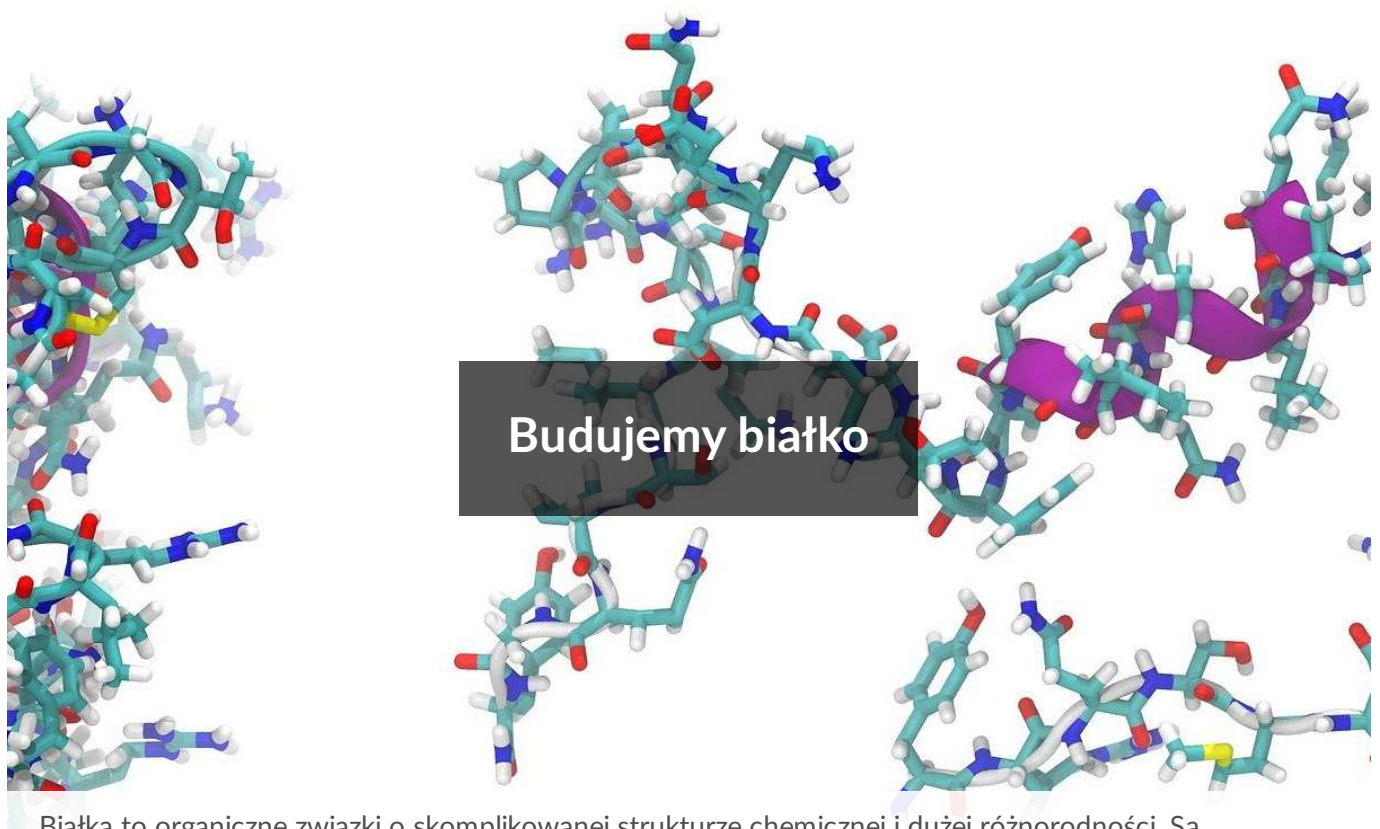




Budujemy białko

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



Białka to organiczne związki o skomplikowanej strukturze chemicznej i dużej różnorodności. Są polimerami zbudowanymi z aminokwasów połączonych ze sobą wiązaniami peptydowymi.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Tworzenie białka w komórce to skomplikowany proces, który podlega ścisłej kontroli na każdym z jego etapów. Proces syntezy białek wymaga koordynacji pracy wielu organelli, białek, cząsteczek RNA, a także nakładu energii. Powstające białka pełnią liczne funkcje w organizmie – jedną z nich jest funkcja enzymatyczna, umożliwiającą katalizowanie reakcji metabolicznych.

