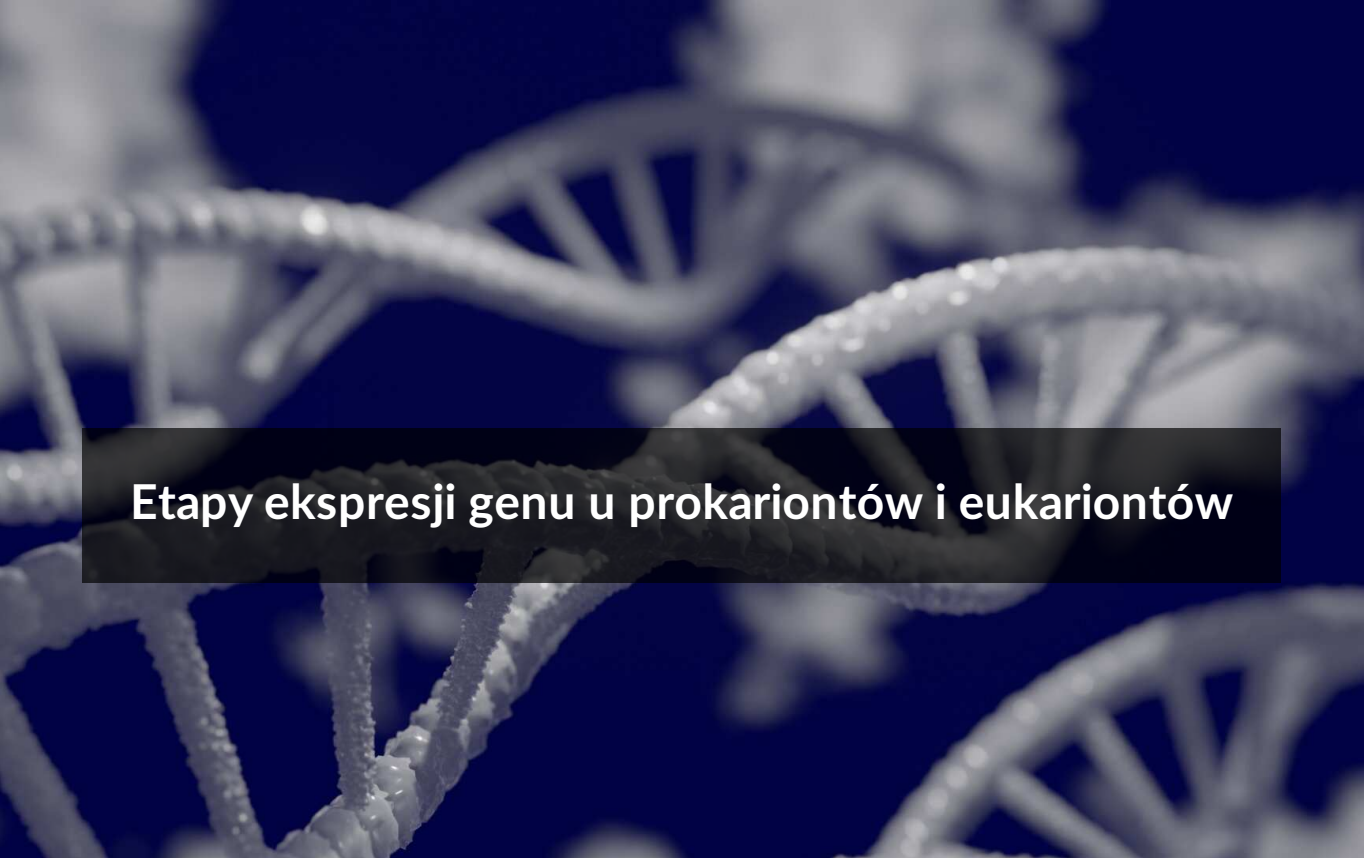


## Etapy ekspresji genu u prokaryotów i eukaryotów

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



## Etapy ekspresji genu u prokariotów i eukariotów

Pierwszym etapem ekspresji genu jest transkrypcja, czyli „przepisanie” informacji genetycznej z DNA na mRNA.

Źródło: Mahmoud-Ahmed, Pixabay, domena publiczna.

W DNA zakodowana jest informacja o budowie białek budujących komórki oraz białek regulujących procesy metaboliczne w nich zachodzące. Ekspresja informacji genetycznej, czyli jej „ujawnienie się” w postaci białek przebiega etapowo w różnych miejscach komórki i zachodzi inaczej w komórkach eukariotycznych niż w komórkach prokariotycznych.

### Twoje cele

- Opisziesz etapy ekspresji informacji genetycznej.
- Wskażesz lokalizację przebiegu poszczególnych etapów ekspresji genu w komórkach.
- Porównasz przebieg ekspresji informacji genetycznej w komórce prokariotycznej i eukariotycznej.
- Przedstawisz znaczenie obróbki potranskrypcyjnej pre-mRNA oraz modyfikacji potranslacyjnej białek w ekspresji genu

# Przeczytaj

---

## Transkrypcja

Pierwszy etap ekspresji genu to transkrypcja. Polega ona na „przepisaniu” informacji genetycznej z DNA na mRNA. Jest to możliwe dzięki **zasadzie komplementarności** – dopełniania się zasad azotowych nukleotydów matrycowej nici DNA i nowo powstającego mRNA. W przypadku komórek eukariotycznych transkrypcja zachodzi w jądrze komórkowym, gdzie na jednej z nici DNA (matrycowej) powstaje mRNA. Innymi organellami, które zawierają DNA, są mitochondria i chloroplasty (w komórkach roślinnych) – w nich również zachodzi proces transkrypcji.

