



## Ewolucja zbieżna i rozbieżna

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Ewolucja zbieżna i rozbieżna

Mimo łudzącego podobieństwa płetwy delfinów i ryb mają zupełnie odrębne pochodzenie.  
Źródło: Lachlan Dempsey, domena publiczna.

W zależności od zmieniających się warunków środowiska osobniki należące do tych samych gatunków mogą rozpocząć procesy różnicowania, natomiast osobniki należące do różnych gatunków – rozpocząć proces upodabniania się do siebie. Zjawiska te mają na celu jak najlepsze przystosowanie do zmian, co ma zagwarantować przetrwanie.

### Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest ewolucja zbieżna i rozbieżna.
- Przeanalizujesz związek między izolacją geograficzną a ewolucją rozbieżną.
- Scharakteryzujesz narządy analogiczne.

# Przeczytaj

---

## Ewolucja rozbieżna

**Ewolucja rozbieżna** (dywergencja) polega na tym, że dwie **populacje** tego samego gatunku ewoluują w dwóch różnych kierunkach. Z czego wynika określony kierunek ewolucji? Najczęściej przyczyną ewolucji rozbieżnej jest zajmowanie przez dwie populacje różnych środowisk, w których panują inne warunki. Odmienne warunki środowiska sprawiają, że inne cechy (a zatem i inne **allele** genów) stają się przydatne.

Dobór naturalny utrzymuje przy życiu najlepiej przystosowane osobniki. Sukces ewolucyjny osiągają te organizmy, które posiadają cechy zapewniające im największe szanse przetrwania i rozmnażania się w danych warunkach. Z powodu bytowania w różnych środowiskach różne allele będą warunkować cechy decydujące o przystosowaniu danego osobnika. Dwie populacje żyjące w odmiennych warunkach będą więc ewoluować w różnych kierunkach. Ewolucja rozbieżna ostatecznie może prowadzić do powstania dwóch różnych gatunków – zjawisko to nazywamy **specjacją**.

## Ewolucja rozbieżna a izolacja

Osobniki z dwóch populacji, które obrały inny kierunek ewolucji, nie mogą się między sobą krzyżować, gdyż doszłoby do zniwelowania różnic między nimi. Ewolucji rozbieżnej sprzyjają zatem wszelkie bariery. Należy do nich np. izolacja geograficzna. W tym przypadku istnieje bariera fizyczna (np. łańcuch górski lub morze), która uniemożliwia kontaktowanie się ze sobą osobników tego samego gatunku.

Przykładem izolacji geograficznej są oddzielone od siebie wyspy Galapagos, na których żyją różne, choć spokrewnione ze sobą, gatunki żółwi lądowych. Prawdopodobnie powstały one na drodze ewolucji rozbieżnej. Na skutek izolacji geograficznej osobniki mogą wykształcić na tyle różne cechy, że nawet po eliminacji tej bariery fizycznej nie będą w stanie się ze sobą krzyżować. Oznacza to, że doszło do wytworzenia między nimi izolacji rozrodczej, a co za tym idzie – powstały dwa odrębne gatunki.



Żółw słoniowy (*Chelonoidis niger*) jest tradycyjnie klasyfikowany jako osobny gatunek, jednak zdaniem części naukowców badania mitochondrialnego DNA żółwia z Galapagos świadczą o tym, że różnice między tradycyjnie wyróżnianymi podgatunkami żółwia słoniowego są na tyle istotne, że uzasadnione jest traktowanie ich jako odrębnych gatunków.

Źródło: Matthew Field, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

### Ciekawostka

Wyróżniamy izolację rozrodczą prezygotyczną i postzygotyczną. Do izolacji prezygotycznej zaliczamy izolację behawioralną, która polega na tym, że każda z płci nie rozpoznaje osobników przeciwnej płci drugiego gatunku jako potencjalnych partnerów płciowych. Przykładem izolacji postzygotycznej jest bezpłodność mieszańców. Dotyczy to np. muła, czyli mieszańca konia i osła.

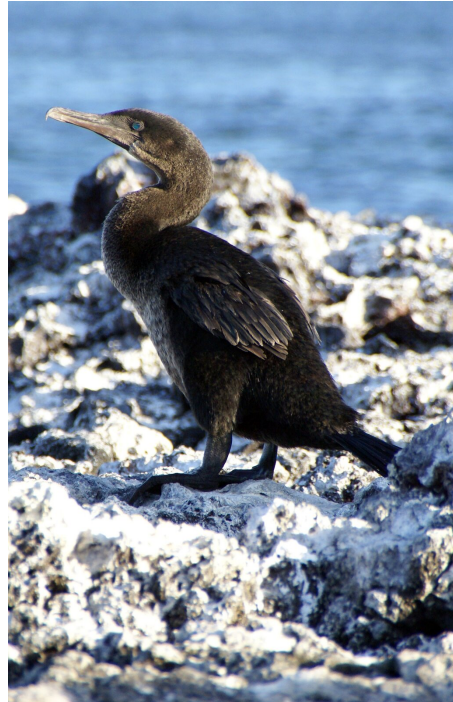
## Ewolucja zbieżna

W **ewolucji zbieżnej** mamy do czynienia z powstawaniem podobnych przystosowań w obrębie niespokrewnionych ze sobą gatunków. Podobieństwa (np. w budowie narządów czy wyglądzie ogólnym organizmów) wynikają z funkcjonowania w podobnych warunkach środowiska.

