

## Dziedziczenie pozajądrowe

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



## Dziedziczenie pozajądrowe

Dziedziczenie pozajądrowe to dziedziczenie genów z materiału genetycznego znajdującego się poza jądrem komórkowym – w mitochondriach i chloroplastach.

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

Pełna informacja genetyczna komórki w postaci cząsteczek kwasu deoksyrybonukleinowego nazywana jest genomem. W komórkach eukariotycznych przeważająca część genomu umiejscowiona jest w jądrze komórkowym. Niewielka ilość DNA znajduje się także w innych organellach komórkowych – w mitochondriach i chloroplastach: ten genom nazywany jest organellowym. Jak dziedziczą się geny w nim zawarte?

### Twoje cele

- Scharakteryzujesz genom komórek prokariotycznych i eukariotycznych.
- Omówisz sposoby dziedziczenia mitochondrialnego DNA.
- Opisziesz dziedziczenie materiału genetycznego plastydów.

# Przeczytaj

---

## Dziedziczenie pozachromosomowe u prokariotów

W genomie komórek prokariotycznych, poza genomem, który stanowi jedną cząsteczkę DNA tworzącą jeden chromosom, DNA zawarte jest również w plazmidach. Obecne w nich geny [dziedziczą się pozachromosomowo](#). Plazmidy są kolistymi cząsteczkami DNA, które mogą się replikować. Jest to ważne dla komórek bakteryjnych, ponieważ zreplikowane plazmidy zostają przekazane nowym komórkom podczas podziału lub w tzw. [horyzontalnym transferze genów](#) w trakcie [koniugacji](#), [transdukcji](#) czy [transformacji](#) komórek bakteryjnych. Informacja genetyczna zapisana w plazmidach nie dotyczy podstawowego metabolizmu komórki bakteryjnej. Dzięki niej bakterie mogą uzyskiwać natomiast oporność na antybiotyki lub zdolność do infekowania gospodarza. Geny plazmidów determinują cechy umożliwiające symbiozę bakterii z roślinami (np. u *Rhizobium*), a także rozkładanie nietypowych źródeł węgla (np. toluenu).

Podział komórki bakteryjnej i horyzontalny transfer genów.

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

Więcej informacji na ten temat znajdziesz w materiale: [Procesy płciowe i zmienność genetyczna bakterii](#).

## Genom u eukariontów

W komórkach eukariotycznych przeważająca część genomu znajduje się w jądrze komórkowym. Niewielka ilość DNA obecna jest także w innych organelach

komórkowych – w mitochondriach i w chloroplastach. W komórkach zwierzęcych i grzybowych DNA pozachromosomowe zawarte jest w mitochondriach, a w komórkach roślinnych w mitochondriach i chloroplastach. Mitochondria i [plastydy](#) mają własne rybosomy o stałej sedymentacji, odpowiednio, 55S i 70S, oraz DNA w postaci kolistej, dwuniciowej cząsteczki przypominającej DNA komórek bakteryjnych. Zgodnie z teorią endosymbiozy obie organelle zostały zasymilowane przez przodka komórki eukariotycznej – więcej w materiale: [Mitochondria i chloroplasty – organelle półautonomiczne](#).

Nowe mitochondria i plastydy powstają poprzez wzrost i podział już istniejących organelli. Zazwyczaj występują licznie w komórkach, a każda organelle może zawierać wiele kopii DNA. W jaki sposób odbywa się dziedziczenie pozajądrowej informacji genetycznej?

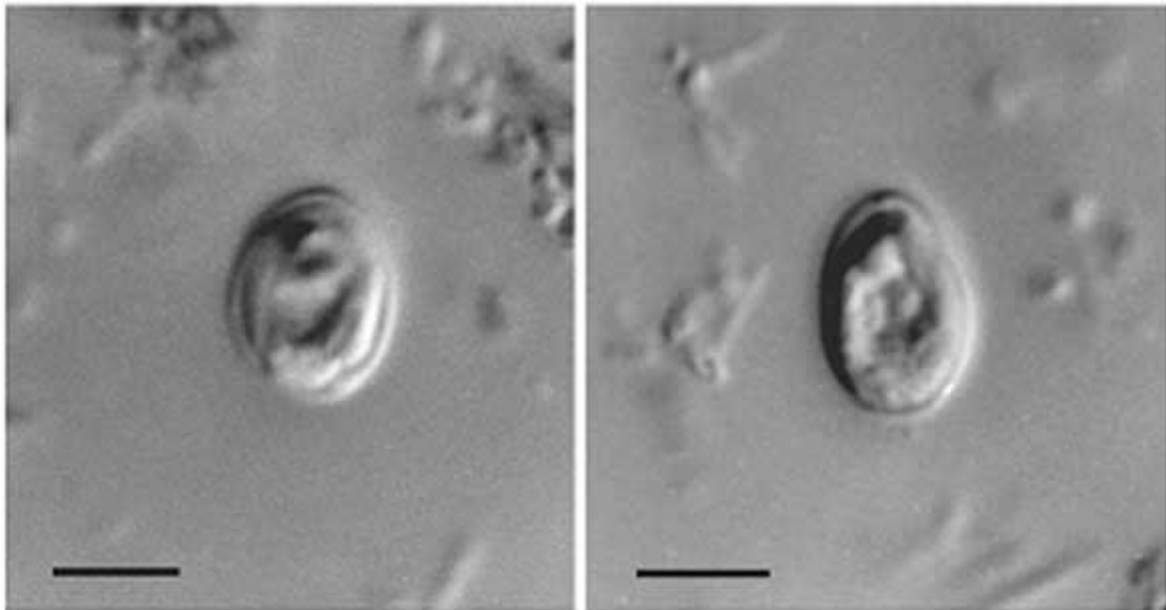
Mitochondria i chloroplasty dzielą się niezależnie od podziałów jądra komórkowego i są losowo rozdzielane do komórek potomnych. Dziedziczenie genów DNA mitochondrialnego (mtDNA) i chloroplastowego (chlDNA lub cpDNA) odbywa się więc pozachromosomowo, **niezgodnie z prawami Mendla**.

