



Determinacja oraz dziedziczenie płci u eukariontów

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



Determinacja oraz dziedziczenie płci u eukariontów

O tym, czy dziecko będzie dziewczynką czy chłopcem, decyduje jeden z chromosomów znajdujących się w plemniku.

Źródło: Bart Everson, Flickr, licencja: CC BY 2.0.

Determinacja płci to proces, który prowadzi do powstania osobników jednej z dwóch płci. Ale czym jest płć? Jak ją zdefiniować, interpretować z biologicznego punktu widzenia? Czy wszystkie organizmy mają taki sam proces determinacji płci jak ludzie?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym jest płć.
- Przedstawisz determinację płci u człowieka.
- Omówisz mechanizmy determinacji płci.
- Określisz prawdopodobieństwo płci potomstwa w różnych systemach determinacji płci.

Przeczytaj

Płeć to zespół cech o charakterze struktur i funkcji pozwalających podzielić osobniki danego gatunku na dwie grupy – oznaczane jako męskie i żeńskie, odgrywające uzupełniające się role w procesie rozrodu.

Mechanizmy determinacji płci

Determinacja płci to proces, który prowadzi do powstania osobników jednej z dwóch płci. Podczas determinacji płci istotny jest sygnał wywoławczy, od którego zależeć będzie płeć osobnika – sygnał ten wpływa na dalsze procesy rozwoju prowadzące do wykształcenia konkretnej płci.

Tym sygnałem może być:

U wielu gatunków geny determinujące płeć związane są ze szczególnymi chromosomami, które nazywane są chromosomami płci – systemy te zostaną omówione w kolejnym punkcie.

Płeć u niektórych gatunków kształtowana jest przez czynniki środowiskowe, np. u aligatorów płeć warunkuje temperatura, w której rozwijają się jaja. Zdolność jednego genotypu do wytworzenia kilku alternatywnych fenotypów nazywana jest plastycznością fenotypową. Kolejnym przykładem są ostrygi – w niskiej temperaturze rozwijają się samce, a w wysokiej samice.

Jest to tzw. hormonalna determinacja płci. Niektóre gatunki ryb, np. okoń, mogą zmieniać płeć pod wpływem hormonów.

Na przykład płeć muszki owocówki jest determinowana w następujący sposób:

jeśli w zygocie XX stosunek ten wynosi $2X : 2A = 1$, będzie to samica;

jeśli w zygocie XY stosunek ten wynosi $1X : 2A = 0,5$ będzie to samiec płodny;

jeśli w zygocie XO stosunek ten wynosi $1X : 2A = 0,5$, będzie to samiec bezpłodny.

Jest to tzw. determinacja haplodiploidalna:

zestaw $1n$ (haploidalny) warunkuje rozwój samca;

zestaw $2n$ (diploidalny) warunkuje rozwój samicy.

W wyniku zapłodnienia rozwija się osobnik żeński, a w przypadku braku zapłodnienia powstaje organizm męski. Taki rodzaj determinacji płci występuje np. u owadów błonkoskrzydłych – pszczoł czy os.

U pszczoł miodnych, z zygot diploidalnych, w zależności od sposobu odżywiania, rozwijają się robotnice lub matki pszczele. Przyszłe robotnice są karmione mleczkiem pszczelim jedynie przez 3 dni, a przyszłe matki – aż do czasu przepoczwarczenia. Dieta uboga w białko powoduje niedorozwój płciowy u robotnic.

W przypadku żab, ryb i wielu gatunków roślin płeć determinują pojedyncze geny autosomalne.

Systemy determinacji płci według obecności chromosomów płci

Płeć determinowaną obecnością **chromosomów płci** nazywana jest **płcią chromosomową (genetyczną)**.