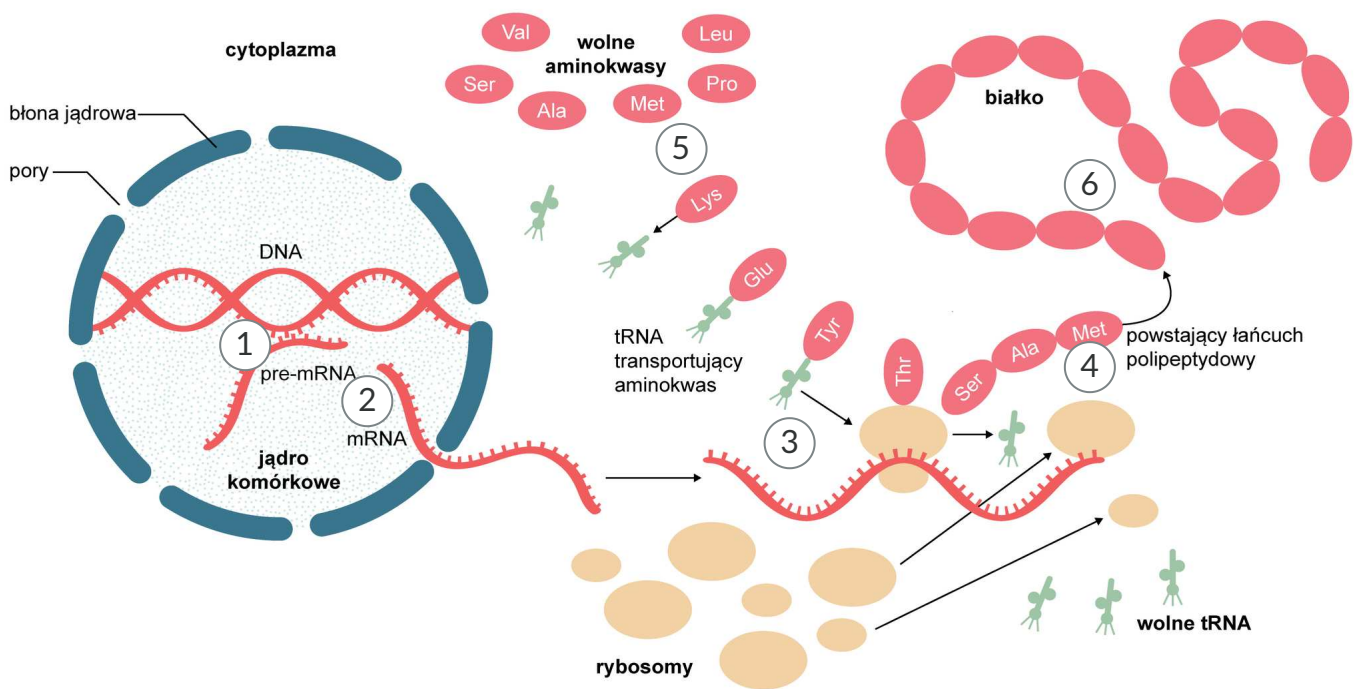
Twoje cele

- Wskażesz etapy powstawania białka w komórce eukariotycznej.
- Określisz czas trwania kolejnych etapów biosyntezy białka.
- Wyjaśnisz znaczenie degradacji białek w homeostazie komórkowej.

Biosynteza białka

Biosynteza białka to zachodzący w żywych organizmach enzymatyczny proces łączenia aminokwasów w łańcuchy polipeptydowe o specyficznej sekwencji aminokwasów, uwarunkowany genetycznie.