Jednostką transkrypcji jest odcinek DNA (gen) mieszczący się między dwoma specyficznymi fragmentami kwasu nukleinowego: promotorem i sygnałem poliadenylacji (u eukariontów) lub terminatorem (u prokariotów). Promotor wskazuje miejsce rozpoczęcia transkrypcji. Odczytywanie DNA następuje w kierunku od 3' do 5', natomiast synteza mRNA – od 5' do 3'. Całość procesu jest katalizowana przez polimerazę RNA zależną od DNA. U eukariontów funkcjonują trzy rodzaje polimeraz RNA, natomiast u prokariotów tylko jedna.

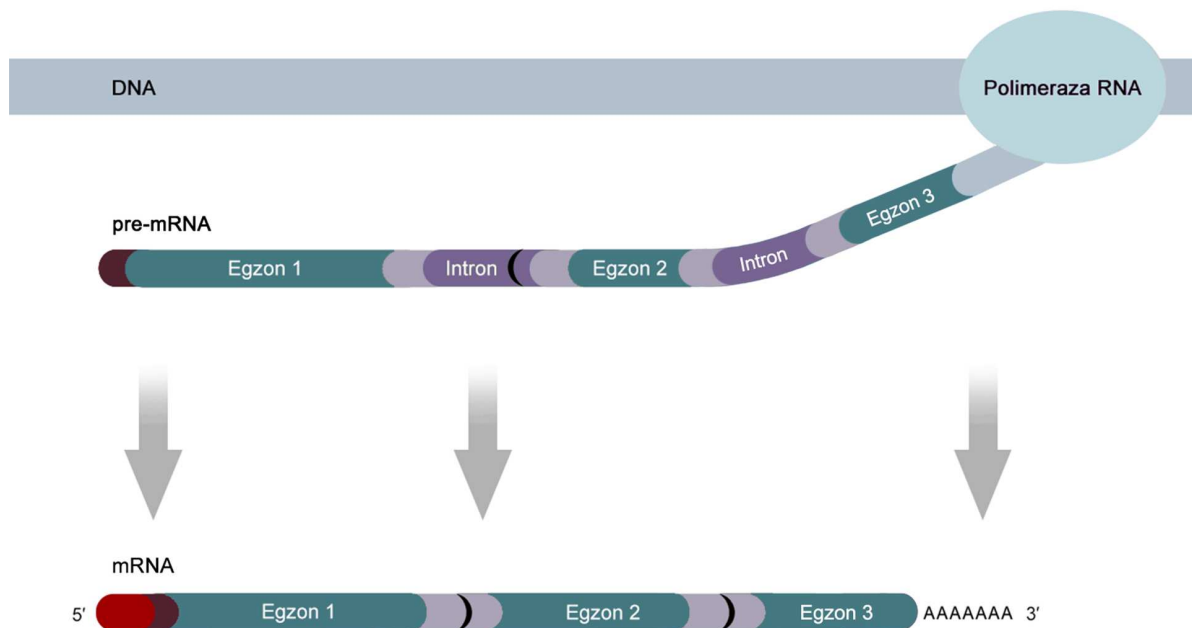
**Transkrypcja** dzieli się na trzy etapy: inicjację, elongację i terminację. **Polimeraza RNA** łączy się z odcinkiem promotorowym i tworzy kompleks inicjujący (**inicjacja**). Podczas procesu wydłużania nici mRNA (**elongacji**) przesuwająca się wzdłuż nici DNA polimeraza RNA rozplata ją i dołącza komplementarne nukleotydy mRNA.

Proces zakończenia (**terminacji**) transkrypcji rozpoczyna się po odczytaniu przez polimerazę, znajdującej się za genem, sekwencji kończącej transkrypcję. Powoduje to odłączenie nowopowstałego transkryptu i polimerazy od matrycowej nici DNA. Istnieją różnice w jej przebiegu u prokariotów i eukariontów o czym przeczytasz w materiale: Porównanie transkrypcji eukariotycznej i prokariotycznej.

W prokariotycznych komórkach bakteryjnych nie zachodzi fizyczne rozdzielanie transkrypcji i translacji ponieważ chromosom bakteryjny (**genofor**) nie jest oddzielony błoną od cytozolu, w którym znajdują się także rybosomy, w których zachodzi translacja.

W genomie eukariontów występują tzw. geny nieciągłe. Oznacza to, że fragmenty kodujące sekwencje aminokwasowe białka (**eksony**) są rozdzielone przez fragmenty niekodujące (**introny**). Nowo powstały transkrypt o nazwie pre-mRNA jest odzwierciedleniem DNA.

Musi przejść proces dojrzewania (obróbki potranskrypcyjnej), która polega na wycięciu intronów, przyłączeniu do końca 5' stabilizującego mRNA nukleozydu, tzw. czapeczki, a do końca 3' – zwiłokrotnionej sekwencji nukleotydów adenyłowych: poli-A. Dzięki tym modyfikacjom mRNA eukariotyczne jest znacznie bardziej stabilne niż mRNA prokariotyczne. Tak zabezpieczony mRNA jest gotowy do przesłania do cytoplazmy przez pory w otoczce jądrowej. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w materiale: Modyfikacje potranskrypcyjne RNA u Eucaryota.



Schemat przedstawia obróbkę potranskrypcyjną DNA w komórce eukariotycznej, która prowadzi do powstania mRNA gotowego do przetransportowania do cytoplazmy.

