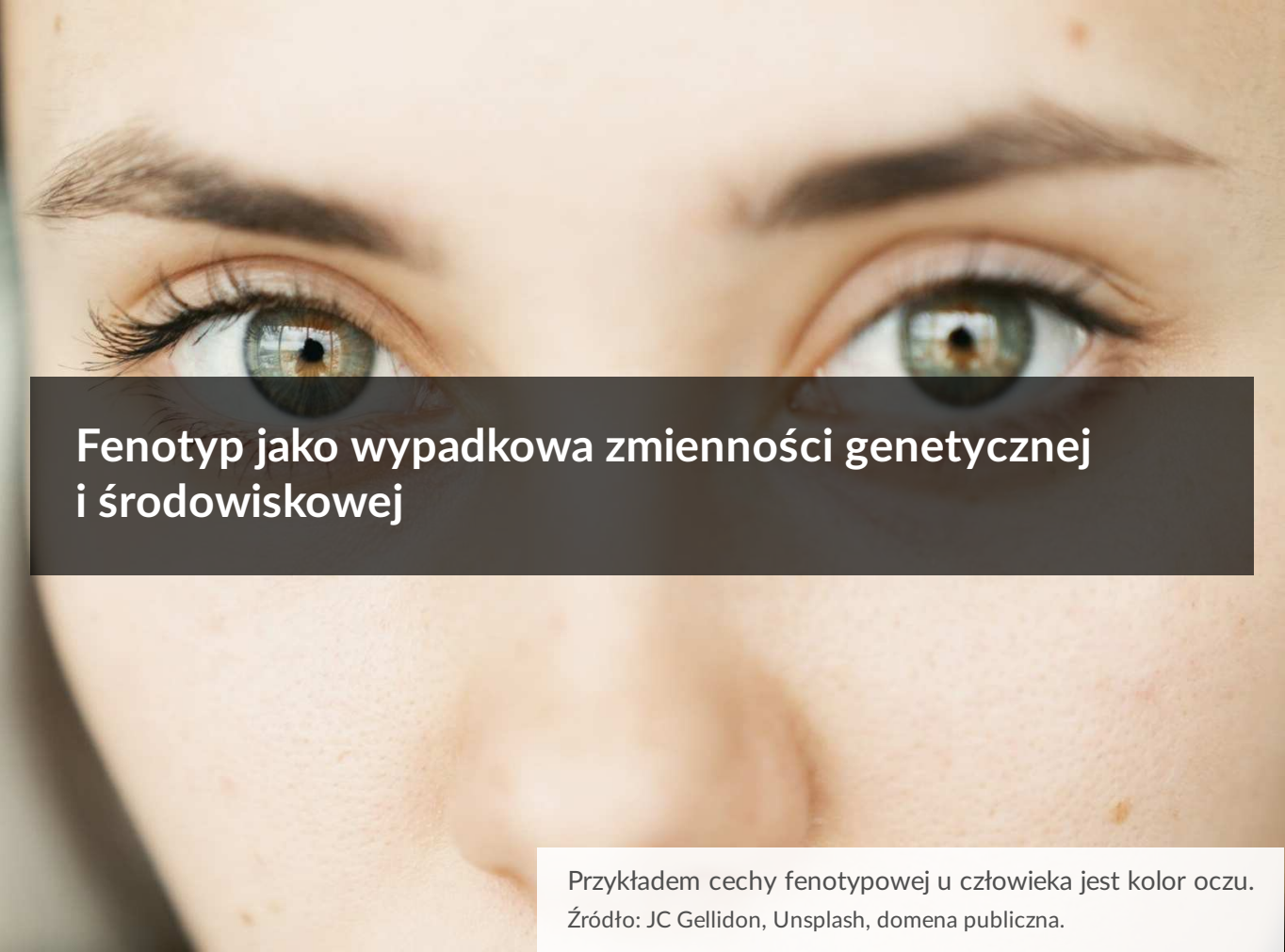


Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

A close-up photograph of a person's face, focusing on their eyes. The eyes are a light, hazel color with dark, well-defined eyelashes. The skin is fair and has a soft texture. A dark, semi-transparent rectangular box is overlaid on the lower part of the image, containing white text.

Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej

Przykładem cechy fenotypowej u człowieka jest kolor oczu.
Źródło: JC Gellidon, Unsplash, domena publiczna.