Podczas **transkrypcji** informacja zawarta w sekwencji nukleotydów zostaje przepisana w komplementarną do niej sekwencję RNA, a następnie jako gotowa matryca (mRNA) przemieszcza się do cytoplazmy komórki, gdzie w procesie **translacji** jest syntetyzowany łańcuch białkowy. Proces translacji jest ostatnim etapem ekspresji informacji genetycznej w komórce.



Transkrypcja

Proces syntezy RNA, podczas którego na matrycy DNA jest syntetyzowana komplementarna nić pre-RNA. U organizmów eukariotycznych transkrypcja zachodzi w jądrach komórkowych. Przeprowadzana jest przez polimerazy RNA zależne od DNA. Polimerazy te

rozpoznają w DNA określone miejsce, zwane promotorem, i na jednej z dwóch nici DNA (matrycowej, druga nić nosi nazwę kodującej) rozpoczynają syntezę RNA. W wyniku transkrypcji powstają jako produkt końcowy: RNA rybosomowy (rRNA), RNA przenoszący (tRNA), a także RNA informacyjny (mRNA) służący jako matryca do syntezy polipeptydów.

2

Dojrzewanie RNA

Modyfikacja transkryptu pre-mRNA, która polega na wycinaniu intronów i łączeniu eksonów (splicing) i modyfikacji końców poprzez dodanie czapeczki 5' i ogona poli-A do końca 3'. U organizmów eukariotycznych dojrzewanie RNA zachodzi w jądrach komórkowych. Po zakończeniu procesu mRNA opuszcza jądro komórkowe.

3

Translacja

Etap biosyntezy białka, podczas którego na podstawie informacji zapisanej w nici mRNA syntetyzowany jest polipeptyd. Translacja polega na rozpoznawaniu przez tRNA z udziałem rybosomów kolejnych trójek nukleotydowych, kodonów, wyznaczających kolejne aminokwasy w syntetyzowanym polipeptydzie. U organizmów eukariotycznych translacja zachodzi w cytoplazmie.

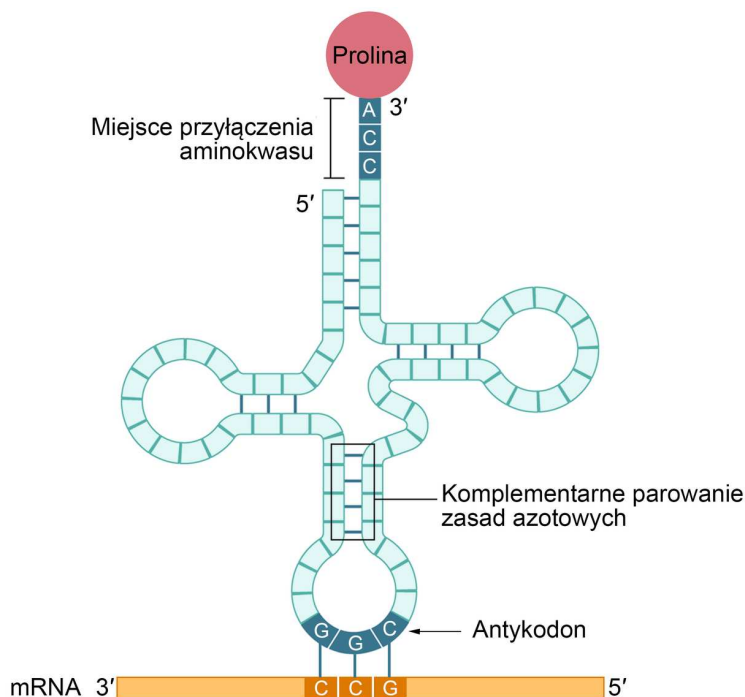
4

Translacja

Synteza polipeptydu zaczyna się od kodonu inicjującego w mRNA – AUG, który jest rozpoznawany przez inicjujący tRNA, niosący metioninę (Met).

5

tRNA



Cząsteczki kwasu rybonukleinowego. Ich zadaniem jest przyłączanie znajdujących się w cytoplazmie wolnych aminokwasów, a następnie transportowanie ich do rybosomów, gdzie podczas translacji zostają włączone do łańcucha polipeptydowego.

