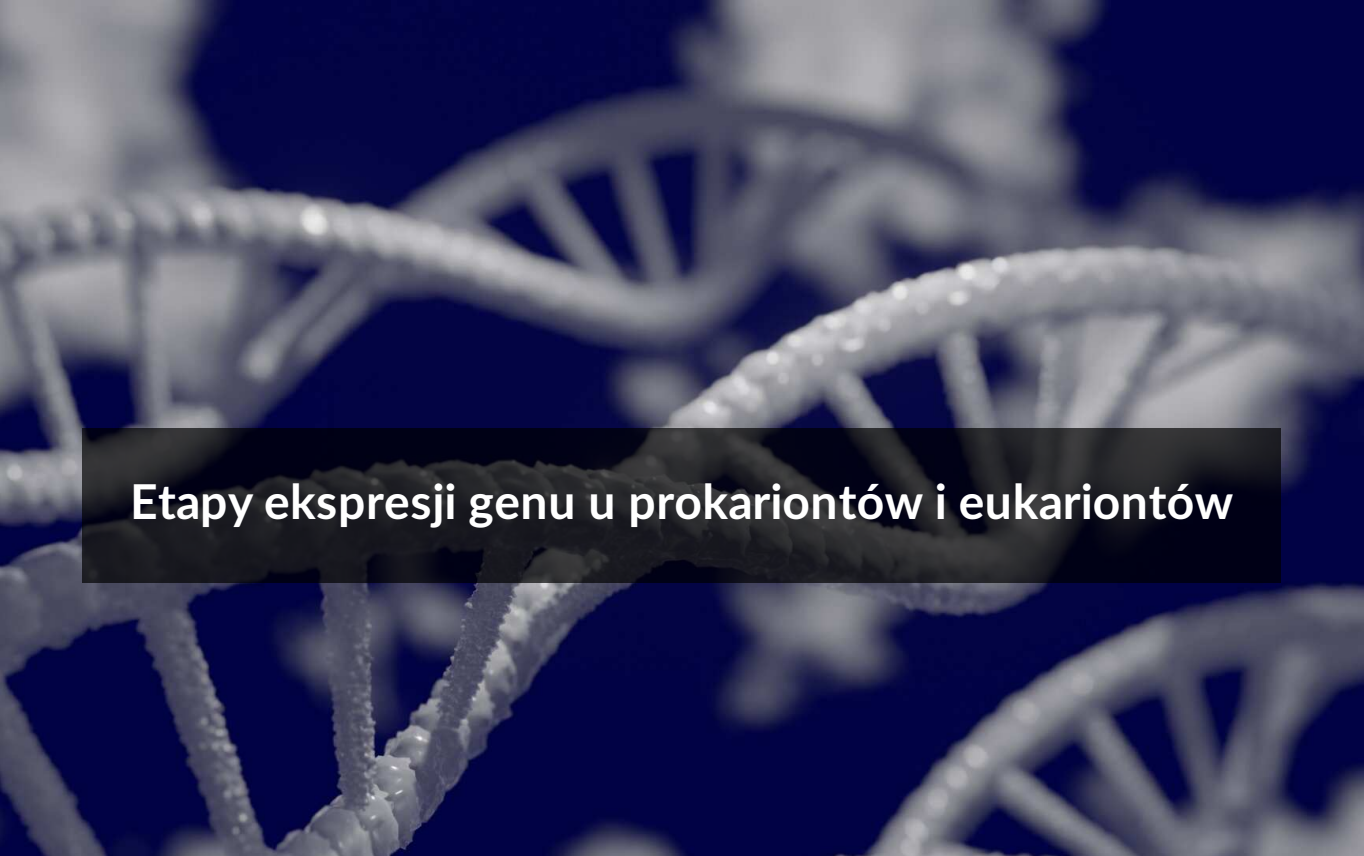


## Etapy ekspresji genu u prokaryotów i eukaryotów

- [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.