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

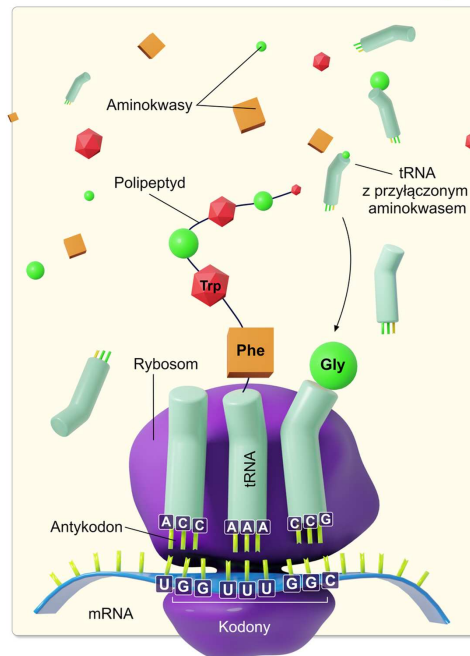
Geny bakterii to geny **ciągłe**. Składają się z sekwencji kodujących, więc mRNA nie musi ulegać obróbce potranskrypcyjnej i translacja może rozpocząć się jeszcze przed zakończeniem transkrypcji DNA. Na czym polega obróbka potranskrypcyjna dowiesz się z materiału: Modyfikacje potranskrypcyjne RNA u Eucaryota.

## Translacja

Drugi etap ekspresji genu (**translacja**) u eukariontów odbywa się na rybosomach, w **cytoplazmie** komórki lub na **siateczce śródplazmatycznej szorstkiej**. Polega na biosyntezie białka, czyli wytworzeniu łańcucha polipeptydowego na podstawie kolejności nukleotydów tworzących kodony mRNA.

W skład kompleksu translacyjnego wchodzi:

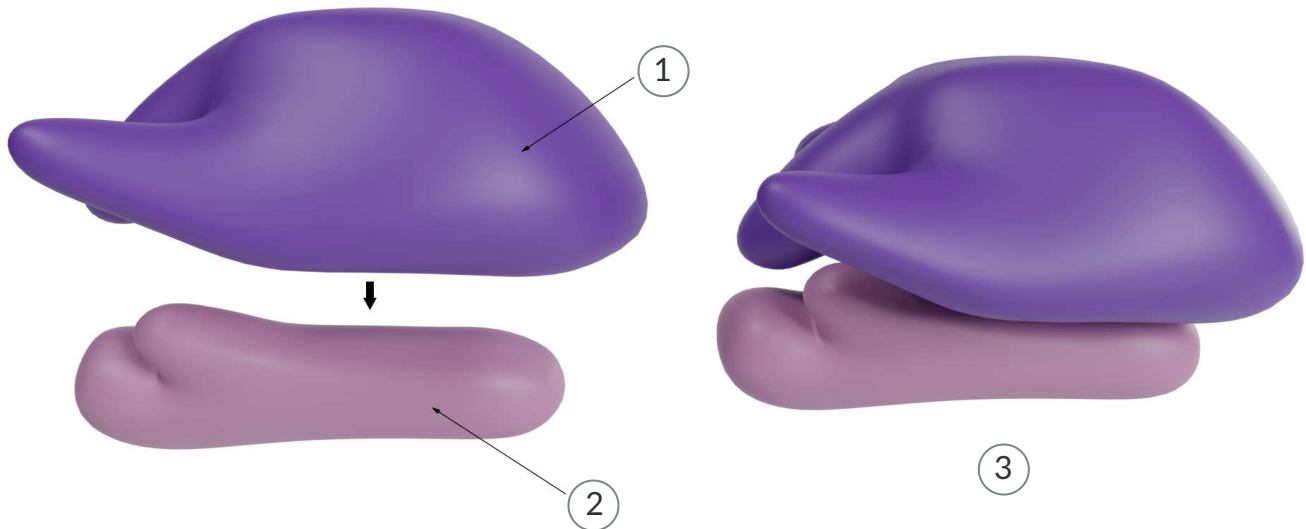
- mRNA,
- rybosomy (na których przeprowadzana jest synteza białka, w tym będące ich składnikami biokatalizatory tego procesu),
- transportujący aminokwasy tRNA (aminoacylo-tRNA),
- wspomagające cały proces białkowe czynniki translacyjne.



Schemat uproszczonego procesu elongacji translacji.

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

Rybosomy zbudowane są z **rybosomalnych białek** i **rRNA**. Składają się z **dwóch podjednostek**, większej i mniejszej. Wyróżnia się dwa rodzaje rybosomów: bakteryjne (**70S**) i charakterystyczne dla komórek eukariotycznych (**80S**). Wielkość rybosomów oznaczana jest jednostkami Svedberga związanymi z szybkością ich opadania podczas wysokoobrotowego **wirowania frakcjonującego**.



1

---

Duża podjednostka

2

---

Mała podjednostka

3

---

## Rybosom

Struktura rybosomu. Rybosomy składają się z dwóch podjednostek: małej i dużej.

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

Mała podjednostka rybosomów bierze udział w łączeniu pętli antykodonowej tRNA z kodonem mRNA. Podjednostka większa odpowiada za powstawanie wiązania peptydowego między aminokwasami tworzącymi polipeptyd.

### Transportujący RNA (tRNA)

tRNA jest swoistym łącznikiem między mRNA a aminokwasami tworzącymi polipeptyd. Cząsteczka tego kwasu nukleinowego ma charakterystyczny kształt - nić polinukleotydowa tworzy trzy główne pętle i jedną dodatkową, która stabilizuje strukturę kompleksu podczas translacji. Dolna pętla (antykodonowa) łączy się komplementarnie

z kodonami mRNA. Podczas biosyntezy białka wykorzystywane są różne tRNA – każdy z nich może transportować tylko jeden, swoisty dla siebie aminokwas. Aminokwas przyłączany jest do tRNA w procesie **aminoacylacji**.

