



## Pośrednie dowody ewolucji

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



## Pośrednie dowody ewolucji

Podstawą rozwoju nauki o ewolucji była teoria przedstawiona przez Karola Darwina oraz Alfreda Wallace'a w 1858 roku na zebraniu Towarzystwa Linneuszowego. Zakłada ona, że największe szanse na przeżycie mają osobniki najlepiej dostosowane do danych warunków środowiska. Osobniki te mają większe szanse na wydanie potomstwa i tym samym swoje korzystne cechy przekazują następnemu pokoleniu. Tak w środowisku działa dobór naturalny.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Dowody na istnienie ewolucji i mechanizmy nią rządzące pochodzą z różnych dziedzin nauki, np. paleontologii, anatomii porównawczej, biogeografii, biochemii czy genetyki. Jeżeli porównamy cechy budowy współcześnie występujących organizmów, to możemy wyciągnąć wnioski o ich wspólnym pochodzeniu. Do najbardziej przekonujących dowodów na pokrewieństwo należą budowa komórkowa i podobny skład chemiczny komórek: wszystkie organizmy składają się z białek, cukrów, tłuszczów i kwasów nukleinowych.

### Twoje cele

- Omówisz pośrednie dowody ewolucji.
- Wykażesz różnice między pośrednimi i bezpośrednimi dowodami ewolucji.

# Przeczytaj

---

## Pośrednie dowody ewolucji

Dowody na istnienie ewolucji i mechanizmy nią rządzące pochodzą z różnych dziedzin nauki, np. paleontologii, anatomii porównawczej, biogeografii, biochemii czy genetyki. O dowodach bezpośrednich przeczytasz w e-materiale: [Bezpośrednie dowody ewolucji](#).

Wybrane przykłady pośrednich dowodów ewolucji:

### Narządy homologiczne

Narządy homologiczne to narządy o wspólnym pochodzeniu, podobnym planie budowy lecz mogące różnić się pełnionymi funkcjami. Na przykład przednie kończyny kręgowców mają wspólne pochodzenie, ich szkielet wykazuje wiele podobieństw, a pełnione funkcje są bardzo odmienne. Homologie wynikają ze wspólnego pochodzenia, a różnice z dywergencji ([ewolucji rozbieżnej](#)), która doprowadziła do tego, że przednie kończyny wspólnego przodka kręgowców w toku ewolucji przekształciły się w tak różne narządy, jak skrzydła ptaka, płetwy wieloryba czy ręce człowieka. W świecie roślin przykładem homologii mogą być zmodyfikowane liście pełniące różne funkcje - cierń kaktusa chroni jego łodygę, a wąs czepny grochu odpowiada za stabilizację rośliny. Inne pary narządów homologicznych to: owocolistek sosny i słupek tulipana, bulwa ziemniaka i kłącze imbiru.

**CZŁOWIEK**



**PIES**



**PTAK**



**WIELORYB**



Przykłady narządów homologicznych. Na czerwono została zaznaczona kość łokciowa.  
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

**Narządy (struktury) analogiczne**

**Narządy (struktury) szczątkowe**

**Atawizmy**

**Rozwój zarodkowy**

**Uniwersalność kodu genetycznego**

**Replikacja DNA**

**Podobieństwa i różnice kariotypu**

**Budowa białek i DNA**

**Obserwacje z zakresu biogeografii**



Wilk workowaty, wilk tasmański (*Thylacinus cynocephalus*) występował w Australii i Nowej Gwinei. Europejczycy uznali go za szkodnika i intensywnie tępili; ostatni przedstawiciel padł w 1936 roku w australijskim zoo.

Źródło: Baker; E.J. Keller., Wikimedia Commons, domena publiczna.