Fenotyp to zespół dziedziczonych cech anatomicznych, fizjologicznych i biochemicznych organizmu żywego, które są mierzalne i łatwe do obserwacji. Fenotyp warunkowany jest przez zestaw genów konkretnego organizmu oraz oddziałujące na niego czynniki środowiska – jest wypadkową zmienności genetycznej i środowiskowej. Czym są te zmienności? Jakie są przykłady ich wpływu na cechy fenotypowe organizmów?

Twoje cele

- Przedstawisz zmienność genetyczną i środowiskową.
- Podasz przykłady zmienności genetycznej i środowiskowej na fenotyp.
- Opisziesz na przykładzie, jak zmienność genetyczna i środowiskowa mogą współdziałać w tworzeniu danego fenotypu.

Przeczytaj

W populacji danego gatunku występuje wiele osobników. Różnice między nimi dotyczą cech fenotypowych o mierzalnym i obserwowalnym charakterze. Należą do nich m.in. wzrost lub wielkość, masa ciała, umaszczenie i kolor oczu. Zmiany dotyczące danej cechy fenotypowej mogą mieć charakter trwały (ciągły), bądź przejściowy (nieciągły), a także ulegać modyfikacjom na różnych etapach życia organizmu. **Zmienność fenotypowa** określana jest jako całkowita zmienność biologiczna danej cechy w obrębie populacji.

Zmienność fenotypowa to efekt składowy **zmienności genetycznej** oraz **zmienności środowiskowej**.

Więcej na ten temat w e-materiałach:

- *Zmienność środowiskowa;*
- *Genetyczne uwarunkowania zmienności ciągłej i nieciągłej.*

Zmienność genetyczna

Zmienność genetyczna ma decydujące znaczenie dla procesów ewolucyjnych: modyfikacje powstałe w jej wyniku są przekazywane kolejnym pokoleniom. Wyróżnia się dwa typy zmienności genetycznej: zmienność rekombinacyjną oraz zmienność mutacyjną.

Zmienność rekombinacyjna wynika z powstawania nowych kombinacji alleli, które już istnieją. Warunkują ją:

- przypadkowe rozejście się chromosomów do komórek potomnych podczas podziału komórki;
- zjawisko **crossing-over**.

Zmienność mutacyjna wynika z nagłych, trwałych zmian materiału genetycznego, czyli z mutacji.

Zarówno zmienność rekombinacyjna, jak i mutacyjna mają charakter bezkierunkowy. Mogą prowadzić do powstania nowych kombinacji genów oraz cech fenotypowych. Zmienność genetyczna jest nieprzewidywalna: jej efekty z jednej strony przyczyniają się do zwiększenia szans na przetrwanie, z drugiej – wpływają na rozwój chorób lub ograniczoną zdolność do reprodukcji.

Zmienność genetyczna to źródło **różnorodności genetycznej** populacji lub gatunku. Najczęściej charakteryzowana jest jako zróżnicowanie alleli genów w puli genowej danego gatunku. Bogatsza pula genowa wpływa na zdolność do przetrwania poprzez zwiększenie prawdopodobieństwa przystosowania się do zmieniających się warunków otoczenia oraz odporności na czynniki chorobotwórcze.

Więcej o zmienności genetycznej w e-materiale *Źródła zmienności genetycznej*.

Zmienność środowiskowa

Zmienność środowiskowa to oddziaływanie czynników środowiska zewnętrznego na efekty warunkowane danymi genami.

Czynnikami warunkującymi występowanie zmienności środowiskowej mogą być: temperatura otoczenia, dostępność światła, wody, pokarmu oraz wolnej przestrzeni. Krótkotrwała ekspozycja na zmianę czynników środowiska nie wystarcza, aby doszło do zmian fenotypowych. Bardzo ważne jest również natężenie tych czynników oraz odchylenie od wartości średnich (**fluktuacja**), do których przystosowane są organizmy.



Pokrój kosodrzewiny zależy od wysokości, na której rośnie. Im wyżej, tym większa prędkość wiatru, stąd kosodrzewina tworzy mniejsze krzewy. Jest to przykład wpływu warunków środowiska na fenotyp.

Źródło: Andrzej Otrębski, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Czynniki te wpływają na **fenotyp** danego organizmu. Zmiany fenotypowe warunkowane przez zmienność środowiskową nie są dziedziczone przez kolejne pokolenia, co odróżnia zmienność środowiskową od zmienności genetycznej.