**Dla zainteresowanych**

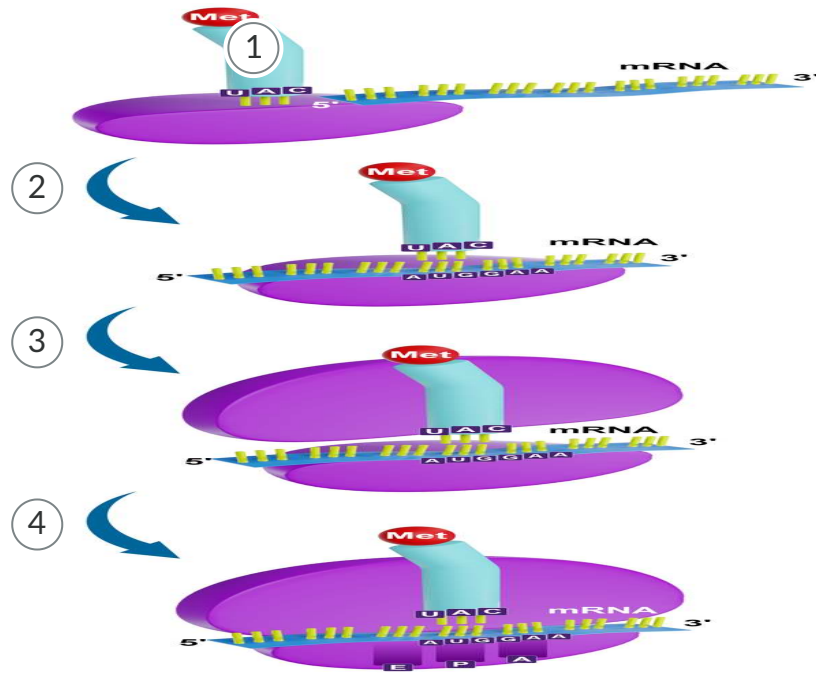
Więcej na ten temat w e-materiale pt. [Aminoacylacja tRNA](#).

W rybosomie formują się trzy przestrzenne miejsca: A, P i E.

<b>A</b>
Przestrzeń aminoacylowa, do której dołączają się kolejne aa-tRNA.
<b>P</b>
Przestrzeń peptydowa, w której obecny jest tRNA z dołączonym łańcuchem peptydowym.
<b>E</b>
Przestrzeń, którą opuszcza wolny tRNA.

Translacja przebiega w trzech etapach.

<b>Inicjacja</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Inicjacja jest procesem, w którym formuje się <b>kompleks translacyjny</b>. U eukariontów do małej podjednostki rybosomu przyłącza się tRNA z aminokwasem startowym – metioniną (aa-tRNA<sup>met</sup>). Następuje przyłączenie mRNA końcem 5' i odszukanie <b>kodonu startowego AUG</b>. Kompleks składający się z kodonu start, małej podjednostki rybosomowej i tRNA, nazywa się kompleksem inicjującym. W obecności jonów magnezowych zostaje przyłączona duża podjednostka rybosomu – kończy to inicjację.</li><li>• W komórkach prokariotycznych mRNA przed kodonem startowym ma sekwencję nukleotydów, komplementarną do rRNA małej podjednostki rybosomu. Następuje ustalenie ramki odczytu i przyłączenie tRNA<sup>met</sup>. Powstanie kompleksu translacyjnego kończy inicjację.</li></ul>
<b>Elongacja</b>
<b>Terminacja</b>



1

---

tRNA<sup>met</sup>

Inicjacja translacji rozpoczyna się związaniem małej podjednostki rybosomowej z mRNA.

2

---

Pierwszym czytany kodonem mRNA w procesie translacji jest kodon AUG (kodon start). Mała podjednostka rybosomu wiąże się w ściśle określonym miejscu „powyżej” kodonu AUG. Następnie przesuwa się wzdłuż mRNA w kierunku 3', aż „napotka” pierwszy kodon AUG.

3

---

Dołączenie dużej podjednostki rybosomu – dla stworzenia kompleksu inicjacyjnego – w obecności jonów Mg<sup>2+</sup>.

4

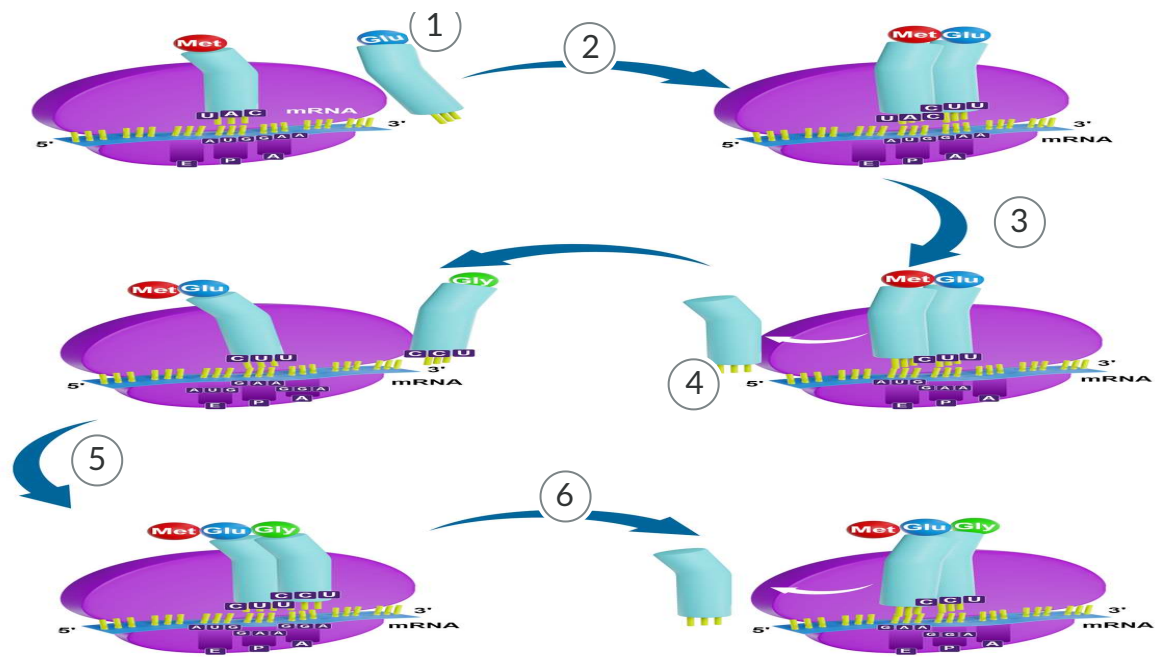
---

Formowanie kompleksu inicjacyjnego.