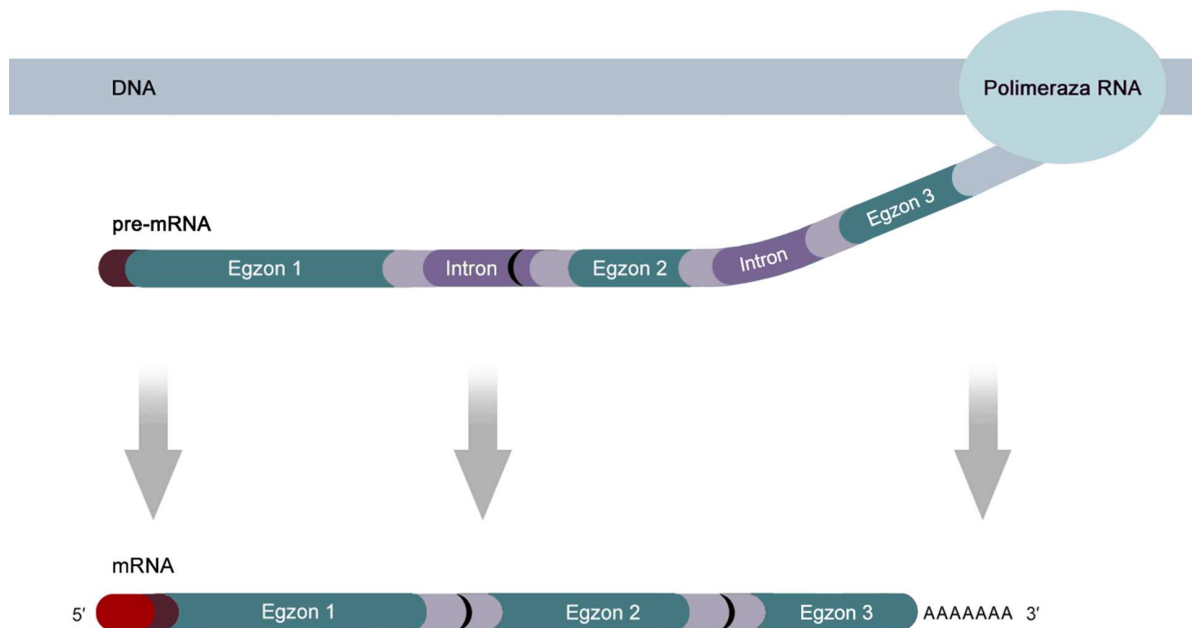
**Transkrypcja** dzieli się na trzy etapy: inicjację, elongację i terminację. **Polimeraza RNA** łączy się z odcinkiem promotorowym i tworzy kompleks inicjujący (**inicjacja**). Podczas procesu wydłużania nici mRNA (**elongacji**) przesuwająca się wzdłuż nici DNA polimeraza RNA rozplata ją i dołącza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

Proces zakończenia (**terminacji**) transkrypcji rozpoczyna się po odczytaniu przez polimerazę, znajdującą 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' – zwiłkrotnionej 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.

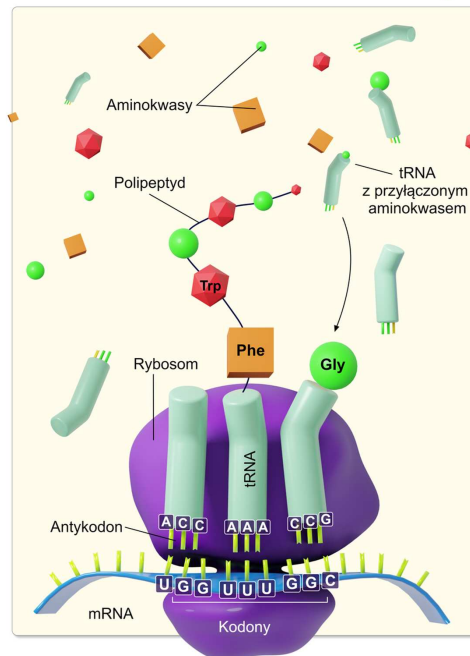
Geny bakterii to geny **ciągłe**. Składają się z sekwencji kodujących, więc mRNA nie musi ulegać obróbce potranskrypcyjnej i translacja może rozpocząć się jeszcze przed zakończeniem transkrypcji DNA. Na czym polega obróbka potranskrypcyjna dowiesz się z materiału: Modyfikacje potranskrypcyjne RNA u Eucaryota.