Fenotyp – wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej

Większość cech dotyczących organizmów żywych jest współkształtowana zarówno przez zmienność środowiskową, jak i zmienność genetyczną, która decyduje o zmianach ewolucyjnych. Dzięki niej możliwe jest m.in. zasiedlanie innych obszarów przez organizmy danego gatunku, a także lepsze przystosowanie do zajmowanych terytoriów. Zmienność środowiskowa wpływa na fenotyp organizmów w sposób niedziedziczny, co umożliwia jednak adaptację do zmieniających się warunków środowiska. Jest to szczególnie ważne u roślin, które nie mają zdolności lokomocji.

W przypadku roślin niezwykle ważne jest zjawisko **plastyczności fenotypu** – możliwości wykształcenia różnych fenotypów na bazie jednego fenotypu. Forma fenotypu zależy będzie od czynników środowiskowych. Jest to jedna z możliwości przystosowania się do warunków środowiskowych. Przykładem plastyczności fenotypu jest forma pokroju sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w zależności od gęstości występowania. Zjawisko to obserwuje się także na przykładzie kształtu liści grążela żółtego (*Nuphar lutea*), który wytwarza liście o różnych kształtach w zależności od zanurzenia ich w wodzie: owalne na powierzchni i sałatowate pod wodą. Zjawisko plastyczności fenotypu obserwowane jest także u zwierząt, gdzie szczególnie często występuje u organizmów bezkręgowych.

Przykładem wpływu zmienności genetycznej i środowiskowej na ukształtowanie fenotypu jest zmiana barwy tłuszczu u królików uwarunkowanej przez parę alleli. U osobników będących heterozygotami oraz u homozygot dominujących obecny jest enzym, który rozkłada [ksantofil](#), barwnik odpowiedzialny za żółte zabarwienie tłuszczu – dlatego tłuszcz tych zwierząt jest biały. Homozygoty recesywne są pozbawione tego aktywnego enzymu, co sprawia, że ich tłuszcz jest żółty.

Na barwę tłuszczu mają jednak wpływ również warunki środowiskowe, a dokładniej rodzaj spożywanego pokarmu. Homozygoty recesywne, które otrzymują pokarm pozbawiony ksantofilu, charakteryzują się białym zabarwieniem tłuszczu. Poniżej przedstawiono schemat skrzyżowania osobników heterozygotycznych, oznaczonych jako Aa, pod względem barwy tłuszczu.

	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

W zależności od podawanej zwierzętom karmy (z ksantofilem lub bez) otrzymano ich różne fenotypy. Bez względu na występujący układ alleli (AA, Aa, aa), wszystkie króliki karmione

paszą bez ksantofilu charakteryzowały się białą barwą tłuszczu – warunki środowiskowe wpłynęły zatem na określony fenotyp.

Króliki, które karmione były paszą zawierającą barwnik ksantofil, charakteryzowały się zmiennym fenotypem w zależności od alleli. Potomstwo heterozygotyczne (Aa) oraz homozygotyczne dominujące (AA) przy karmieniu paszą z ksantofilem miało biały tłuszcz (osobniki te mają enzym rozkładający barwnik). Z kolei homozygoty recesywne (aa) przy karmieniu pokarmem z ksantofilem charakteryzowały się żółtym tłuszczem – brakowało w ich organizmie enzymu rozkładającego barwnik. Wynika z tego, że przy karmieniu paszą z ksantofilem 75% osobników potomnych ma tłuszcz barwy białej, 25% – żółtej.

Krzyżówka opisuje dopełnianie się dwóch typów zmienności w kształtowaniu fenotypów.



Kolor futra królika himalajskiego warunkowany jest przez temperaturę otoczenia.

Źródło: Shantel Jang, Flickr, licencja: CC BY-NC-ND 2.0.

Przykładem wykształcenia specyficznego fenotypu przez zmienność genetyczną i środowiskową jest także zmiana barwy futra królika himalajskiego. Jego sierść jest biała – oprócz miejsc najbardziej narażonych na niskie temperatury, takich jak uszy, pysk i łapy, gdzie przyjmuje barwę czarną. Aby udowodnić, że temperatura ma wpływ na barwę futra tego zwierzęcia, dokonano jego strzyżenia w jednym miejscu. Następnie przykładano w nie okład z lodu, który obniżał temperaturę skóry. Po ekspozycji na zimno futro w tym miejscu odrastało, lecz o zmienionym – na czarny – kolorze.