Schemat przebiegu inicjacji translacji.

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





1

Zbliżający się tRNA.

2

tRNA łączy się z metioniną z pasującym kodonem w miejscu P, a tRNA z aminokwasem opowiadającym kolejnemu kodonowi w miejscu A. Między aminokwasami wytwarza się wiązanie peptydowe.

3

Matryca mRNA przesuwa się względem rybosomu o kodon. Kodon AUG znajduje się teraz w miejscu E, drugi w miejscu P, a trzeci w miejsce A, co umożliwia przyłączenie tRNA z odpowiednim aminokwasem.

4

Następuje uwolnienie tRNA do cytoplazmy.

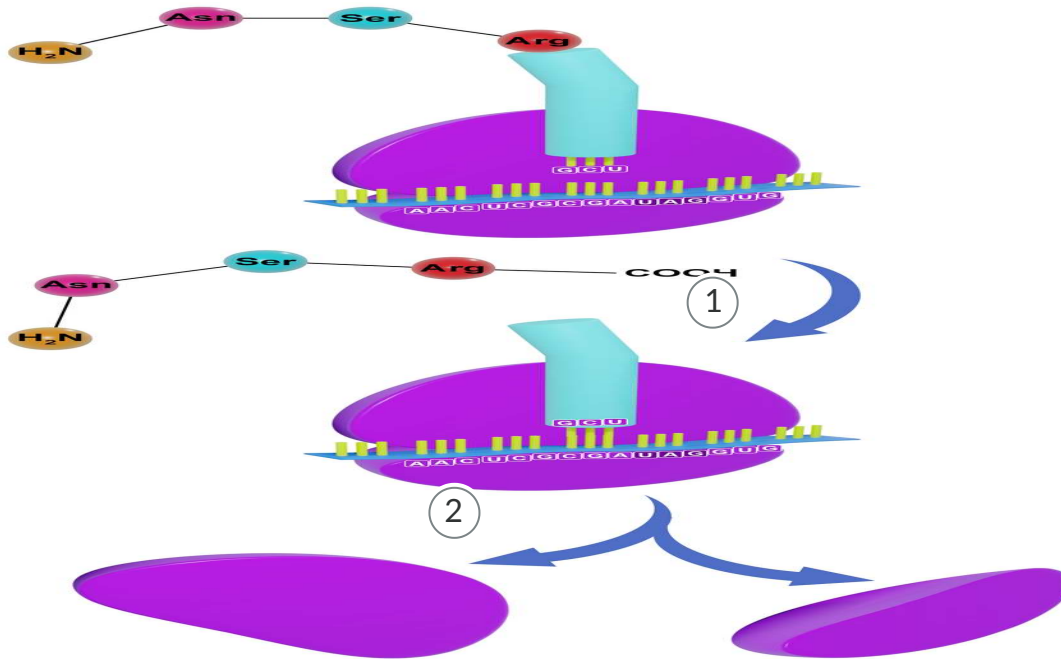
5

Do miejsca A przyłącza się kolejny aa-tRNA.

tRNA łączy się z pasującym kodonem. Matryca mRNA przesuwa się względem rybosomu, miejsce A jest znów wolne i gotowe do przyjęcia kolejnego aa-tRNA.

Schemat przebiegu elongacji translacji.

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



1

Łańcuch mRNA przesuwa się względem rybosomu do momentu, gdy w miejscu A pojawi się jeden z kodonów STOP (UAA, UAG, UGA).

2

Rozłączenie podjednostek rybosomu.

Schemat przebiegu terminacji translacji.

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

## Obróbka potranslacyjna

Nowy łańcuch polipeptydowy zostaje poddany **obróbce potranslacyjnej**. Łańcuch polipeptydowy nie musi zawierać zawsze w pierwszej pozycji metioninę – niekiedy należy ją wyciąć. Pomiędzy aminokwasami tworzącymi struktury białkowe o wyższej rzędowości (np. struktura III-rzędowa białka) powstają nowe wiązania w postaci **mostków disiarczkowych**. Do ich wytworzenia niezbędne są dwie reszty cysteiny, aminokwasu zawierającego siarkę. Zachodzi **glikozylacja**, podczas której do peptydu przyłączane są reszty cukrowe. Przyłączeniu mogą też ulegać lipidy lub grupy fosforanowe, co jest nazywane **fosforylacją**. Niektóre białka wymagają czasowej dezaktywacji i aktywowane są dopiero w miejscu docelowym (np. enzymy proteolityczne). Odbywa się to przez rozcinanie łańcucha peptydowego. Zależnie od funkcji, jaką będzie spełniało nowe białko, jest ono przenoszone do odpowiednich miejsc w komórkach lub organizmie. Więcej na ten temat przeczytasz w materiale: „Modyfikacje potranslacyjne białek”.