## Słownik

### biogeografia

dział biologii, a zarazem geografii zajmujący się badaniem rozmieszczenia zwierząt (zoogeografia) oraz roślin (fitogeografia) na Ziemi

### cytochrom c

proteina transportująca elektrony w łańcuchu oddechowym

### 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 odległe spokrewnionych, w odpowiedzi na podobne wymagania

środowiskowe (np. podobny typ pokarmu, wymagania lokomocyjne)

### **kodon**

sekwencja trzech nukleotydów kodująca określony aminokwas. Wyjątek stanowią kodony nonsensowne (inaczej kodony stop); nie odpowiadają one aminokwasowi, tylko zakończeniu procesu translacji

### **replikacja semikonserwatywna**

sposób replikacji cząsteczki DNA polegający na tym, że jedna nić pochodzi ze starej cząsteczki DNA, a druga jest dobudowana na zasadzie komplementarności

# Grafika interaktywna

---

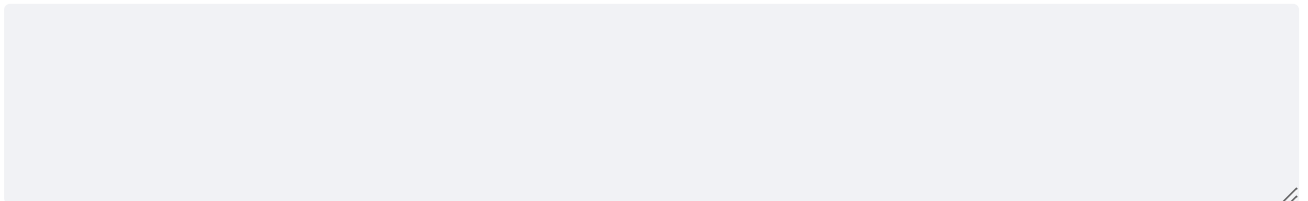
Narządy homologiczne są jednym z dowodów pośrednich ewolucji. Są to narządy organizmów należących do różnych jednostek systematycznych, powstające podczas rozwoju osobniczego z podobnych listków zarodkowych. W stadium ostatecznym mają taki sam zasadniczy plan budowy wewnętrznej i jednakowe powiązania z sąsiadującymi strukturami, natomiast mogą być zewnętrznie niepodobne i spełniać różne funkcje, np. skrzydła ptaków i kończyny przednie ssaków.

Przykłady narządów homologicznych.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

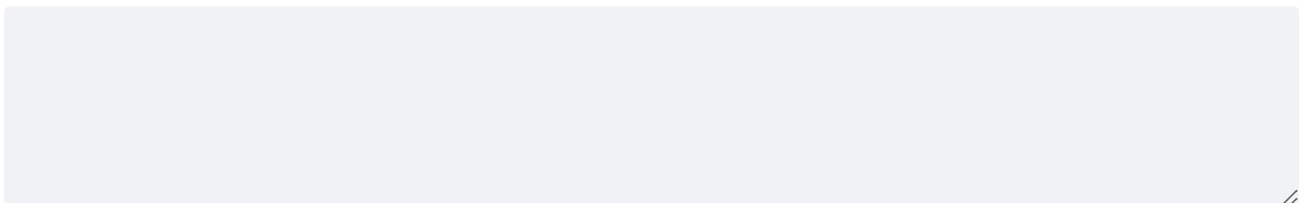
## Polecenie 1

Przykładami pośrednich dowodów ewolucji, których dostarcza anatomia porównawcza, są narządy homologiczne i analogiczne występujące u różnych grup organizmów. Po przeanalizowaniu grafiki interaktywnej podaj inny przykład dwóch par narządów, które są narządami homologicznymi.



## Polecenie 2

Jednym z dowodów pośrednich ewolucji jest występowanie narządów homologicznych. Wymień co najmniej dwa inne dowody pośrednie ewolucji.



# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Spośród poniższych par narządów wybierz te, które są parami narządów homologicznych, oraz te, które są narządami analogicznymi.

Narządy homologiczne		Narządy analogiczne

## Ćwiczenie 2



### Ćwiczenie 3



Poniższe zdania dotyczące pośrednich dowodów na ewolucję z zakresu biochemii i genetyki oceń jako prawdziwe (P) lub fałszywe (F).