**Przykłady ewolucji zbieżnej w odniesieniu do całych organizmów:**

- białe ubarwienie lisa polarnego i niedźwiedzia polarnego;
- kolce jeża i kolczatki australijskiej;
- opływowy kształt wieloryba i ryb.

Ewolucja zbieżna nazywana jest również konwergencją (łac. *convergere* – upodabniać się). Funkcjonowanie w podobnych warunkach środowiska sprawia, że niespokrewnione ze sobą gatunki upodabniają się do siebie, co zwiększa ich stopień przystosowania i daje większe szanse na przeżycie i rozmnażanie się. Dobór naturalny w tym przypadku prowadzi do utrwalenia korzystnych cech.



Przykładem ewolucji zbieżnej jest wykształcenie skrzydeł przystosowanych do pływania u kormorana nielotnego (*Phalacrocorax harrisi*) z Wysp Galapagos (podobnie jak u pingwinów).

Źródło: putneymark, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.0.

## Narządy analogiczne

Na drodze ewolucji zbieżnej dochodzi do powstawania **narządów analogicznych**. Są to narządy podobne do siebie zarówno pod względem morfologicznym, jak i funkcjonalnym, powstające u osobników należących do dwóch różnych gatunków – mają więc inne pochodzenie.

### Przykłady narządów analogicznych:

- skrzydło owada i skrzydło ptaka;
- odnóże owada i odnóże kręgowca;
- płetwy łososia i delfina;

- oko kręgowca i oko głowonoga.

Powstawanie narządów analogicznych wynika z bytowania osobników różnego gatunku w podobnych warunkach środowiska.

## Słownik

### allele

(gr. *allos* – inny) różne formy tego samego genu, zajmujące to samo miejsce w chromosomach, ale warunkujące odmienne wykształcenie się tej samej cechy; często są oznaczane symbolami „A”, „a”

### analogiczne narządy

narządy różnych organizmów, zewnętrznie podobne i pełniące taką samą funkcję, lecz różniące się budową wewnętrzną i niemające wspólnego pochodzenia, np. skrzydła ptaków (zmodyfikowane kończyny przednie) i skrzydła owadów (workowate wypuklenia zewnętrznej okrywy ciała)

### ewolucja rozbieżna

proces ewolucji, w którym potomkowie jednego wspólnego przodka zajmują różne nisze i wytwarzają odmienne przystosowania

### ewolucja zbieżna

powstawanie morfologicznie i funkcjonalnie podobnych struktur w grupach organizmów odlegle spokrewnionych, w odpowiedzi na podobne wymagania środowiskowe (np. podobny typ pokarmu, wymagania lokomocyjne)

### populacja

(łac. *populatio* – ludność) podstawowa jednostka ekologiczna; osobniki należące do jednej populacji żyją w takich samych warunkach, mogą się ze sobą kontaktować i rozmnażać się

### specjacja

(łac. *species* – gatunek) proces biologiczny, prowadzący do powstania nowych gatunków, na skutek wytworzenia się bariery rozrodczej pomiędzy wyjściowymi populacjami (brak wymiany genów)

# Grafika interaktywna

---

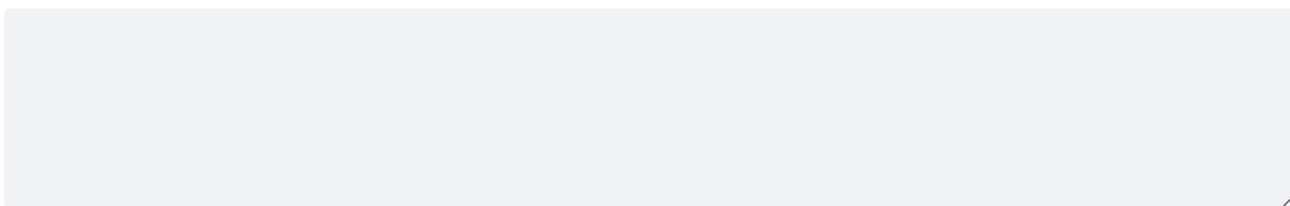
**Konwergencja** polega na występowaniu podobieństw strukturalnych u niespokrewnionych gatunków, co wynika z występowania w podobnych środowiskach.

Przykładem konwergencji mogą być dwie niespokrewnione rośliny, występujące na dwóch różnych kontynentach.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

## Polecenie 1

Opisz podobieństwa w budowie *Euphoria ingens* oraz *Opuntia Mill* Podaj dwa inne przykłady konwergencji występujące wśród roślin lub u zwierząt.



Występowanie łusek u Krokodyła nilowego (*Crocodylus niloticus*) oraz piór u papugi Ary żółtoskrzydłej (*Ara macao*) jest przykładem ewolucji rozbieżnej, zwanej dywergencją.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

## Polecenie 2

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



## Ćwiczenie 2



Wskaż narządy analogiczne.