Wśród systemów determinacji płci opierających się na obecności chromosomów płci wyróżniamy:

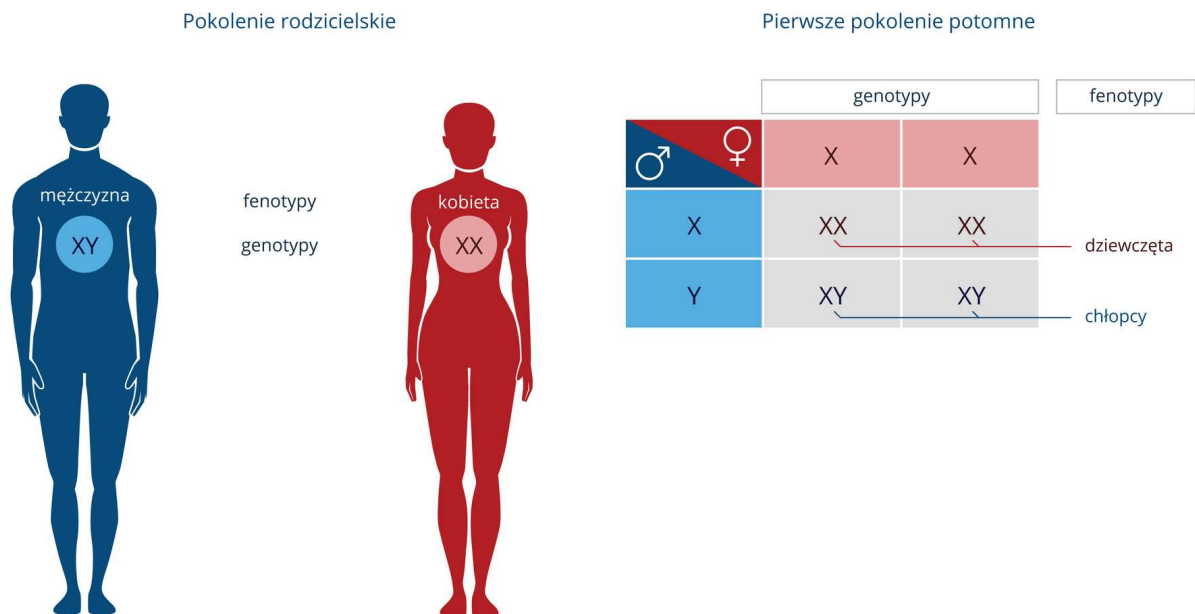
System XY – typ Lygeus

♀ (samica): XX

♂ (samiec): XY

- W systemie tym płeć potomka zależy od **plemnika**. System determinacji płci XY występuje u ludzi, większości ssaków, niektórych owadów (np. muszka owocówka), roślin dwupiennych.
- W systemie tym płeć osobnika jest determinowana przez parę chromosomów płci:

- **XX** – dwa identyczne chromosomy płci, homogametyczna płeć żeńska;
- **XY** – samce wytwarzają dwa różne rodzaje gamet: jedne zawierają chromosom X, a drugie chromosom Y.
- Niezależnie od liczby chromosomów o płci decyduje brak lub obecność chromosomu Y.



System determinacji płci XY występujący u ludzi.
Źródło: Anita Mowczan, licencja: CC BY 3.0.

System ZW – typ Abraxas

System XO – typ Protenor

System XO – typ Fumea

♀	♂
44 + XX 1	44 + XY
76 + ZW	2 76 + ZZ
22 + XX 3	22 + X

System determinacji płci XY

System determinacji płci ZW

System determinacji płci XO – typ Protenor

Systemy determinacji płci.

Źródło: Dariusz Adryan, licencja: CC BY 3.0.

Dla zainteresowanych

Samice norników oregońskich (*Microtus oregoni*) mają pojedyncze chromosomy płciowe – XO i produkują tylko komórki jajowe zawierające chromosomy X, podczas gdy u samców występują chromosomy X i Y, ale do plemników może trafić tylko jeden nich – Y.

