



Rewolucja mendlowska

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



Rewolucja mendlowska

Groch zwyczajny to roślina, którą Gregor Mendel obrał sobie za cel swoich badań. Ich skutkiem było sformułowanie praw dotyczących dziedziczności, zwanych prawami Mendla.

Źródło: Earth100, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wraz z rozwojem genetyki zmieniało się wyobrażenie, czym jest gen. Termin ten pojawił się w biologii dopiero w 1909 roku, czyli znacznie później niż zanotowane przez Gregora Johanna Mendla wyniki pierwszych doświadczeń genetycznych. Do sformułowania podstawowych reguł dziedziczności przez Mendla doprowadziły wynik jego badań nad grochem zwyczajnym (*Pisum sativum*). Obserwując cechy zewnętrzne tej rośliny, Mendel domyślał się, że muszą istnieć wewnątrz jakieś warunkujące je „elementy”. Kilkadziesiąt lat później owe mendlowskie „elementy” nazwano genami, a na początku XX wieku wykazano doświadczalnie, że są one zlokalizowane na chromosomach.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest dziedziczenie cech.
- Poznasz prawa Mendla.

Przeczytaj

Jak obecnie wiadomo, **geny** są fragmentami łańcucha kwasu deoksyrybonukleinowego stanowiącymi podstawowe jednostki dziedziczenia. Gen warunkujący określoną cechę może mieć różne warianty, różniące się jednym lub wieloma nukleotydami. Różne formy jednego genu określane są jako **allele**. W jaki sposób zostały one odkryte?

Gregor Mendel i znaczenie jego badań nad grochem zwyczajnym (*Pisum sativum*)

Gregor Mendel (1822–1884) był botanikiem (przyrodnikiem, zakonnikiem) badającym m.in. odmiany grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*). W jego czasach nie znano pojęć takich jak DNA, gen czy allel.

Kalendarium wydarzeń z życia Gregora Mendla, czeskiego przyrodnika, zakonnika; twórcy teoretycznych podstaw współczesnej genetyki.

Mendel, krzyżując rośliny, prowadził obserwacje związane z występowaniem cech u roślin potomnych. Za główny obiekt badań obrał groch zwyczajny (*Pisum sativum*), ze względu na samopylność tej rośliny, krótki okres wegetacji (możliwość uzyskania wielu pokoleń w stosunkowo krótkim czasie) oraz dużą liczbę wydawanych nasion (a więc dużą liczbę możliwego do obserwacji potomstwa).

Obserwowana przez Mendla cecha, czyli barwa kwiatów, występuje w dwóch skrajnych wariantach: biały – fioletowy (lub biały – czerwony w innych odmianach rośliny), bez barw pośrednich, co zdecydowanie upraszczało proces obserwacji. Wyciągnięcie wniosków z obserwacji dziedziczenia barwy kwiatów ułatwił też fakt, że badacz nieświadomie wziął w tym przypadku pod uwagę cechę dziedziczną jednogenowo.

Innymi cechami obserwowanymi przez Mendla były: kolor i powierzchnia nasion, kolor i kształt strąka oraz długość pędu.



Strąk grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*). Groch rozpowszechniony jest na obszarach klimatu umiarkowanego w wielu odmianach: do zbioru na zielono (konserwy, mrożonki, na sucho), dla jadalnych nasion (groch łuskowy) lub dla całych strąków (groch cukrowy).

Źródło: Przykuta, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.



Kwiat grochu zwyczajnego (*Pisum sativum*). Odmiany grochu różnią się m.in.: wysokością (karłowe, średnio wysokie, tycne — ponad 1,5 m wysokości), barwą, wielkością i kształtem nasion oraz strąków, a także barwą kwiatów (np. fioletowa, czerwona czy biała).