Obserwowane zjawisko świadczy o próbie przystosowania się tych zwierząt do warunków środowiska. Futro barwy ciemnej szybciej się nagrzewa, chroniąc ciało królika przed wychładzaniem się. Białe futro sprzyja też lepszemu maskowaniu się w terenie, który zwierzę zamieszkuje.

Zjawisko współdziałania zmienności genetycznej i środowiskowej w tworzeniu fenotypu można zaobserwować także u ludzi. Przykładem jest fenyloketonuria, choroba dziedziczona

w sposób autosomalny recesywny. Osoby chore mają dwa allele recesywne genu odpowiedzialnego za kodowanie hydroksylazy fenyloalaniny. Enzym ten katalizuje przemianę fenyloalaniny do tyrozyny. W przypadku braku jego aktywności dochodzi do akumulacji fenyloalaniny, która następnie zmieniana jest w kwas fenylopirogronowy. Nieleczona fenyloketonuria może prowadzić do szeregu zmian w organizmie, szczególnie w obrębie układu nerwowego. U noworodków przeprowadza się testy na tę chorobę. Nie ma na nią skutecznego lekarstwa – można natomiast zahamować jej rozwój poprzez eliminację produktów bogatych w fenyloalaninę z diety. W ten sposób zmiana czynnika środowiskowego, jakim jest podaż produktów zawierających fenyloalaninę, może modyfikować fenotyp organizmu chorego na fenyloketonurię.

Słownik

crossing-over

zjawisko wymiany odcinków chromatyd między chromosomami homologicznymi w czasie pierwszej profazy podziału mejotycznego, co prowadzi do wymiany materiału genetycznego między tymi chromosomami

fenotyp

zespół wszystkich cech danego organizmu; fenotyp warunkowany jest zarówno przez geny, jak i środowisko

fluktuacja

przypadkowe odchylenia obserwowanych wartości wielkości fizycznych od ich wartości średnich

ksantofil

organiczny związek chemiczny należący do karotenoidów; ksantofile są fotosyntetycznymi barwnikami pomocniczymi i nadają barwę żółtą, pomarańczową i czerwoną wielu kwiatom oraz owocom



Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1TsKfEh7wQF3>

Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej.

Źródło: dr Inga Wójtowicz, reż. Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film pod tytułem: "Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej".

Polecenie 1

Wyjaśnij, czym jest zmienność środowiskowa. Podaj przykład takiej zmienności.

Polecenie 2

Wyjaśnij znaczenie zmienności genetycznej i środowiskowej dla przetrwania gatunku.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz poprawną odpowiedź. Zmienność genetyczna ma charakter...

☐ kierunkowy.

☐ deterministyczny.

☐ bezkierunkowy.

Ćwiczenie 2



Połącz hasła z definicjami.

zmienność mutacyjna

zmienność genetyczna wynikająca z nagłych, trwałych zmian materiału genetycznego

genotyp

zespół wszystkich cech danego organizmu; warunkowany jest zarówno przez geny, jak i środowisko

zmienność rekombinacyjna

zespół wszystkich genów obecnych w danym organizmie

fenotyp

zmienność genetyczna wynikająca z powstawania nowych kombinacji alleli, które już istnieją

Ćwiczenie 3



W doświadczeniu Gupty i Lewontin z 1981 r. badano wpływ temperatury na średnią liczbę włosków u muszki (*Drosophila pseudoobscura*). Przeprowadzono analizy dla dziesięciu różnych genotypów. Wyniki wskazały, że wzrost temperatury powodował zmianę średniej liczby włosków, jednak wartości te różniły się między genotypami.

Oceń prawdziwość podanych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
W opisanym doświadczeniu naukowcy badali wpływ interakcji środowisko–genotyp na wytworzenie fenotypu.	☐	☐
Podwyższona temperatura powoduje trwałe zmiany w materiale genetycznym muszek, prowadząc do zmiany liczby włosków.	☐	☐
Średnia liczba włosków u muszek <i>Drosophila pseudoobscura</i> warunkowana jest wyłącznie przez zmienność środowiskową.	☐	☐

Ćwiczenie 4



Polimorfizm jednego nukleotydu w genie NQO1 zwiększa ryzyko zachorowania na astmę oraz uszkodzenia płuc przy długotrwałym przebywaniu w warunkach zanieczyszczenia powietrza tlenkami azotu.