## Słownik

### **kodon START**

kodon AUG na mRNA, do którego przyłącza się aa-tRNA<sup>met</sup> i od którego rozpoczyna się biosynteza białka

### **kodon STOP**

trzy kodony (UAA, UAG, UGA) mRNA, które nie kodują aminokwasów, a są sygnałem terminacji translacji

### **wirowanie frakcjonujące**

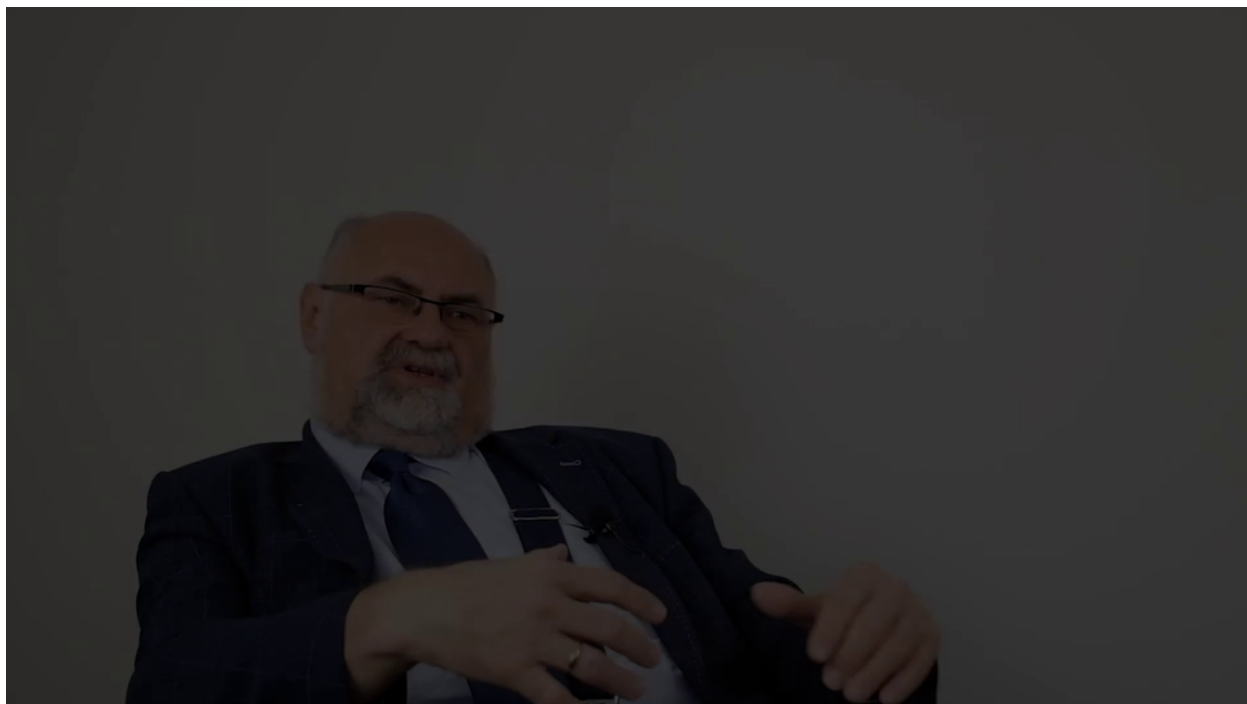
technika laboratoryjna polegająca na szybkim wirowaniu mieszaniny i rozdzielaniu jej na frakcje

### **zasada komplementarności**

reguła, która mówi, że cytozyna (C) łączy się tylko z guaniną (G), a adenina (A) w RNA – z uracylem (U); z kolei w DNA łączy się z tyminą (T); na podstawie tej zasady możliwe jest odtworzenie brakującej nici DNA

# Film

---



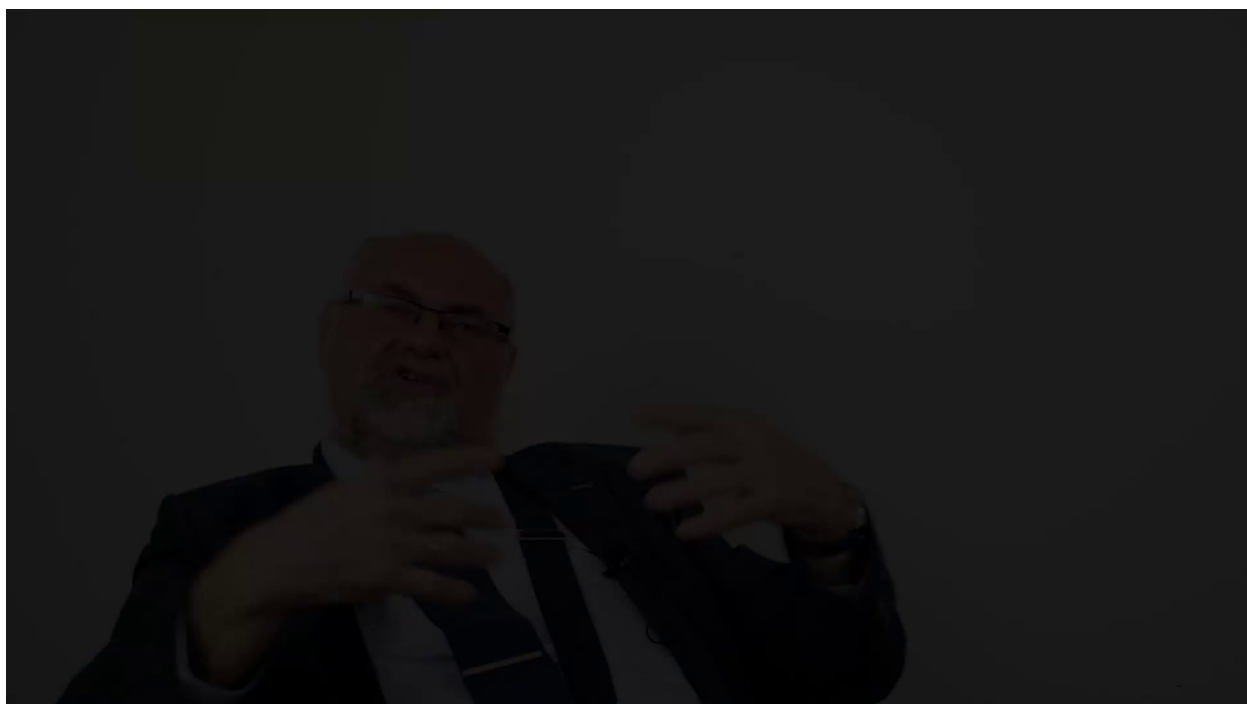
Film dostępny pod adresem </preview/resource/RXtFyCJ7Tev46>

Etapy ekspresji genów u prokariotów i eukariotów.