Źródło: wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Obecnie eksperymenty Mendla mogą wydawać się proste, jednak to właśnie jego obserwacje dały podłoże dla rozwoju genetyki. Mendel wybrał do swojego eksperymentu rośliny samopylne z tzw. **czystych linii**, czyli osobników homozygotycznych względem

jednej cechy, dających w 100% takie samo potomstwo. Aby otrzymać czystą linię, Mendel rozmnażał rośliny drogą samozapylenia przez wiele pokoleń, aż do otrzymania kolejnych pokoleń o cesze identycznej w 100% osobników z cechą osobników rodzicielskich, czyli złożonych w 100% z osobników homozygotycznych. To ukazuje wytrwałość badacza oraz rzetelność i czasochłonność jego badań.

Przed Mendlem wielu przyrodników opisywało różne krzyżówki roślin i zwierząt. Ich opisy nie miały jednak jednolitych podstaw metodologicznych i nie były właściwie interpretowane. Dopiero doświadczenia Mendla spełniały te kryteria. Rzetelność badań Mendla (duża liczba powtórzeń prób badawczych, zachowanie poprawności metodologicznej na wszystkich etapach prowadzenia eksperymentu) odróżnia je od badań poprzedników i decyduje o ich wielkim znaczeniu dla rozwoju kierunku genetyki zwanego genetyką klasyczną bądź mendlowską.

Pytania, które stawiał sobie Mendel i na które próbował znaleźć odpowiedź, krzyżując rośliny:

- Jaki charakter mają czynniki dziedziczne?
- Czy materiał dziedziczny rodziców miesza się i daje cechy pośrednie obojga rodziców?
- Czy raczej materiał dziedziczny ma charakter „elementów/cząsteczek/czynników/jednostek”, które przekazywane potomstwu w różnych układach dają różne cechy?

Jak Mendel przeprowadził swój eksperyment? Przenosił on pyłek z rośliny o fioletowych kwiatach na słupek rośliny o kwiatach białych. Zaobserwował, że potomstwo zapylonej rośliny miało kwiaty fioletowe, zatem wykazał, że cechy dziedziczone są od jednego z rodziców i nie są one wypadkowymi cech. Jednakże w wyniku wsobnego krzyżowania (zapylenie organizmu potomnego pyłkiem z tego samego pokolenia) otrzymał on zarówno organizmy o fioletowych kwiatach, jak i mające kwiaty białe. Na podstawie tej obserwacji wykazał, że czynniki dziedziczne mają charakter „cząsteczkowy”, czyli cechy rodzicielskie się nie „mieszają”. Czynnik dziedziczny białej barwy kwiatów nie zanika, tylko pojawia się w kolejnym pokoleniu. W ten sposób Mendel wykazał, że dana cecha może występować w dwóch formach (allelach), a co za tym idzie jeden allel dziedziczony jest od ojca, a drugi od matki.



Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna

Gregor Mendel w XIX wieku prowadził badania dotyczące m.in. zasad dziedziczenia cech.

Do jego najważniejszych osiągnięć należą:

wykazanie, że jednostki dziedziczenia (geny) przechodzą z pokolenia na pokolenie w formie niezmienionej, a nie są dziedziczone jako wypadkowe obu genów;

opisanie zjawiska dominacji;