- Oko wiewiórki i oko pająka
- Płetwa walenia i płetwa rekina
- Skrzydło ptaka i skrzydło nietoperza
- Odnóże mrówki i noga słonia
- Szyja myszy i szyja żyrafy

## Ćwiczenie 3



Określ, czy poniższy tekst jest prawdziwy.

Najczęstszą przyczyną ewolucji rozbieżnej jest zajmowanie przez dwie populacje różnych środowisk, w których panują inne warunki. Odmienne warunki środowiska sprawiają, że inne cechy stają się przydatne. Dobór naturalny utrzymuje przy życiu najlepiej przystosowane osobniki. Sukces ewolucyjny osiągają te organizmy, które przejawiają cechy zapewniające im największe szanse przetrwania i rozmnażania się w danych warunkach środowiska.

## Ćwiczenie 4



Uzupełnij tekst odpowiednimi sformułowaniami.

homologii, przeżycie, dywergencją, konwergencją, przystosowania

Ewolucja zbieżna bywa nazywana ..... Funkcjonowanie w podobnych warunkach środowiska sprawia, że niespokrewnione ze sobą gatunki upodabniają się do siebie, co zwiększa ich stopień ..... i daje większe szanse na ..... i rozmnażanie się. Dobór naturalny w tym przypadku prowadzi do utrwalenia korzystnych cech.

## Ćwiczenie 5



Dopasuj definicje do poszczególnych pojęć.

Allele, Specjacja, Określenie genów odpowiedzialnych za dziedziczenie cech, Niezdolność osobników dwóch gatunków do krzyżowania się

Pojęcie	Definicja
Allele	
Specjacja	

## Ćwiczenie 6



Na podstawie treści e-materiału oraz własnej wiedzy wskaż przykłady narządów, organizmów i ich cech powstałych na drodze ewolucji zbieżnej i rozbieżnej.

Różne podgatunki żółwi z Galapagos, Opływowy kształt ciała waleni i ryb, Kończyny przednie nietoperza i kończyny przednie konia, Różne dzioby u zięb Darwina, Skrzydła ptaków i skrzydła owadów

Ewolucja zbieżna	
Ewolucja rozbieżna	

## Ćwiczenie 7



Przedstaw związek między ewolucją rozbieżną i izolacją geograficzną.

## Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Ewolucja zbieżna i rozbieżna

**Grupa docelowa:** uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Ewolucja. Uczeń:

- 12) rozpoznaje, na podstawie opisu, schematu, rysunku, konwergencję i dywergencję;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XVI. Ewolucja. Uczeń:

- 14) opisuje warunki, w jakich zachodzi radiacja adaptacyjna oraz ewolucja zbieżna;

**Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Wyjaśnisz, czym jest ewolucja zbieżna i rozbieżna.
- Przeanalizujesz związek między izolacją geograficzną a ewolucją rozbieżną.
- Scharakteryzujesz narządy analogiczne.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

## **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;
- śniegowa kula;
- gra dydaktyczna.

## **Formy pracy:**

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

## **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

## **Przed lekcją:**

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

## **Przebieg lekcji**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel rozpoczyna pogadankę, zadając pytanie:
  - Czym jest ewolucja zbieżna, a czym ewolucja rozbieżna?

### **Faza realizacyjna:**

1. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując w udostępnionym e-materiale odpowiedzi na następujące pytania:
  - Jaki jest związek między izolacją geograficzną a ewolucją rozbieżną?
  - Czym są narządy analogiczne?
  - Dlaczego organizmy ewoluują i w jakiej sytuacji można spodziewać się przyspieszenia ewolucji?Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
  - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane

pytania;

- 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
- 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
- 4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;
- 5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych zaprezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.

2. **Praca z multimediami („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by wyjaśnili, na czym polega podobieństwo w budowie *Euphoria ingens* oraz *Opuntia Mill.* Uczniowie, pracując w parach, formułują wyjaśnienie. Następnie ochotnicy przedstawiają swoje wyjaśnienia na forum klasy, a nauczyciel ocenia ich poprawność.
3. Nauczyciel prosi uczniów, aby podali dwa inne przykłady konwergencji występujące wśród roślin lub u zwierząt.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 5 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Na koniec zajęć nauczyciel raz jeszcze wyświetla na tablicy interaktywnej lub przy użyciu rzutnika temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W kontekście wyświetlonych treści prosi uczniów o rozwinięcie zdania: „Na dzisiejszej lekcji nauczyłem/nauczyłam się...”.
2. Nauczyciel wyświetla treści zawarte w sekcji „Wprowadzenie” i na ich podstawie dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji. Wyjaśnia także wątpliwości uczniów.

#### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenie nr 6 z sekcji „Sprawdź się”.

#### **Materiały pomocnicze:**

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

#### **Dodatkowe wskazówki metodyczne:**

- Multimedia zamieszczone w sekcji „Grafika interaktywna” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zainteresowania uczniów.