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

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem: Etapy ekspresji genów u prokariotów i eukariotów.

---



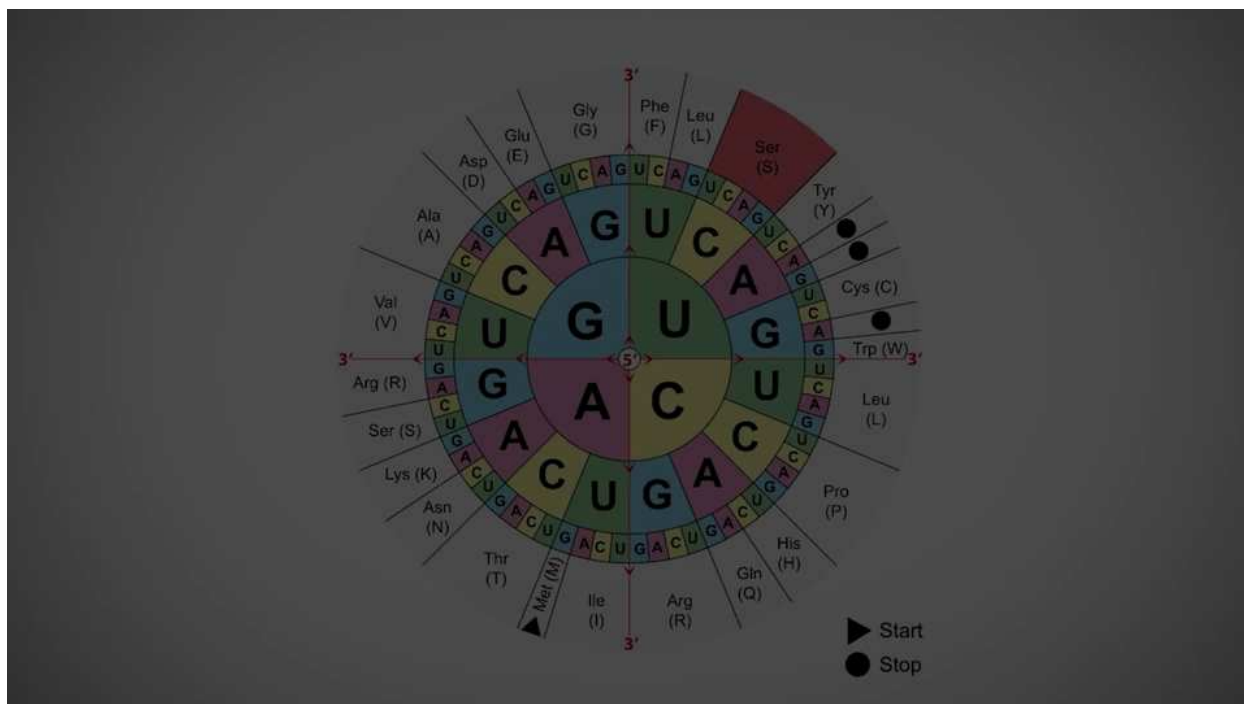
Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1NSJtYWvpwj9>

Różnice między biosyntezą białek u prokariotów i eukariotów.

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

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem: Różnice między biosyntezą białek u prokariotów i eukariotów.

## Dla zainteresowanych



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1PM2koPEZtdB>

Kod genetyczny

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

Film nawiązujący do kodu genetycznego.

## Polecenie 1

Opisz różnice w ekspresji informacji genetycznej prokariotów i eukariotów uwzględniając w porównaniu czas i miejsce zachodzenia poszczególnych etapów.

## Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego u prokariotów nie występuje obróbka potranskrypcyjna mRNA.



# Sprawdź się

---

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



Wskaż fałszywe stwierdzenie.

- W genomie eukariontów występują tzw. geny nieciągłe.
- W komórkach eukariotycznych następuje wycinanie intronów i łączenie eksonów.
- W komórkach prokariotycznych występują geny ciągłe.
- W komórkach eukariotycznych obecne są wyłącznie ciągłe geny.

## Ćwiczenie 2



Zaznacz prawdziwe stwierdzenia dotyczące eukariotycznego i prokariotycznego mRNA.

- U organizmów eukariotycznych powstający pre-mRNA ulega znacznej modyfikacji jeszcze w jądrze komórkowym.
- Bakteryjny mRNA ulega translacji w czasie, gdy jest jeszcze transkrybowany.
- Bakteryjny mRNA wymaga obróbki potranskrypcyjnej.
- Eukariotyczny mRNA jest stabilniejszy od bakteryjnego.

### Ćwiczenie 3



Połącz pojęcia z ich opisem.

antykodon

Występująca w tRNA sekwencja trzech nukleotydów łącząca się z komplementarnym kodonem mRNA.

tRNA

Rodzaj kwasu rybonukleinowego, którego funkcją jest przyłączanie wolnych aminokwasów w cytozolu i transportowanie ich do rybosomu.

mRNA

Proces wytwarzania białek.

translacja

Występująca w mRNA sekwencja trzech nukleotydów będąca jednostką, która koduje określony aminokwas podczas procesu translacji białka.

transkrypcja

Synteza RNA na matrycy DNA.

kodon

Rodzaj kwasu rybonukleinowego, którego funkcją jest przenoszenie informacji genetycznej na temat kolejności aminokwasów w łańcuchu polipeptydowym.