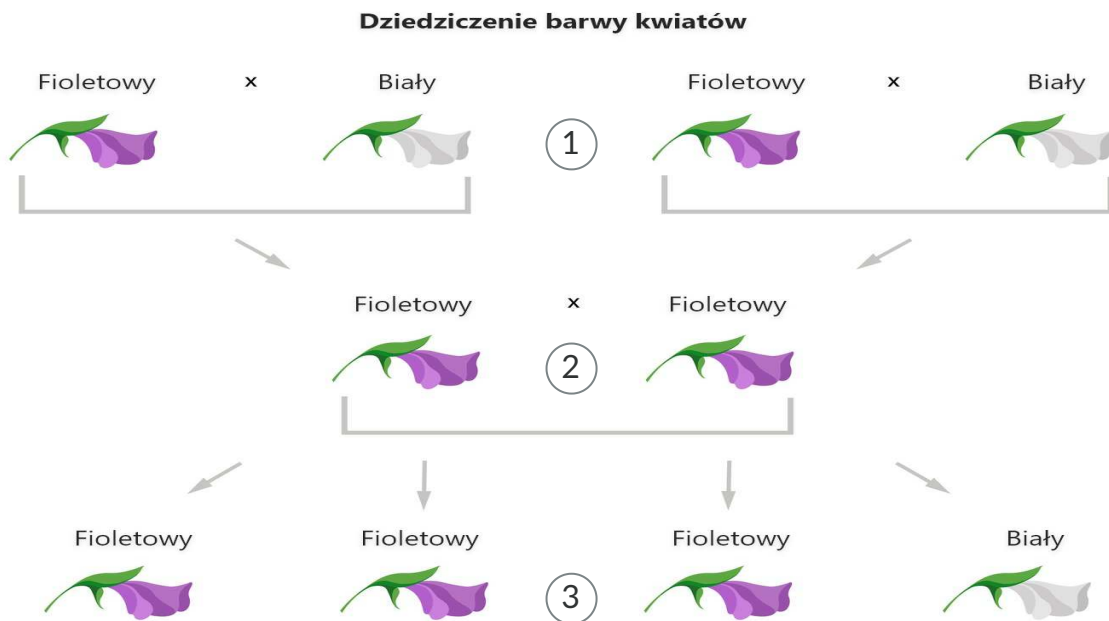
odkrycie zasady czystości gamet (pierwsze prawo Mendla);

sformułowanie zasady niezależnego dziedziczenia różnych cech (drugie prawo Mendla);

matematyczne ujęcie procesu dziedziczenia pozwalające przewidzieć proporcje potomstwa o różnych cechach.

Pierwsze prawo Mendla

Na podstawie tych obserwacji zostało sformułowane pierwsze prawo Mendla, tzw. **prawo czystości gamet**. Mówi ono, że każda gameta wytwarzana przez organizm zawiera jeden allel z danej pary alleli genu.



1

P

Pokolenie rodzicielskie: homozygota dominująca (AA; kwiaty fioletowe) i homozygota recesywna (aa; kwiaty białe).

2

F₁

Pierwsze pokolenie potomne: otrzymuje się wyłącznie rośliny o kwiatach fioletowych – heterozygoty (Aa).

3

F₂

Drugie pokolenie potomne: zachodzi rozszczepienie cech w proporcji 3:1.

Doświadczenie Mendla dotyczące dziedziczenia barwy kwiatu – pierwsze prawo Mendla.

Drugie prawo Mendla

Dalsze obserwacje Mendla oparte były o dwie cechy nasion – kolor i rodzaj powierzchni (gładkie lub pomarszczone). Zauważył on, że cechy te dziedziczą się niezależnie od siebie. Na tej podstawie zostało sformułowane drugie prawo Mendla, czyli tzw. **prawo niezależnej segregacji cech**. Zgodnie z nim allele genów leżących na różnych chromosomach i warunkujących różne cechy przechodzą do gamet niezależnie od siebie, tzn. dziedziczą się na zasadzie losowej segregacji. Drugie prawo Mendla odnosi się jednak tylko do cech warunkowanych przez geny leżące na różnych chromosomach, ponieważ allele genów zlokalizowanych na tym samym chromosomie dziedziczą się razem – są ze sobą sprzężone.

Ponowne odkrycie badań Mendla

Wyniki swych doświadczeń nad dziedziczeniem cech Mendel opublikował w zaledwie 45-stronicowej pracy „*Badania nad mieszańcami roślin*” (niem. *Versuche über Pflanzen-Hybriden*, 1866, wydanie polskie 1915), która ukazała się w *Verhandlungen des Naturforschenden Vereins in Brunn* (*Rozprawy Towarzystwa Przyrodniczego w Brnie*). Pragnąc ogłosić swe odkrycia światu, odbliski artykułu Mendel przesłał do znanych wówczas botaników, m.in. C.W. Nägely’ego i A. Kenera. Niestety, jego praca nie wzbudziła ich zainteresowania. Jedynie W.O. Focke zacytował Mendla w dziele „*Pflanzenmischlinge*” (1868). Tym samym odkrywczą praca Mendla nie została doceniona przez ówczesny świat nauki i poszła w zapomnienie. Mendel zmarł 6 stycznia 1884 r. w Brnie, nie zdając sobie sprawy, jak wielkie znaczenie dla nauki miały jego odkrycia dotyczące dziedziczenia cech.