Genetycy z uniwersytetu w Edynburgu odkryli, że chromosom Y jest w rzeczywistości kopią chromosomu X, a pierwotny chromosom Y uległ u norników oregońskich scaleniu z chromosomem X. Taką tezę wysunięto, ponieważ fragmenty chromosomu Y, zawierające m.in. [gen SRY](#), czyli gen determinujący płęć męską – rozwój jąder, odnaleziono zarówno na chromosomie X dziedziczonym po matce, jak i na wtórnym chromosomie determinującym płęć męską. Szczegółowy mechanizm determinacji płci u tych zwierząt nie jest jeszcze znany – zagadką pozostaje, dlaczego samice są samicami pomimo występowania kilku kopii genu SRY na ich jedynym chromosomie X.

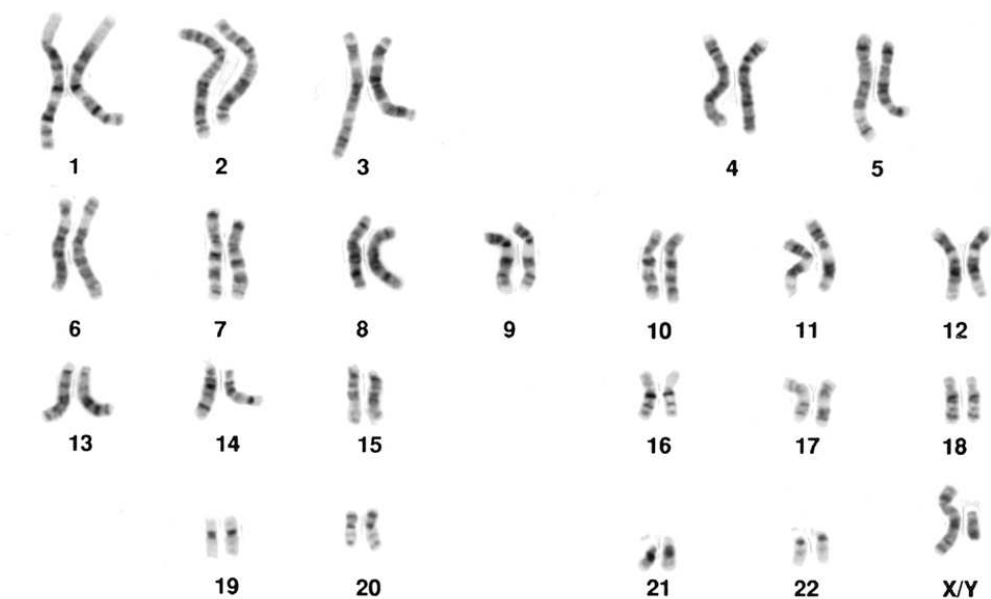
Opracowano na podstawie: Charlesworth, B., Dempsey, N. A. (2001) *A model of the evolution of the unusual sex chromosome system of Microtus oregoni*, Heredity 86, 387–394; tłum. Adrianna Oramus-Gür

Przeczytaj więcej w e-materiale pt. [Systemy determinacji płci u zwierząt i roślin](#).

Determinacja płci u człowieka

U człowieka płęć żeńską determinują dwa chromosomy X, a płęć męską para chromosomów XY, a dokładnie – obecny na chromosomie Y **gen SRY**.

Gen SRY koduje białko, które inicjuje rozwój jąder z zawiązków gonad. Białko to zaangażowane jest w indukcję produkcji hormonu antymüllerowskiego, który hamuje rozwój przewodów Müllera, z których wykształcają się żeńskie narządy płciowe.



Prawidłowy karyotyp mężczyzny, z oznaczonymi parami autosomów (1-22) oraz allosomami (X/Y).

Źródło: Av National Cancer Institute, domena publiczna.

