock.com, (wrzos) Toibkk/Shutterstock.com, (gwiazdnica) Lipatova Maryna/Shutterstock.com, (mak polny) Manfred Ruckszio/Shutterstock.com, (naparstnica) patjo/Shutterstock.com, (naparstnica – szparowana) Vilor/Shutterstock.com, (niecierpek) F_studio/Shutterstock.com; s. 148 (kominy) Sergey Panychev/Shutterstock.com, (pierwotek) Webitect/Shutterstock.com, (miecznica proszkowata) Renata i Marek Kosińscy, (elektrownia) Travel mania/Shutterstock.com, (smog w mieście) BeeZeePhoto/Shutterstock.com, (złotoros. postrzępiony) Joanna Bańka; s. 149 (tarczownica bruzdkowana) vaivirga/Shutterstock.com, (duże miasto) CinCinAr/Shutterstock.com, (osiedle) Roschetzky Photography/Shutterstock.com, (mąklik otrębiasty) HHelene/Shutterstock.com, (brodaczką nadobną) Jaanus Jarva/Alamy Stock Photo/BE&W, (jeziora) Marius. Switulski/Shutterstock.com, (góry) Tomasz Mazon/Shutterstock.com, (granicznik płucnik) Zadiraka Evgenii/Shutterstock.com; s. 151 (panele słoneczne) Diyana Dimitrova/Shutterstock.com, (węgiel) SHTRAUS DMYTRO/Shutterstock.com, (las. InnaVar/Shutterstock.com, (platforma wiertnicza) noomcpk/Shutterstock.com, (dzięcioł) tomatto/Shutterstock.com, (sól kamienna) matin/Shutterstock.com, (ruda metali) Zelenskaya/Shutterstock.com; s. 153 (elektrownia węglowa) Artur Bociarski/Shutterstock.com, (panele słoneczne) Wang An Qi/Shutterstock.com, (tama) BT Image/Shutterstock.com, (wiatraki) xieyuliang/Shutterstock.com; s. 154 (wysypisko) Picsfive/Shutterstock.com, (spalarnia) Ana Gram/Shutterstock.com, (kosze na śmieci) JALL/Shutterstock.com, (plastikowe butelki) photka/Shutterstock.com, (makulatura) photka/Shutterstock.com, (szkło) photka/Shutterstock.com; s. 155 (wykres źródła energii) Eugeniusz Osipczuk; s. 157 (rafa koralowa) stephan kerkhofs/Shutterstock.com, (pustynia) Ivoha/Shutterstock.com; s. 158 (dzięcioł) Victor Tyakht/Shutterstock.com, (góry) Andrzej Rostek/Shutterstock.com, (sarna w lesie) Eric Isselee/Shutterstock.com, (wiewiórka) JK13/Shutterstock.com, (samiec sarny i las) Ihor Hvozdetyskyi/Shutterstock.com, (wiewiórka) USBFCO/Shutterstock.com, (sarny) tavipphoto/Shutterstock.com; s. 159 (uprawa warzyw) gillmar/Shutterstock.com, (kopalnia) VanderWolf Images/Shutterstock.com, (bale drewna) Mikael Damkier/Shutterstock.com, (ametyst) Potapov Alexander/Shutterstock.com, (plaża) Nhannt/Shutterstock.com, (las) Ecuadorpostales/Shutterstock.com; s. 160 (ładowanie drewna) Den Edryshov/Shutterstock.com, (żywica) Shcherbyna Nataliia/Shutterstock.com, (grzyby) Vladimir Sazonov/Shutterstock.com; s. 161 (połów ryb) Split Second Stock/Shutterstock.com, (hodowla ryb) Andrey Armyagov/Shutterstock.com, (kontenery) hxdyl/Shutterstock.com, (platforma wiertnicza) Kanok Sulaiman/Shutterstock.com; s. 162 (płetwal błękitny) Encyclopaedia Britannica/Universal Images Group Editorial/Getty Images. (finwal) Encyclopaedia Britannica/Universal Images Group Editorial/Getty Images. (sejwal) Encyclopaedia Britannica/Universal Images Group Editorial/Getty Images. s. 164 (rogi nosorożców) Daryl Balfour/Getty Images. s. 165 (kopalnia odkrywkowa) Lukasz Pawel Szczepanski/Shutterstock.com, (zanieczyszczona woda) Stephane Bidouze/Shutterstock.com, (przejście dla zwierząt) jewhyte/iStockphoto.com, (pole uprawne) Fotokostic/Shutterstock.com; s. 166 (czerwona księga) Instytut Ochrony Przyrody PAN; s. 167 (warzucha polska) D. Kucharski K. Kucharska/Shutterstock.com, (rysie) Tambako the Jaguar/Getty Images, (przechowywanie nasion) Bastian/BE&W; s. 168 (gruszki) NouN/Biosphoto/East News, (kura) rubchikovaa/Shutterstock.com; s. 169 (wykres obszary chronione w Polsce) Eugeniusz Osipczuk; s. 170 (brodaczką właściwą) Stefan Holm/Shutterstock.com,

(chrobotek alpejski) Zelma Brezinska/Shutterstock.com, (ozorek dębowy) Pieter Bruin/Shutterstock.com, (przylaszczka pospolita) ArjaKo's/Shutterstock.com, (storczyk samiczny) Edvard Mizsei/Shutterstock.com, (przebiśniegi) Anastasiia Malinich/Shutterstock.com, (arnika górską) Nataliia Melnychuk/Shutterstock.com; s. 171 (kozica) TTstudio/Shutterstock.com, (smardz) Mircea Costina/Shutterstock.com, (modliszka) imv/iStockphoto.com, (żółw) RazvanZinica/Shutterstock.com, (bocian) Michal Kocan/Shutterstock.com, (grzebiuszka) iliuta goean/Shutterstock.com; s. 172 (mapa parków narodowych) Adrian Bergiel; s. 173 (żurawie) Tomasz Kubis/Shutterstock.com; s. 174 (Pieniny) Jan Włodarczyk/BE&W, (motyl) Bildagentur Zoonar GmbH/Shutterstock.com, (bocian czarny) Wang LiQiang/Shutterstock.com; s. 175 (Jura) gebus tomasz/BE&W, (gronostaj) Ian Maton/Shutterstock.com, (kozioróg) Jausa/Shutterstock.com; s. 176 (Wodogrzmoty Mickiewicza) gubernat/Shutterstock.com; s. 178 (maki) irin-k/Shutterstock.com, (naparstnica) Manfred Ruckszio/Shutterstock.com, (wrzos. Jolanta Wojcicka/Shutterstock.com; s. 179 (pierwotek na korze) Webitect/Shutterstock.com, (misecznica proszkowata) Renata i Marek Kosińscy, (złotoros. postrzępiony) Joanna Bańka, (tarczownica bruzdkowana) vaivirga/Shutterstock.com, (mąklik otrębiasty) HHelene/Shutterstock.com, (brodaczka nadobna) Jaanus Jarva/Alamy Stock Photo/BE&W, (granicznik płucnik) Zadiraka Evgenii/Shutterstock.com; s. 180 (makulatura) photka/Shutterstock.com, (symbol recyklingu) Roman Sotola/Shutterstock.com, (bela papieru) Baloncici/Shutterstock.com, (torby papierowe) studiovin/Shutterstock.com; s. 183 (brodaczka zwyczajna) Stefan Holm/Shutterstock.com; s. 184 (fenek) LifetimeStock/Shutterstock.com, (lis polarny) Eric Isselee/Shutterstock.com

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęły starania, mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 27¹ ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.