## 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:

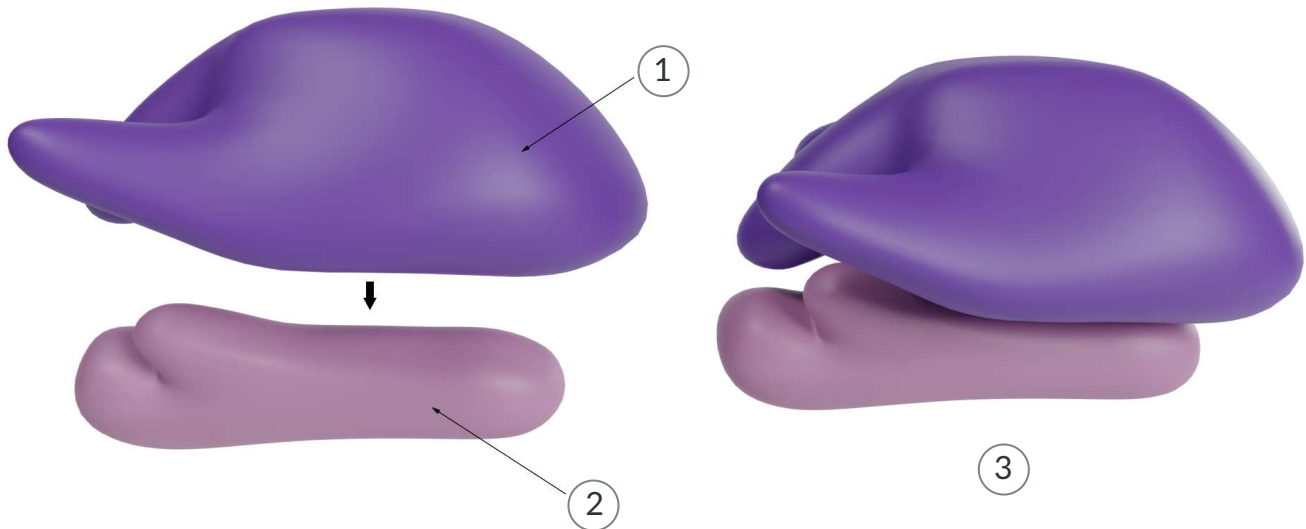
- mRNA,
- rybosomy (na których przeprowadzana jest synteza białka, w tym będące ich składnikami biokatalizatory tego procesu),
- transportujący aminokwasy tRNA (aminoacylo-tRNA),
- wspomagające cały proces białkowe czynniki translacyjne.



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. Częsteczką 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**

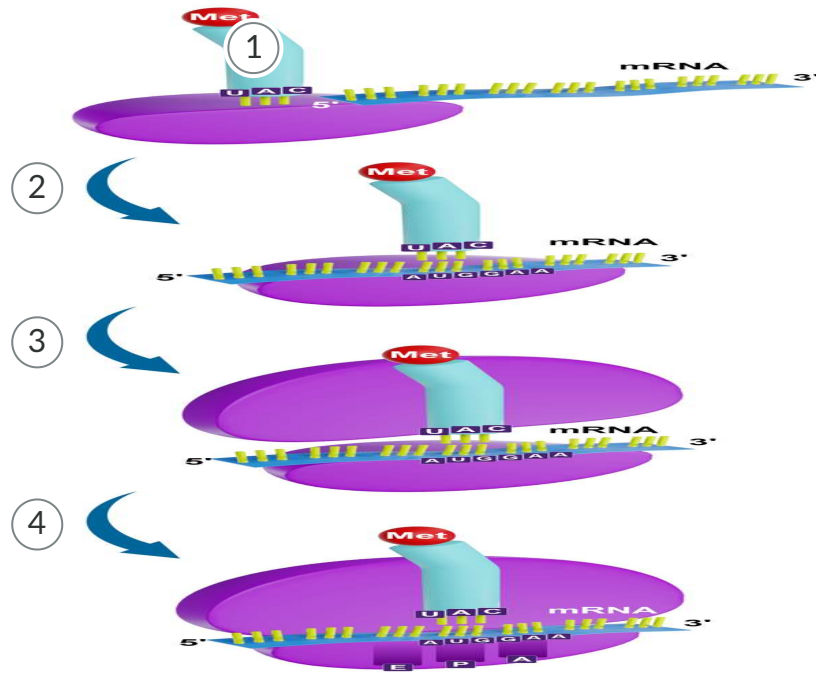
Więcej na ten temat w e-materiale pt. [Aminoacylacja tRNA](#).