Możliwa jest sytuacja, w której osobnik o karyotypie 46, XX (typowy karyotyp kobiety), wykształci cechy fenotypowe przypisane dla mężczyzn. Sytuacja ta nosi nazwę **syndromu mężczyzny XX** lub **Syndromu de la Chapelle**. Podczas prób wyjaśnienia tego zjawiska zauważono, iż u osób dotkniętych syndromem mężczyzny XX występuje gen SRY, którego locus znajduje się na chromosomie Y. Warunkowanie cech męskich wynika zatem z aktywności genu SRY, który poprzez zjawisko translokacji trafił na chromosom X. Przypadek ten potwierdza ogromne znaczenie genu SRY w determinacji płci.

Podobny przypadek można zaobserwować u ludzi cierpiących na **zespół Swyera**, który nazywany jest także *female XY* – (ang. kobieta XY). Pomimo występowania chromosomów XY, warunkujących płć męską, cechy fenotypowe są charakterystyczne dla kobiet. Efekt ten tłumaczy się uszkodzeniem, bądź całkowitą utratą genu SRY na chromosomie Y.

Ważne!

Determinacja płci u człowieka nie zależy od samej obecności chromosomów X oraz Y, lecz od wystąpienia funkcjonalnej kopii genu SRY, który występuje na chromosomie Y i warunkuje męskie cechy fenotypowe.

Współcześnie do określania płci człowieka, oprócz ustalenia płci chromosomalnej (genotypowej), stosuje się zespół kryteriów:

Płeć chromatynowa to określenie płci związane z występowaniem w komórkach chromatyny płciowej. U osobników żeńskich jest to ciałko Barra, a u osobników męskich – tzw. ciałko Y. Ciałko Y to silnie fluoryzująca grudka w części dystalnej ramion długich chromosomu Y.

Płeć gonadoforyczna (wewnętrznych narządów płciowych) związana jest ze zróżnicowaniem dróg rozrodczych, rozwijających się z przewodów w procesie organogenezy. U mężczyzn z przewodów Wolffa wykształcają się nasieniowody. U kobiet z przewodów Müllera powstają macica, jajowody oraz część pochwy.

Płeć gonadalna określana jest przez gonady: jajniki u kobiet oraz jądra u mężczyzn.

Płeć hormonalna związana jest z czynnością hormonalną gonad. Jajniki i jądra wydzielają androgeny i estrogeny. U kobiet poziom estrogenów jest znacznie wyższy niż androgenów, u mężczyzn jest odwrotnie.

Płeć zewnętrznych narządów płciowych określana jest przez obecność sromu u kobiety i prącia u mężczyzny.

Płeć fenotypowa determinowana jest przez wygląd zewnętrzny człowieka. Uwzględnia drugorzędowe i trzeciorzędowe cechy płciowe.

Więcej informacji znajdziesz w e-materiale pt. *Determinacja i dziedziczenie płci u człowieka*.

Choroby człowieka związane ze zmianą liczby chromosomów płci

Kobiety z **zespołem Turnera** nie posiadają drugiego chromosomu płci - występuje tylko jeden chromosom X (X0). Do najczęstszych objawów zespołu Turnera należą niski wzrost, słabo wykształcone cechy żeńskie oraz bezpłodność.

Spotykane są także zmiany w karyotypie, które skutkują występowaniem nadliczbowych chromosomów płci. Dodatkowe allosomy najczęściej nie powodują tak ogromnych zmian rozwojowych, jak w przypadku trisomii autosomów (Zespół Downa, Zespół Patau, Zespół Edwardsa). Przyczyn takiego stanu można doszukiwać się w **procesie lionizacji**, czyli inaktywacji chromosomu X. W wyniku tego procesu dochodzi do kondensacji chromosomu X, który widoczny jest w obrazie mikroskopowym w komórkach jako **ciałko Barra**.

W przypadku wystąpienia większej liczby chromosomów X u mężczyzny, jak w przypadku **zespołu Fraccaro** (49, XXXXY), inaktywacji podlegają wszystkie nadmiarowe chromosomy X.