## Dziedziczenie mtDNA

Genom mitochondrialny człowieka składa się z ok. 16 600 par zasad i ma charakter genów ciągłych, czyli takich, których sekwencja kodująca nie jest przedzielona odcinkami niekodującymi. Ma on postać kolistych cząsteczek DNA.



ssaków) w ogóle nie zachodzi dziedziczenie mitochondrialne, bo mitochondria tego organizmu nie zawierają DNA. U większości roślin mtDNA również pochodzi z linii żeńskiej.

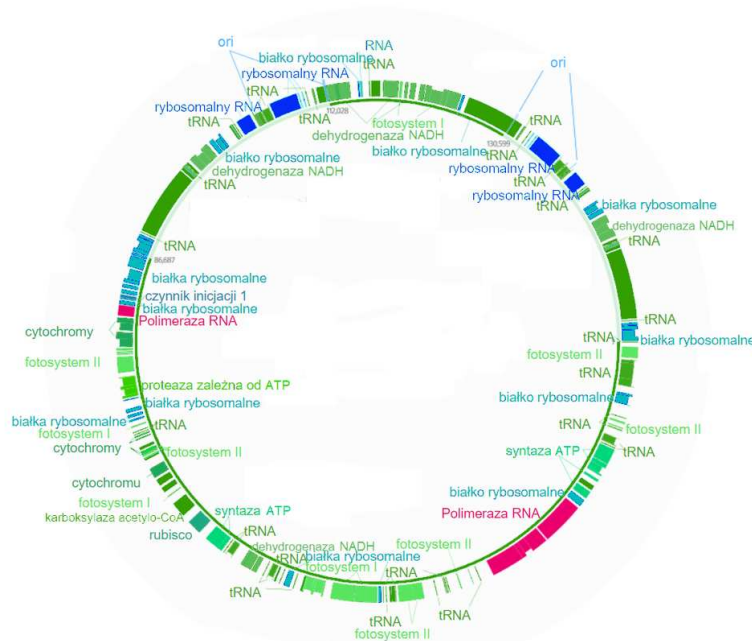


Cysty *Cryptosporidium muris* w ludzkim kale.

Źródło: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades - CDC, Wikimedia commons, domena publiczna.

## Dziedziczenie chDNA

W plastydach komórek roślinnych występują koliste cząsteczki DNA nazywane DNA plastydowym lub DNA chloroplastowym. Liczy ono 120 000–170 000 par zasad i zawiera 80–300 genów.



Struktura chloroplastowego DNA tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum*).

Źródło: Kelvinsong, edytowano, licencja: CC BY-SA 3.0.

Dziedziczenie chloroplastowego DNA zazwyczaj odbywa się [jednostronnie](#), najczęściej w linii żeńskiej. [Dziedziczenie obustronne](#) zachodzi bardzo rzadko (np. u wiesiołka).

### Ciekawostka

U niektórych roślin nagonasiennych (np. sosny) dziedzicznie plastydowe odbywa się w linii męskiej.