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>.

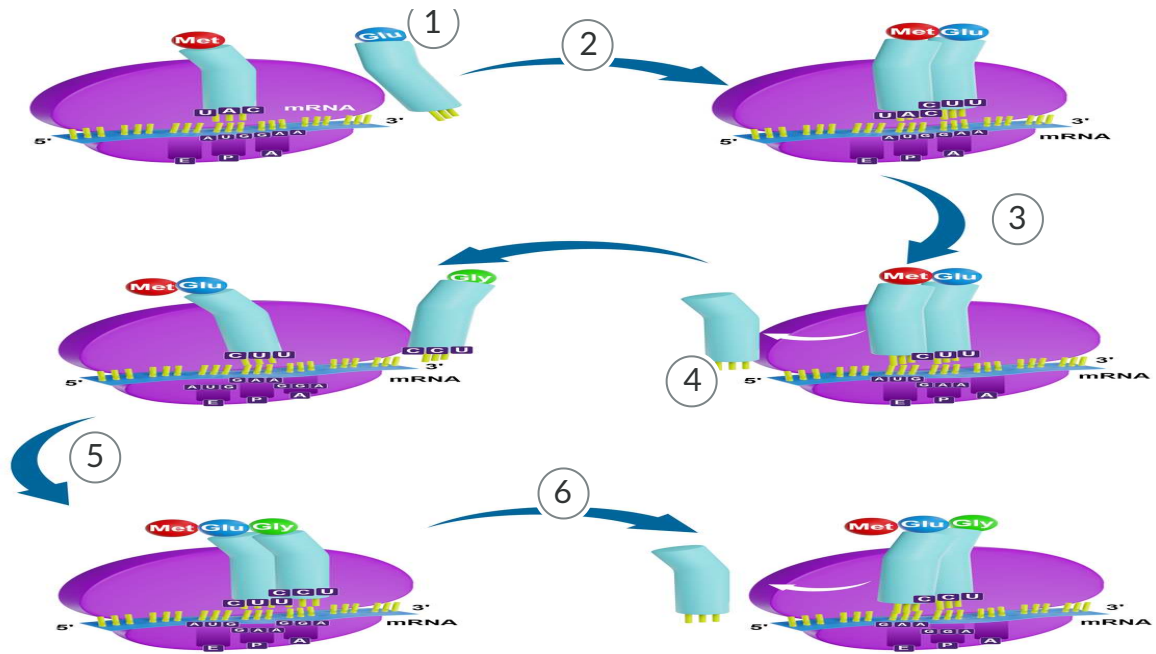
4

---

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.