Jednym z zaburzeń związanych z nieprawidłową liczbą chromosomów płci jest **zespół Klinefeltera**. Chorzy posiadają dodatkowy chromosom X, a zatem ich karyotyp to 47, XXY. Osoby te przejawiają fenotyp męski. Chłopcy cierpiący na zespół Klinefeltera na ogół nie różnią się od rówieśników, którzy posiadają prawidłowy karyotyp. Część zmian widoczna jest dopiero w okresie dorastania. Związane jest to z malejącym poziomem testosteronu, który wpływa na rozwój drugorzędowych cech męskich. W związku z zaburzeniem procesu spermatogenezy, mężczyźni cierpiący na zespół Klinefeltera są bezpłodni.

Również u kobiet może dojść do wystąpienia dodatkowego chromosomu X. **Trisomia chromosomu X**, zwana także zespołem supersamicy XXX, zazwyczaj przebiega bez istotnych różnic w fenotypie. Częstym zjawiskiem jest jednak wysoki wzrost kobiet, u których występuje ta trisomia. W związku z inaktywacją dwóch chromosomów X, w komórkach kobiet dotkniętych trisomią chromosomu X występują po dwa ciała Barra. W przeciwieństwie do zespołu Klinefeltera, trisomia chromosomu X nie powoduje problemów z płodnością.

W przypadku obecności nadliczbowego chromosomu Y u mężczyzn dochodzi do tzw. **zespołu Jacobsa**. Wśród cech fenotypowych, występujących u mężczyzn z dodatkowym chromosomem Y obserwowany jest wyższy wzrost. Podobnie jak trisomia chromosomu X, dodatkowy chromosom Y nie powoduje bezpłodności.

Więcej informacji znajdziesz w e-materiałach pt. [Mutacje chromosomowe liczbowe](#), [Nondysjunkcja chromosomów – przyczyny i skutki](#) oraz [Choroby człowieka związane ze zmianą liczby chromosomów](#).

Słownik

allosom

(gr. allos – inny, sōma – ciało) inaczej chromosom płci, heterochromosom; chromosom zawierający geny determinujące płeć osobnika

ciałko Barra

skupienie heterochromatyny tuż pod błoną jądrową komórek somatycznych u samic ssaków (także u kobiet); powstaje w procesie lionizacji

ciałko Y

silnie fluoryzująca chromatyna końcowej części ramion długich chromosomu Y; jego liczba jest równa liczbie chromosomów Y w genotypie osobnika

chromatyna

(gr. *chrōma* – barwa) postać materiału genetycznego, która występuje w jądrze komórkowym pomiędzy podziałami komórkowymi; wyróżnia się dwie podstawowe formy chromatyny: heterochromatyna jest silnie skondensowana i nie ulega transkrypcji, natomiast euchromatyna ma luźniejszą strukturę, która umożliwia transkrypcję

chromosomy płci (heterosomy, allosomy)

determinujące płeć chromosomy u rozdzielnopłciowych organizmów eukariotycznych; płeć osobnika determinuje ich obecność lub ich liczba w stosunku do liczby autosomów

gen SRY

(ang. *sex-determining region Y*); gen znajdujący się na chromosomie Y; odpowiada za determinację płci męskiej (wytwarzanie jąder)

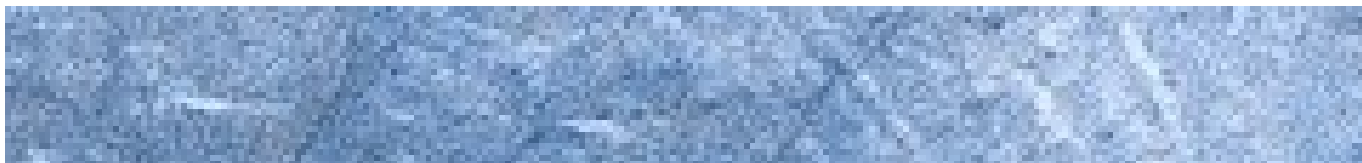
plastyczność fenotypowa

zdolność jednego genotypu do wytworzenia kilku alternatywnych fenotypów; o fenotypie wspólnie z genotypem decydują czynniki środowiskowe; zmiana warunków środowiska może także prowadzić do zmiany fenotypu

Gra edukacyjna

Polecenie 1

Sprawdź, co wiesz na temat determinacji płci u eukariontów. Rozwiąż quiz.