Dopiero w 1900 r. C. Correns, E. Tschermak i H. de Vries powtórnie odkryli i potwierdzili, niezależnie od siebie, opisane przez Mendla prawidłowości, które od tego czasu są znane jako prawa Mendla. Prawa te – tam gdzie są w pełni obowiązujące – mają zastosowanie nie tylko do roślin, ale również do zwierząt i człowieka.

Słownik

allele

różne formy tego samego genu, zajmujące taką samą pozycję (locus) w danym chromosomie

dominacja

zjawisko polegające na tym, że tylko jeden z alleli (allel dominujący) ujawnia się w fenotypie homozygot dominujących i heterozygot (w przypadku dominacji zupełnej)

fenotyp

zespół anatomicznych, fizjologicznych i biochemicznych cech organizmu, warunkowany zarówno genotypem, jak i oddziaływaniem środowiska, które można obserwować i mierzyć

heterozygota

diploidalny organizm, mający dwa różne allele danego genu (przykładowy genotyp: Aa), a więc powstały w wyniku połączenia gamet, z których każda zawierała inny allel

homozygota

diploidalny organizm zawierający dwa identyczne allele danego genu (przykładowy genotyp: AA, aa), a więc powstały w wyniku połączenia gamet, z których każda zawierała ten sam allel

recesywność

zupełne lub częściowe nieprzejawianie się jakiejś cechy fenotypowej w organizmie heterozygotycznym, mimo obecności allelu warunkującego tę cechę

Film



Grzegorz Mendel

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R30TsoNISKZrv>

Rewolucja mendlowska.

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

Film nawiązujący do treści materiału - dotyczy praw dziedziczenia cech Gregora Mendla. Przybliża biografię naukowca i jego badania.

Polecenie 1

Zapoznaj się z filmem, a następnie podaj dwa wnioski wynikające ze schematu dziedziczenia barwy kwiatów u grochu.

Polecenie 2

Na podstawie informacji zawartych w filmie wyjaśnij, jak rozumiesz określenie stosowane w pierwszym prawie Mendla – „czystość gamet”. Skonsultuj swoją odpowiedź z innymi uczniami.

Polecenie 3

Na podstawie informacji zawartych w filmie i w sekcji „Przeczytaj” wyjaśnij, dlaczego Gregor Mendel wykorzystywał groch zwyczajny (*Pisum sativum*) jako obiekt badań nad dziedzicznością.

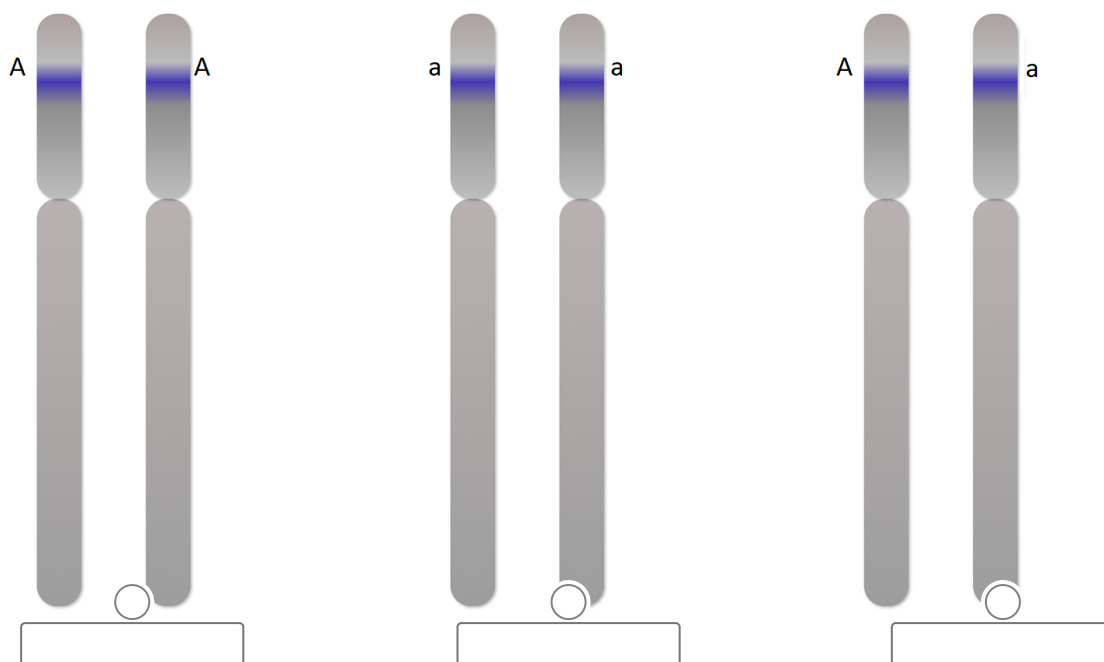
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Na schemacie przedstawiono różne układy alleli dominujących i recesywnych w chromosomach homologicznych. Dobierz odpowiedni opis do przedstawionych ilustracji.