	P	F
Cykl Krebsa u wszystkich znanych nam istot żywych jest identyczny, co oznacza, że ewolucja nie dotyczy procesów metabolicznych	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jednym z pośrednich dowodów ewolucji jest fakt, iż u wielu organizmów znajdujemy białka o podobnej budowie - np. cytochrom c, zbudowany z tych samych aminokwasów we wszystkich organizmach.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Podobieństwa w budowie DNA mitochondrialnego stanowią podstawę do poszukiwań początku gatunku ludzkiego	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Ćwiczenie 4



Różnica pomiędzy atawizmem a narządem szczątkowym wydaje się niewielka. Atawizm, w przeciwieństwie do narządu szczątkowego, to cecha, która nie jest typowa dla danego organizmu, ale występowała u jego dalekich przodków.

Narząd szczątkowy określa natomiast narząd o budowie uwstecznionej (uproszczonej w porównaniu od przodków danego organizmu) w wyniku zatracenia przez niego pierwotnej funkcji.

Poniższe przykłady cech dopasuj do grupy „atawizmy” lub „narządy szczątkowe”.

występowanie trzecich zębów trzonowych (zębów mądrości), standardowe owłosienie ciała człowieka, wyrostek robaczkowy, silne owłosienie całego ciała występujące u niektórych ludzi, nadmiernie rozwinięte kły u niektórych ludzi

atawizmy	
narządy szczątkowe	

## Ćwiczenie 5



Przeciwnicy teorii ewolucji podają szereg argumentów i przykładów mających przeczyć bezpośrednim i pośrednim dowodom na ewolucję. Na przykład w książce „Ewolucja, dewolucja, nauka” Maciej Giertych pisze: „Latimeria, którą uważano za wymarły gatunek, stanowiący ogniwo pomiędzy rybami a zwierzętami lądowymi, ma się świetnie, a badanie tkanek miękkich Latimerii wykluczyło, by mogła być prapłazem”. W innym miejscu autor pisze o pandzie czerwonej: „Te pochodzące z umiarkowanych lasów Himalajów uroczę stworzenia to tylko dalecy krewniacy rodziny pandowatych, którym zawdzięczają nazwę. Rodowodowo bliżej im do szopów i łasic. W istocie z pandami dzielą tylko podobną dietę, bogatą w pędy bambusa”.

Źródło: „Ewolucja, dewolucja, nauka”, autor: Maciej Giertych, wydawnictwo: Fronda, data wydania: 2016-01-29

Maciej Giertych (ur. 24 marca 1936 w Warszawie) - polityk i naukowiec, profesor nauk leśnych. Głosi poglądy kreacjonistyczne oraz jest członkiem organizacji *Cercle Scientifique et Historique* zrzeszającej kreacjonistów katolickich.



Szkielet kończyny pandy wielkiej (*Ailuropoda melanoleuca*).

Źródło: Daderot, wikipedia.org, licencja: CC 0 1.0.



Panda czerwona, pandka ruda (*Ailurus fulgens*).

Źródło: Mathias Appel, flickr, licencja: CC 0 1.0.

Na pierwszym z powyższych zdjęć znajduje się szkielet łapy pandy wielkiej (*Ailuropoda melanoleuca*) wystawiony na pokaz w tokijskim muzeum. Na drugim zdjęciu – panda czerwona zwana też pandką rudą (*Ailurus fulgens*).

Zaskakującą zdolnością obu wymienionych gatunków jest umiejętność chwytania przedmiotów i precyzyjnego manipulowania nimi za pomocą łap. Wśród kręgowców zdolności takie posiadają głównie naczelne, ze względu na obecność kciuka. Jeśli jednak przyjrzyj się uważnie pierwszemu zdjęciu, dostrzeżesz, że panda wielka również posiada coś na kształt kciuka. Jest to jednak szósty „palec” nieposiadający (w przeciwieństwie do pozostałych 5) pazura. Ten „kciuk” powstał z przekształcenia części kości nadgarstka i występuje zarówno u pandy wielkiej, jak i pandy czerwonej.