Test

Sprawdź swoją wiedzę

Poziom trudności:

łatwy

Limit czasu:

4 min

Twój ostatni wynik:

—

Uruchom

Polecenie 2

Korzystając z dostępnych źródeł wiedzy, porównaj determinację płci u pszczoły i u drobiu.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Dopasuj pojęcia do ich definicji.

plastyczność fenotypowa

zespół cech o charakterze struktur i funkcji pozwalających podzielić osobniki danego gatunku na dwie grupy – oznaczane jako męskie i żeńskie, odgrywające uzupełniające się role w procesie rozrodu

płeć

proces, który prowadzi do powstania osobników jednej z dwóch płci

determinacja płci

zdolność jednego genotypu do wytworzenia kilku alternatywnych fenotypów

chromosomy płci

determinujące płeć chromosomy u rozzdzielnoptciowych organizmów eukariotycznych. Płeć osobnika determinuje ich obecność lub ich liczba w stosunku do liczby autosomów

Ćwiczenie 2



Zaznacz prawidłowe stwierdzenia na temat systemu XO typu Protenor.

- ☐ Występuje bardzo rzadko, u niektórych owadów.
- ☐ Samce mają parę chromosomów XX (parzysta liczba chromosomów).
- ☐ Samce mają jeden chromosom X (nieparzysta liczba chromosomów).
- ☐ Występuje m.in. u pluskwiaków i pasikoników.

Ćwiczenie 3



Dopasuj odpowiednie pojęcia opisujące system determinacji płci XY i system ZW.

System XY

ludzie, większość ssaków,
niektóre owady (np. muszka
owocówka), rośliny dwupienne

System ZW

XY – heterogametyczna płć
męska

XX – homogametyczna płć
męska

ptaki, niektóre ryby, skorupiaki
i owady (np. motyle), wiele
gadów

XX – homogametyczna płć
żeńska

XY – heterogametyczna płć
żeńska

płć potomka zależna od
plemnika

płć potomka zależna od
komórki jajowej

Ćwiczenie 4



Zdecyduj, czy podane niżej stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Pojedyncze geny autosomalne nie mogą determinować płci potomka.	☐	☐
W zygocie XO muszki owocówki stosunek liczby chromosomów X do liczby kompletów autosomów 2A wynosi 1X:2A, więc powstanie z niej samiec płodny.	☐	☐
U pszczoł występuje tzw. determinacja haplodiploidalna: zestaw $1n$ (haploidalny) warunkuje rozwój samca, a zestaw $2n$ (diploidalny) warunkuje rozwój samicy.	☐	☐
Temperaturowa determinacja płci ma związek ze sztywnością fenotypową.	☐	☐
U owadów błonkoskrzydłych w wyniku zapłodnienia rozwija się osobnik żeński, a w przypadku braku zapłodnienia powstaje osobnik męski.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst właściwymi określeniami.

Haploidalna ☐ Diploidalna ☐ determinacja płci jest powszechna u owadów prostoskrzydłych ☐ błonkoskrzydłych ☐ (*Hymenoptera*), takich jak pszczoły, osy i mrówki. U tych społecznych zwierząt samice ☐ samce ☐ są diploidalne ($2n$), a samice ☐ samce ☐ haploidalne (n – ich jądra komórkowe nie zawierają dwóch zestawów chromosomów). W trakcie mejotycznej gametogenezy samice produkują haploidalne ☐ diploidalne ☐ jaja, a samce w wyniku mitotycznej gametogenezy – haploidalne ☐ diploidalne ☐ plemniki. Z jaj, które nie uległy zapłodnieniu, powstają samice ☐ samce ☐, a z jaj zapłodnionych – samice ☐ samce ☐.