Homozygota recesywna

Heterozygota

Homozygota dominująca

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

Ćwiczenie 2



Zaznacz prawidłową odpowiedź. Skrzyżowano ze sobą dwa heterozygotyczne pod względem barwy kwiatów osobniki. Zgodnie z pierwszym prawem Mendla wśród potomstwa rozkład fenotypów powinien wynosić:

☐ 1:1:1:1

☐ 1:1

☐ 1:2:1

☐ 3:1

Ćwiczenie 3



Skrzyżowano ze sobą rośliny grochu: osobnika o nasionach żółtych z rośliną o nasionach zielonych. 100% osobników potomnych miało żółte nasiona. Następnie skrzyżowano ze sobą dwa osobniki z pokolenia F_1 . W pokoleniu F_2 75% stanowiły osobniki z żółtymi nasionami, a 25% osobniki z zielonymi nasionami.

Wybierz poprawną odpowiedź:

☐ Żółta barwa nasion jest warunkowana przez allel recesywny, a zielona barwa nasion – przez allel dominujący.

☐ Barwa nasion jest warunkowana przez dwa różne geny.

☐ Żółta barwa nasion jest warunkowana przez allel dominujący, a zielona barwa nasion – przez allel recesywny.

Ćwiczenie 4



Pewien organizm ma genotyp AABbCc. Poniżej podano genotypy gamet wytwarzanych przez ten organizm. Wskaż genotyp gamety niezgodny z prawami Mendla.

☐ ABc

☐ Abc

☐ ABC

☐ ABb

Ćwiczenie 5



Dopasuj pojęcia do odpowiadających im opisów.

locus

Obszar na chromosomie, który jest zajmowany przez jeden gen.

fenotyp

Zespół genów danego organizmu, który w dużej mierze determinuje jego cechy.

gen

Zespół cech danego organizmu, który obejmuje nie tylko cechy morfologiczne, ale także cechy fizjologiczne.

genotyp

Fragment DNA, który koduje informacje o budowie białka lub kwasu nukleinowego; jest podstawową jednostką dziedziczenia.

Ćwiczenie 6



Wybierz wszystkie prawidłowe odpowiedzi.

Drugie prawo Mendla (prawo niezależnej segregacji cech) nie dotyczy:

☐ genów leżących na tych samych chromosomach

☐ genów sprzężonych

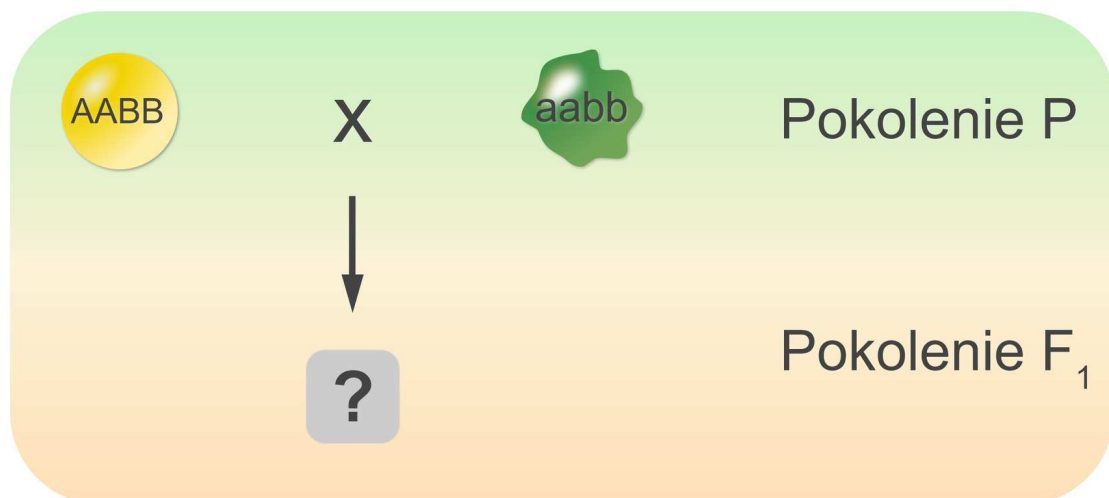
☐ genów dziedziczących się niezależnie od siebie

☐ genów leżących na różnych chromosomach

Ćwiczenie 7



Skrzyżowano ze sobą dwie podwójne homozygoty, których cechy nasion (żółte, gładkie oraz zielone, pomarszczone) zaprezentowano na schemacie.



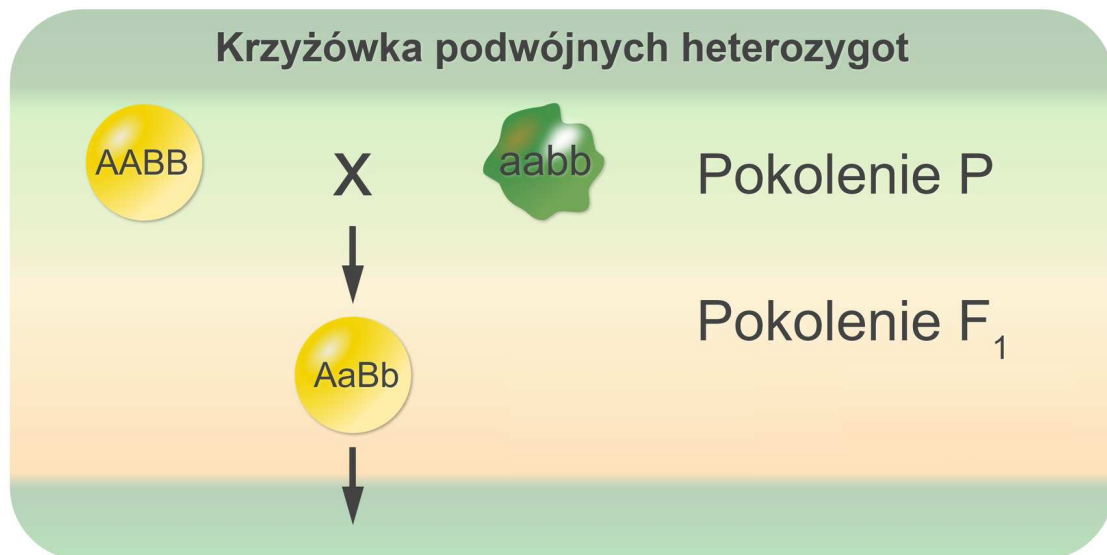
Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Opisz, jakie genotypy i fenotypy mogą mieć osobniki potomne?

Ćwiczenie 8



Skrzyżowano ze sobą dwie podwójne homozygoty, których cechy nasion (żółte, gładkie oraz zielone, pomarszczone) zaprezentowano na schemacie. Dziedziczenie cech u grochu odbywa się zgodnie z drugim prawem Mendla.