## Ćwiczenie 4



Oceń prawdziwość stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
W komórkach prokariotycznych transkrypcja zachodzi w jądrze komórki.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W komórkach prokariotycznych translacja i transkrypcja tego samego genu mogą zachodzić jednocześnie.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kompleks inicjujący transkrypcję tworzy polimeraza DNA połączona z odcinkiem promotorowym.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
W komórkach eukariotycznych funkcjonują trzy rodzaje polimeraz RNA.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Ćwiczenie 5



Uzupełnij tekst podanymi hasłami.

Łańcuch polipeptydowy po translacji ulega pewnym przekształceniom – zjawisko to nazywa się . W jej przebiegu często dochodzi do wycinania aminokwasu . Co więcej, może również nastąpić przyłączenie się do białka reszty cukrowej, co nazywane jest . Czasami dołączane są również grupy fosforanowe – proces ten to  białka.

histydyna

glikozylacją

fosforylacja

defosforylacja

metioniny

transkrypcją

obróbką potranslacyjną

## Ćwiczenie 6



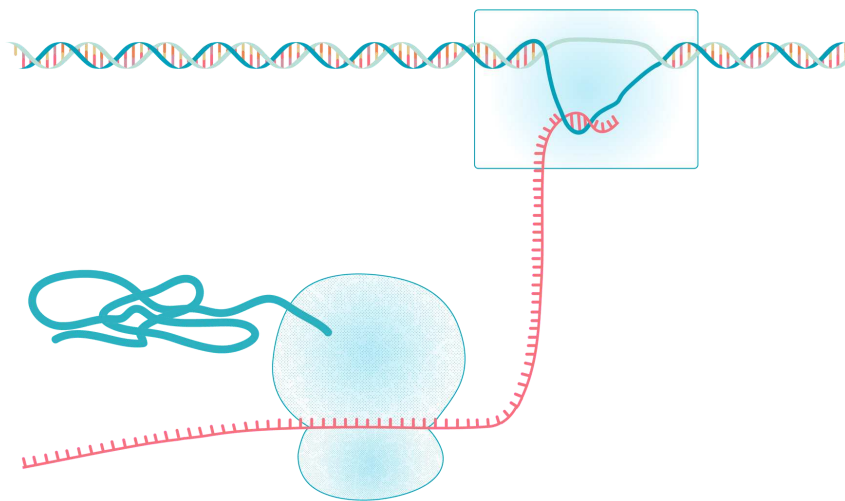
Rybosomy zbudowane są z rybosomalnych białek i rRNA. Wskaż różnicę pomiędzy rybosomami prokariotycznymi i eukariotycznymi.

## Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, jakie znaczenie dla komórek eukariotycznych ma oddzielenie przestrzenne poszczególnych etapów procesu ekspresji genów, a jakie znaczenie ma brak tego rozdziału w komórkach prokariotycznych.

## Ćwiczenie 8



Na schemacie przedstawiono proces translacji.

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

Uzasadnij, podając minimum dwa argumenty, że na rysunku przedstawiono proces ekspresji informacji genetycznej u organizmów prokariotycznych.

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Anna Juwan

**Przedmiot:** Biologia

**Temat:** Etapy ekspresji genu u prokariotów i eukariotów

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

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VI. Ekspresja informacji genetycznej w komórkach człowieka. Uczeń:

5) opisuje proces translacji i przedstawia znaczenie modyfikacji potranslacyjnej białek;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Uczeń:

7) porównuje przebieg ekspresji informacji genetycznej w komórce prokariotycznej i eukariotycznej;

**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;
- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji.

**Cele operacyjne (językiem ucznia):**

- Opisziesz etapy ekspresji informacji genetycznej.
- Wskażesz lokalizację przebiegu poszczególnych etapów ekspresji genu w komórkach.
- Porównasz przebieg ekspresji informacji genetycznej w komórce prokariotycznej i eukariotycznej.

- Przedstawisz znaczenie obróbki potranskrypcyjnej pre-mRNA oraz modyfikacji potranslacyjnej białek w ekspresji genu

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm.

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

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- śniegowa kula;
- gra dydaktyczna.

### **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.

### **Przed lekcją:**

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Etapy ekspresji genu u prokariontów i eukariontów”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 oraz ćwiczenia nr 2 z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel wyświetla cele zajęć z sekcji „Wprowadzenie”, a następnie wspólnie z uczniami ustala kryteria sukcesu.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel, za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu, sprawdza, którzy uczniowie zapoznali się z udostępnionym e-materiałem i wykonali zadane ćwiczenia. Jeśli odpowiedzi uczniów bardzo się różnią lub ćwiczenia okazały się trudne, nauczyciel omawia je na forum.

## Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film”).** Uczniowie zapoznają się z filmem udostępnionym przez nauczyciela i wnotowują najważniejsze wiadomości.
2. **Kula śniegowa.** Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, opracowując na podstawie udostępnionego e-materiału odpowiedzi na następujące polecenia:
  - Opisz przebieg biosyntezy białka.
  - Podaj dwie różnice w ekspresji genu między komórkami prokariotycznymi i eukariotycznymi.
  - Wyjaśnij, dlaczego u prokariotów nie występuje obróbka potranskrypcyjna mRNA.
  - Wyjaśnij, jakie znaczenie dla komórek eukariotycznych ma oddzielenie przestrzenne poszczególnych etapów procesu ekspresji genów, a jakie znaczenie ma brak tego rozdziału u komórek prokariotycznych.Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
  - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
  - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
  - 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
  - 4) na koniec uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje.
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 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 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 ćwiczenie 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:**

- Uczniowie mogą wykorzystać multimedium z sekcji „Film” w celu przygotowania się do lekcji powtórkowej.