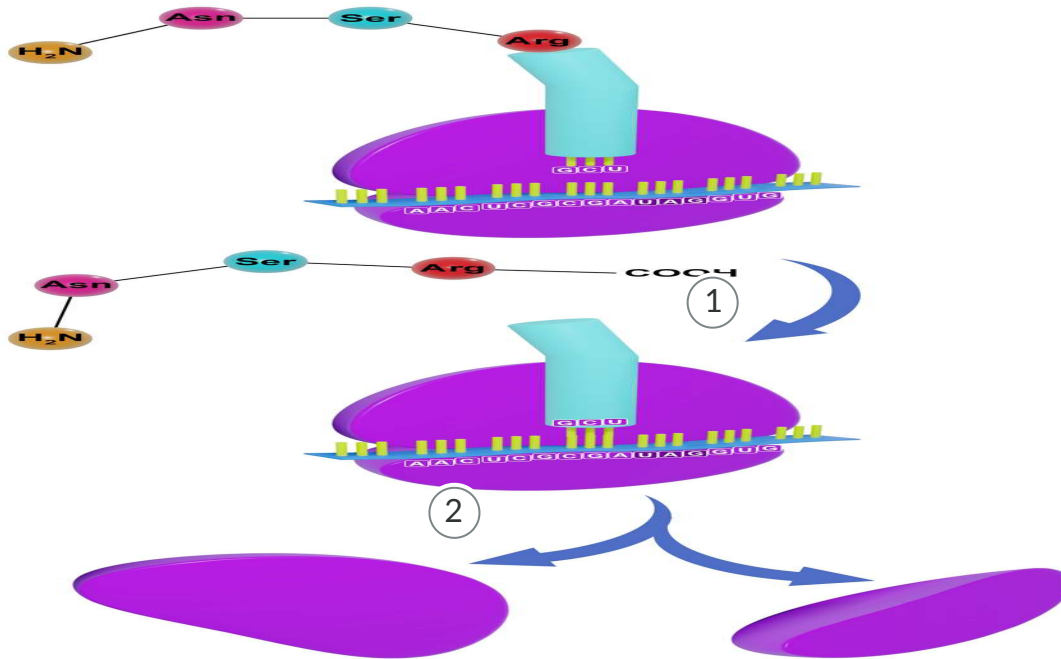
5

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

---



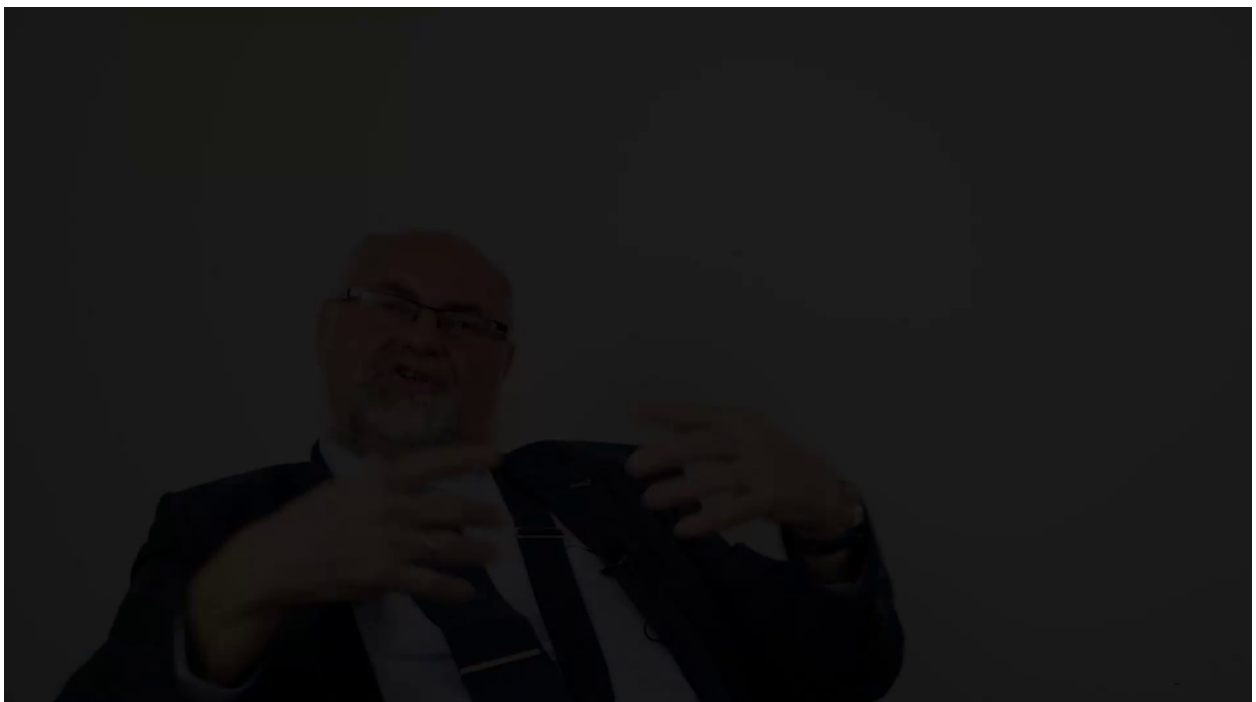
Film dostępny pod adresem </preview/resource/RXtFyCJ7Tev46>

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.