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

Wypisz wszystkie możliwe genotypy gamet tworzonych przez osobniki z pokolenia F₁.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Rewolucja mendłowska

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VII. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

1) przedstawia znaczenie badań Mendla w odkryciu podstawowych praw dziedziczenia cech;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIV. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

2) przedstawia znaczenie badań Mendla w odkryciu podstawowych praw dziedziczenia cech;

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 dziedziczenie cech.
- Poznasz prawa Mendla.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- 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;
- arkusze papieru A1, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Rewolucja mendlowska”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i multimedium w sekcji „Film”, tak aby podczas lekcji mogli w niej aktywnie uczestniczyć i rozwiązywać zadania.
2. Uczniowie przypominają sobie informacje na temat tego, czym jest gen.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla temat zajęć i prosi uczniów o sformułowanie celów lekcji.
2. Nauczyciel prosi chętnych uczniów o wypowiedzi na temat tego, co ludzie współcześni Mendlowi mogli wiedzieć na temat dziedziczności i jakie mogli sobie stawiać pytania.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Jeśli nauczyciel uzna, że przygotowanie uczniów jest niewystarczające, prosi ich o zapoznanie się z treścią z sekcji „Przeczytaj”. Następnie uczniowie omawiają pierwsze i drugie prawo Mendla, wykorzystując ilustracje z e-materiału wyeksponowane na tablicy interaktywnej.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel dzieli uczniów na grupy i rozdaje im arkusze papieru A1 oraz flamastry. Omawia zasady tworzenia mapy myśli: uczniowie mają na podstawie e-materiału w graficzny sposób uporządkować oraz zapisać informacje dotyczące badań Gregora Mendla nad grochem zwyczajnym. Nauczyciel kontroluje pracę grup, w razie potrzeby wyjaśnia wątpliwości uczniów. Po upływie wyznaczonego czasu chętne osoby prezentują mapy myśli wykonane przez swoją grupę.
3. **Praca z multimedium („Film”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej lub za pomocą rzutnika multimedium, z którym uczniowie mieli się zapoznać w ramach przygotowania do zajęć. Jeśli to konieczne, odtwarza je ponownie. Następnie uczniowie odczytują polecenie nr 1 („Podaj dwa wnioski wynikające ze schematu dziedziczenia barwy kwiatów u grochu”) i opracowują je w parach. Po wykonanej pracy dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.
4. Uczniowie wykonują indywidualnie polecenie nr 2 („Na podstawie informacji zawartych w filmie wyjaśnij, jak rozumiesz określenie stosowane w pierwszym prawie Mendla – „czystość gamet”. Skonsultuj swoją odpowiedź z innymi uczniami”). Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowe rozwiązanie.
5. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenia interaktywne 7 i 8 (dotyczące możliwych fenotypów i genotypów u osobników potomnych), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Każdy zespół wyłania swojego lidera i wspólnie układa 10 pytań związanych z tematem lekcji. Pytania powinny być tak ułożone, żeby przeciwnicy mogli na nie odpowiedzieć jednym wyrazem. Nauczyciel inicjuje grę, zadając wszystkim grupom własne pytanie. Grupa, której lider zgłosi się pierwszy i odpowie poprawnie, rozpoczyna rywalizację. Nauczyciel nadaje kolejne numery pozostałym grupom, a następnie zapisuje je na tablicy. Lider grupy nr 1 zadaje pytanie wybranemu członkowi drużyny nr 2. Jeśli osoba ta poprawnie odpowie na pytanie, jej zespół zdobywa punkt, a ona sama zadaje pytanie wskazanemu przez nią członkowi grupy nr 3. Jeśli jednak członek grupy nr 2 nie będzie potrafił udzielić poprawnej odpowiedzi, lider grupy nr 1 sam odpowiada na zadane przez siebie pytanie, a jego drużyna otrzymuje punkt. Następnie zadaje pytanie członkowi grupy nr 3 itd. Gra kończy się po zadaniu 10 pytań, a wygrywa grupa, która uzyska najwięcej punktów.

2. Nauczyciel prosi uczniów, by ocenili, w jakim stopniu udało im się osiągnąć cele sformułowane na początku lekcji.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 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.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu:

- Film można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.