Oba opisywane gatunki należą do rzędu drapieżnych (*Carnivora*) i podrzędu psokształtnych (*Caniformia*). Panda wielka jest gatunkiem należącym do rodziny niedźwiedziowatych (*Ursidae*), a pandka ruda do pandkowatych (*Ailuridae*). Nie zawsze jednak tak było. Ze względu na podobieństwo morfologiczne panda wielka od początku uznawana była za niedźwiedzia. Następnie, na podstawie między innymi podobieństw w budowie układu rozrodczego, oba gatunki zaklasyfikowano do rodziny szopowatych. W kolejnym etapie stworzono nową rodzinę, do której należały panda wielka i pandka ruda. Dopiero badania molekularne, polegające na porównaniu sekwencji nukleotydów wielu gatunków ssaków drapieżnych, pozwoliły na zaklasyfikowanie pandy wielkiej do niedźwiedziowatych, a pandki rudej do pandkowatych (których jest obecnie jedynym przedstawicielem).

Pomimo że oba opisywane gatunki zamieszkują podobne tereny i żywią się identycznym pokarmem (bambus), to fałszywe kciuki wykształciły się u nich niezależnie w toku ewolucji.

## Ćwiczenie 7



## Ćwiczenie 8



# Dla nauczyciela

---

## Scenariusz lekcji

**Autor:** Agnieszka Pieszalska

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Pośrednie dowody ewolucji

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

### Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

IX. Ewolucja. Uczeń:

2) przedstawia podstawowe źródła wiedzy o mechanizmach i przebiegu ewolucji;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XVI. Ewolucja. Uczeń:

2) przedstawia podstawowe źródła wiedzy o mechanizmach i przebiegu ewolucji;

### Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji;

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

### **Cele operacyjne:**

### **Uczeń:**

- omawia pośrednie dowody ewolucji;
- wykazuje różnicę między pośrednimi a bezpośrednimi dowodami ewolucji.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

### **Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza tekstu źródłowego;
- rozmowa kierowana;
- mapa myśli.

### **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;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusze papieru A1, flamastry.

## **Przebieg zajęć**

### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się ze wstępem w e-materiale.
2. Nauczyciel zadaje pytania:
  - Jakie wyróżniamy dowody ewolucji?
  - Jaka jest różnica między pośrednimi a bezpośrednimi dowodami ewolucji?

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy i rozdaje im arkusze papieru A1 oraz flamastry. Grupy na podstawie e-materiału oraz przygotowanych informacji mają za zadanie opracować w formie mapy myśli zagadnienia dotyczące pośrednich dowodów ewolucji. Mogą to przedstawić w formie haseł, symboli, rysunków.
  - Grupom I i II przypadają tematy: narządy homologiczne, narządy analogiczne, atawizmy i rozwój zarodkowy.
  - Grupom III i IV: kod genetyczny, replikacja DNA, podobieństwa i różnice kariotypu, budowa białek i genów oraz obserwacje z zakresu biogeografii.
2. Grupy wybierają po dwóch ekspertów, którzy najlepiej opanowali otrzymane zagadnienia. Następnie eksperci zamieniają się grupami (I z III, a II z IV)

i przekazują zdobytą wiedzę. Po upływie wyznaczonego czasu eksperci wracają do swoich grup.

3. Nauczyciel kontroluje pracę grup oraz w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości.
4. Po upływie przeznaczonego czasu chętne osoby z grupy przedstawiają swoje mapy myśli.
5. Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną i rozwiązują polecenia.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 6 (w którym mają za zadanie, na podstawie własnej wiedzy i przedstawionego tekstu, wybrać odpowiednie określenie opisujące zależności ewolucyjne pomiędzy kciukiem naczelnych i „kciukami” omawianych gatunków) oraz ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie ocenić, czy ludzki kciuk i kciuki gatunków opisywanych w tekście ćwiczeniu nr 6 są narządami analogicznymi czy homologicznymi) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje rozwiązania z inną parą. Wybrane osoby przedstawiają odpowiedzi na forum klasy.

2. Nauczyciel zadaje uczniom pytania:

- Co na zajęciach wydało wam się ważne i ciekawe?
- Co było łatwe, a co trudne?
- Jak możecie wykorzystać wiadomości i umiejętności, które dziś zdobyliście?

### **Praca domowa:**

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 5 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 8 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.

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej**

Nauczyciel może wykorzystać grafikę interaktywną do podsumowania lekcji.