Na podstawie: *Samiec czy samica? Płeć w świecie zwierząt* – cz.2, Biomist.pl.

Ćwiczenie 6



Wskaż błędną informację na temat determinacji płci typu Fumea.

- ☐ Samce mają parę chromosomów XX (parzysta liczba chromosomów).
- ☐ Występuje bardzo rzadko, np. u niektórych owadów.
- ☐ Ten system (typ) nazywany jest również XO.
- ☐ Samice mają parę chromosomów XX (parzysta liczba chromosomów).

Ćwiczenie 7



Determinacja płci to proces, który prowadzi do powstania osobników jednej z dwóch płci. Podczas determinacji płci istotny jest sygnał wywoławczy, od którego zależy płeć osobnika. Jednym z takich sygnałów może być środowisko rozwoju organizmów. Na przykład u aligatorów płeć warunkowana jest przez temperaturę, w której rozwijają się jaja. Mamy tutaj do czynienia z plastycznością fenotypową.

Na podstawie powyższej informacji i wiedzy własnej wyjaśnij, czym jest plastyczność fenotypowa. Podaj przykład plastyczności fenotypowej inny niż w tekście źródłowym.

Ćwiczenie 8



Płeć muszki owocówki zależy od stosunku liczby chromosomów X do liczby kompletów autosomów (2A):

- jeśli w zygocie XX stosunek ten wynosi $2X : 2A$, będzie to samica;
- jeśli w zygocie XY stosunek ten wynosi $1X : 2A$, będzie to samiec płodny;
- jeśli w zygocie XO stosunek ten wynosi $1X : 2A$, będzie to samiec bezpłodny.

Na podstawie powyższej informacji wyjaśnij znaczenie genów znajdujących się na chromosomie Y w kształtowaniu fenotypu samca muszki owocowej.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Determinacja oraz dziedziczenie płci u eukariontów

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:

6) przedstawia determinację oraz dziedziczenie płci u człowieka;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIV. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

8) przedstawia determinację oraz dziedziczenie płci;

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):

- Wyjaśniesz, czym jest płeć.
- Przedstawisz determinację płci u człowieka.
- Omówisz mechanizmy determinacji płci.

- Określisz prawdopodobieństwo płci potomstwa w różnych systemach determinacji płci.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- gra dydaktyczna;
- mapa pojęć.

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.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel inicjuje rozmowę na podstawie pytań zawartych we wprowadzeniu:
 - Czym jest płeć? Jak ją zdefiniować z biologicznego punktu widzenia?
 - Czy wszystkie organizmy mają taki sam proces determinacji płci jak ludzie?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie zapoznają się z tekstem w sekcji „Przeczytaj”, poszukując odpowiedzi na pytania zadane przez nauczyciela we wstępnej fazie lekcji. Wybrane/chętne osoby uzupełniają wcześniejsze wypowiedzi uczniów.
2. **Praca z multimedium („Gra edukacyjna”).** Uczniowie dzielą się na zespoły i rozwiązują pytania quizowe. Nauczyciel wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania

dobrych odpowiedzi (np. gra na czas lub na liczbę poprawnych odpowiedzi).

Przeprowadzenie gry w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel ogłasza zwycięską drużynę.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, czym jest plastyczność fenotypowa) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.
4. Uczniowie w 4-osobowych grupach wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie określić – na podstawie podanych informacji – znaczenie genów znajdujących się na chromosomie Y w kształtowaniu fenotypu samca muszki owocówki), a po upływie wyznaczonego czasu dzielą się swoimi odpowiedziami na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę pojęć podsumowującą zajęcia.
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 w domu ćwiczenia niezrealizowane na lekcji.

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 gry edukacyjnej:

- Grę edukacyjną można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.