Zaznacz prawdziwe stwierdzenia.

☐ Zanieczyszczenie powietrza tlenkami azotu jest czynnikiem warunkującym zmienność mutacyjną w genie NQO1.

☐ Wystąpienie objawów astmy jest wypadkową zmienności genetycznej i środowiskowej.

☐ Ujawnienie się objawów astmy może nastąpić niezależnie od jakości wdychanego powietrza.

Ćwiczenie 5



Przyporządkuj opisy odpowiednim rodzajom zmienności.

Zmienność genetyczna

Czynnikiem warunkującym jej powstanie może być temperatura otoczenia.

Zmienność środowiskowa

Ma charakter bezkierunkowy.

Zmiany powstałe w jej wyniku nie są przekazywane kolejnym pokoleniom.

Zmiany powstałe w jej wyniku są przekazywane kolejnym pokoleniom.

Jej przykładem jest proces crossing-over.

Ćwiczenie 6



Osoby żyjące na nizinach i w górach charakteryzują się różną ilością erytrocytów w osoczu krwi. Określ, jaki to rodzaj zmienności.

Jest to zmienność .

Ćwiczenie 7



Podczas wypraw wysokogórskich niezbędna jest aklimatyzacja do warunków panujących na dużych wysokościach. Jej efektem jest m.in. wzrost częstotliwości oddechów oraz stężenia hemoglobiny w erytrocytach.

Określ, jaki rodzaj zmienności zachodzi podczas procesu aklimatyzacji do warunków wysokogórskich. Wyjaśnij, czy zachodzące zmiany mają charakter trwały, czy tymczasowy. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Ćwiczenie 8



Zmienność genetyczna ma decydujące znaczenie dla procesów ewolucyjnych. Mutacje genetyczne mogą zachodzić zarówno w komórkach somatycznych, jak i w komórkach gamet. Które mutacje nie są dziedziczone przez organizmy potomne? Uzasadnij swoją odpowiedź.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VII. Genetyka klasyczna.

2. Zmienność organizmów. Uczeń:

2) przedstawia typy zmienności: środowiskowa i genetyczna (rekombinacyjna i mutacyjna);

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIV. Genetyka klasyczna.

2. Zmienność organizmów. Uczeń:

2) przedstawia typy zmienności: środowiskowa i genetyczna (rekombinacyjna i mutacyjna);

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):

- Przedstawisz zmienność genetyczną i środowiskową.
- Podasz przykłady zmienności genetycznej i środowiskowej na fenotyp.

- Opiszysz na przykładzie, jak zmienność genetyczna i środowiskowa mogą współdziałać w tworzeniu danego fenotypu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;
- gwiazda pytań;
- gra dydaktyczna.

Formy pracy:

- 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. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Fenotyp jako wypadkowa zmienności genetycznej i środowiskowej”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 2 z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla cele lekcji z sekcji „Wprowadzenie” i omawia przebieg zajęć.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji. Prosi wybranego ucznia o przeczytanie pytania znajdującego się we wprowadzeniu: „Jak na żywym przykładzie możemy przedstawić wpływ dwóch typów zmienności: genetycznej i środowiskowej na fenotyp?” i rozpoczęcie rozmowy na podstawie przeczytanego przed lekcją tekstu.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film samouczek”).** Uczniowie zapoznają się z filmem samouczkiem udostępnionym przez nauczyciela, a następnie w parach wykonują polecenie nr 1 (dotyczące zmienności środowiskowej) oraz polecenie nr 2 (w którym mają za zadanie wyjaśnić znaczenie zmienności genetycznej i środowiskowej dla przetrwania gatunku). Następnie porównują swoje rozwiązania z innym zespołem.
2. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale.
Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 3 do 6 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel prosi uczniów, aby w grupach skonstruowali tabelę przedstawiającą cechy poznanych typów zmienności: genetycznej i środowiskowej oraz ich przykłady. Grupy prezentują wykonane przez siebie tabele.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W kontekście ich realizacji następuje omówienie ewentualnych problemów z rozwiązaniem ćwiczeń i poleceń z sekcji „Sprawdź się”.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 7 i 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.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Film samouczek” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.