---



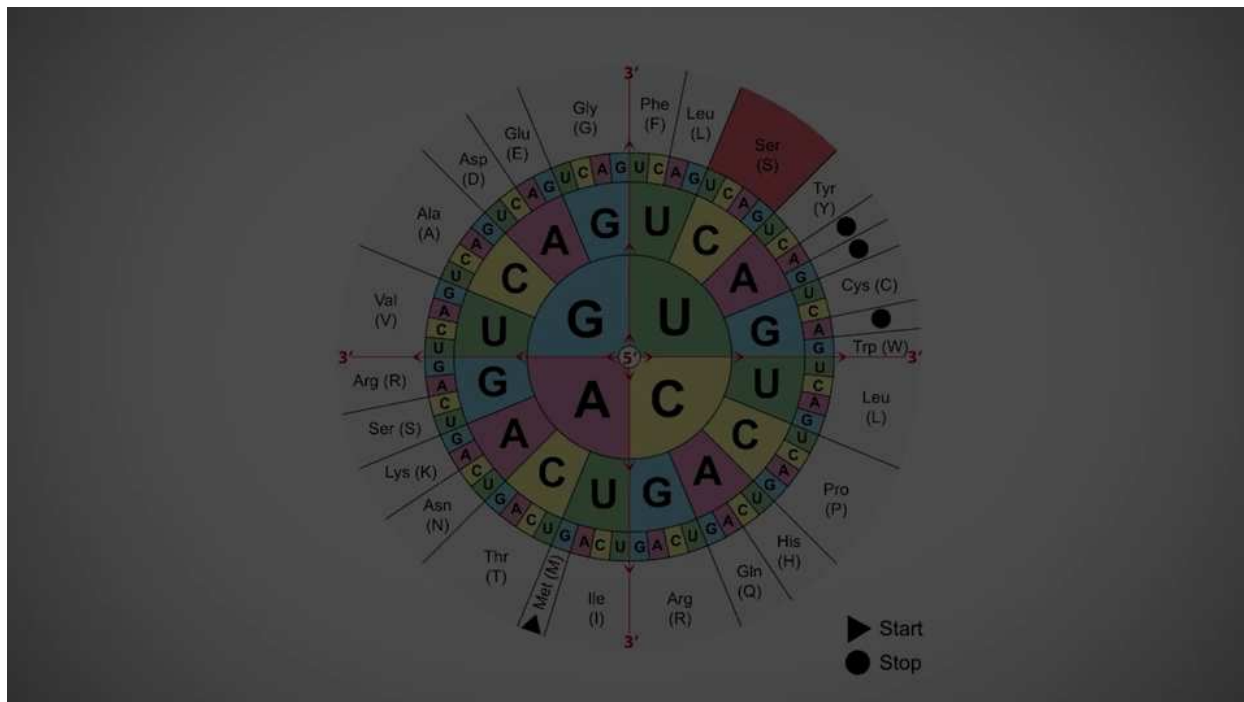
Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1NSJtYWvpwj9>

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



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



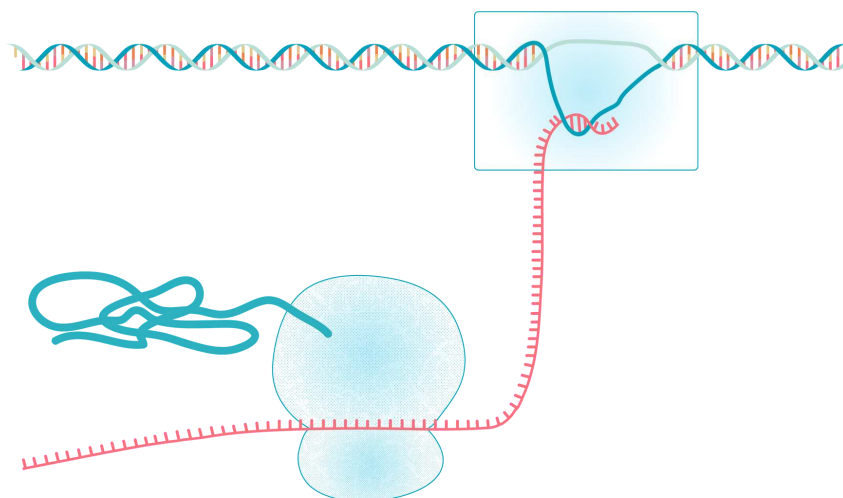
Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



## Ćwiczenie 8



Na schemacie przedstawiono proces translacji.

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

# 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.