### Słownik

**dziedziczenie jednostronne**

dziedziczenie mitochondriów lub plastydów po jednym z rodziców

**dziedziczenie obustronne**

dziedziczenie mitochondriów lub plastydów po obu rodzicach

**dziedziczenie pozachromosomowe**

dziedziczenie informacji genetycznej w inny sposób niż za pośrednictwem genów obecnych w chromosomach DNA jądrowego; zachodzi niezgodnie z prawami Mendla

### **horizontalny transfer genów**

inaczej poziomy transfer genów; zjawisko przenoszenia genów pomiędzy dwoma organizmami niepotomnymi; występuje częściej u organizmów prokariotycznych

### **koniugacja**

mechanizm wymiany DNA między komórkami bakterii; podczas koniugacji materiał genetyczny jest przekazywany poprzez pile płciowe (fimbrie)

### **plastidy**

organelle otoczone dwiema błonami występujące u wszystkich roślin lądowych oraz niektórych roślin pierwotnie wodnych i protistów roślinopodobnych

### **transdukcja**

proces przenoszenia materiału genetycznego z jednych komórek bakteryjnych na drugie za pośrednictwem bakteriofagów

### **transformacja**

zmiana w materiale genetycznym danego szczepu bakterii (biorcy) pod wpływem pobranego z otoczenia DNA pochodzącego z rozpadu komórek innego szczepu bakterii (dawcy)

# Grafika interaktywna

---

## Dziedziczenie mitochondriów podczas zapłodnienia

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

## Porównanie dziedziczenia DNA jądrowego i DNA mitochondrialnego

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o. na podstawie: "Mitochondrial DNA vs. nuclear DNA" University of California Museum of Paleontology, licencja: CC BY-SA 3.0.

**Polecenie 1**

**Polecenie 2**

# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Jedną z technik klonowania organizmów jest metoda transferu jądra komórkowego. Polega ona na przeniesieniu jądra komórkowego pobranego od jednego osobnika do komórki jajowej innego. Następnie stymuluje się podziały modyfikowanej komórki – po kilku dniach powstały w ten sposób zarodek wprowadza się do macicy „matki zastępczej”.

Ćwiczenie 7



## Ćwiczenie 8



Horyzontalny transfer genów (ang. *horizontal gene transfer*, HGT) zwany także transferem lateralnym (ang. *lateral gene transfer*, LTG) polega na przeniesieniu materiału genetycznego z jednego organizmu do drugiego, gdzie przekazane geny podlegają utrwaleniu w genomie. Koncepcje horyzontalnego transferu genów jako międzygatunkowego przepływu genów wprowadził Michael Syvanen w 1984 r. Międzykomórkowy transfer informacji genetycznej umożliwia bakteriom wzbogacenie własnej puli genów o dodatkową informację genetyczną pochodzącą często od niespokrewnionych taksonomicznie gatunków bakterii. Prowadzi to do ogromnej zmienności genetycznej mikroorganizmów w obrębie jednego gatunku i zapewnia im szybkie tempo ewolucji.

Źródło: Katarzyna Czuba, *Horyzontalny transfer genów – siła napędowa ewolucji bakterii*, Laboratoria.net.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Dziedziczenie pozajądrowe

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

**Podstawa programowa:**

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIV. Genetyka klasyczna.

1. Dziedziczenie cech. Uczeń:

7) wyjaśnia istotę dziedziczenia pozajądrowego;

**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):**

- Scharakteryzujesz genom komórek prokariotycznych i eukariotycznych.
- Omówisz sposoby dziedziczenia mitochondrialnego DNA.
- Opisziesz dziedziczenie materiału genetycznego plastydów.

**Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

**Metody i techniki nauczania:**

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna;

- mapa pojęć;
- praca z tekstem.

### **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.

### **Przed lekcją:**

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Dziedziczenie pozajądrowe”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy lub za pomocą rzutnika zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji. Następnie rozpoczyna rozmowę, pytając: „Co dzieje się z materiałem genetycznym, który nie jest zawarty w jądrach komórkowych?”.

#### **Faza realizacyjna:**

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie na podstawie przeczytanego tekstu układają pytania do quizu dla innych par. 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 parę.
2. **Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla obie grafiki interaktywne i wspólnie z uczniami dokonuje ich analizy. Prosi podopiecznych, by

pracując w parach, wyjaśnili, dlaczego informację genetyczną zawartą w mitochondriach dziedziczy się tylko w linii matczynej. Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.

- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 6 (w którym mają za zadanie ocenić, na podstawie przedstawionych informacji na temat transferu jądra komórkowego, czy organizmy eukariotyczne klonowane tą metodą są identyczne pod względem materiału genetycznego z dawcą jądra, oraz uzasadnić swoją odpowiedź) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.
4. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie wymienić trzy rodzaje transferu horyzontalnego i uzasadnić twierdzenie, że transfery te mogą być przykładem dziedziczenia pozachromosomowego), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

#### **Faza podsumowująca:**

1. Klasa wspólnie wykonuje mapę pojęć podsumowującą zajęcia, obejmującą rodzaje DNA w genomach komórek oraz sposoby dziedziczenia mitochondrialnego i chloroplastowego DNA.
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 ćwiczenia od 2 do 5 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 zaciekawienia uczniów.