6

Fałdowanie białek

Po zakończeniu procesu biosyntezy łańcuch polipeptydowy przybiera odpowiednią konformację przestrzenną: strukturę drugorzędową, trzeciorzędową i ewentualnie czwartorzędową. Proces ten zachodzi w cytoplazmie.

Uproszczony schemat biosyntezy białka.

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

W przypadku *E. coli* do tworzącego się łańcucha polipeptydowego w czasie 1 sekundy przyłącza się od 10 do 20 aminokwasów, natomiast u organizmów eukariotycznych wartość ta jest mniejsza, np. u myszy jest to 6 aminokwasów na sekundę, a u ludzi – 5 aminokwasów. Czas trwania procesu translacji zależy od wielkości powstającego na bazie mRNA białka lub peptydu. Największe znane białko to tytyna, znajdująca się w mięśniach poprzecznie prążkowanych – w zależności od izoformy składa się z od 27 tys. do 33 tys. aminokwasów. Proces translacji tak dużego białka zajmuje zatem ponad godzinę. Natomiast najmniejszym funkcjonalnie polipeptydem jest glutation, w skład którego wchodzi jedynie 3 aminokwasy. Synteza tak małego peptydu zajmuje niecałą sekundę. Cząsteczka mRNA u *E. coli* jest degradowana po ok. 3 minutach i może w tym czasie służyć za matrycę do powstania od ok. 10 do 100 białek.

Translacja jednak nie kończy procesu powstawania w komórce funkcjonalnego białka. Tuż po zakończeniu syntezy łańcuch polipeptydowy występuje w formie nieustrukturyzowanej i nie ma odpowiedniej konformacji, aby pełnić swoje funkcje. Z tego powodu następuje **fałdowanie białka**, czyli przyjęcie zorganizowanej struktury, charakteryzującej się stabilną konformacją. Proces fałdowania białek następuje bardzo szybko i wynika z właściwości fizykochemicznych aminokwasów wchodzących w jego skład.

Wszelkie błędy podczas procesu translacji skutkujące zmianą sekwencji aminokwasowej białka mogą wpływać na jego strukturę przestrzenną i prowadzić do powstawania białek o charakterze toksycznym, czy też złożeń białkowych, charakterystycznych dla niektórych chorób neurodegeneracyjnych.

Kolejnym krokiem w budowie białka są **modyfikacje potranslacyjne**, wpływające na aktywność i stabilność powstających białek. Wyróżnia się wiele typów modyfikacji, m.in. [fosforylację](#) (przyłączenie grupy fosforanowej), hydroksylację (przyłączenie grupy wodorotlenowej), glikozylację (przyłączenie reszt cukrowych) i modyfikację poprzez przyłączenie innego białka ([sumoilacja](#), [ubikwitynacja](#)).

Do modyfikacji potranslacyjnych zalicza się także obróbkę proteolityczną, prowadzącą do odcięcia fragmentu łańcucha polipeptydowego w powstałym białku. Często modyfikacją tego typu jest odcięcie kodowanej przez kodon START metioniny na N-końcu białka bądź usunięcie sekwencji sygnałnych, odpowiadających za proces sortowania białek w komórce. Powstające białka mogą również tworzyć struktury wyższego rzędu, wchodząc w kompleksy z innymi białkami lub białkami identycznymi.

Proces syntezy białka jest niezmiernie ważny i skomplikowany. Prawidłowe funkcjonowanie komórek zależy w dużej mierze od aktywności tworzących je białek. W związku z tym powstające białka są po pewnym czasie **degradowane**. Dzięki temu możliwe jest usuwanie białek źle sfałdowanych, a także enzymów, których funkcjonowanie nie jest już niezbędne.

Powstałe w komórce białko zostaje zdegradowane średnio po 8 godz. Do jednych z najszybciej degradowanych białek należy dekarboksylaza ornityny, której czas półtrwania to jedynie 11 min. Dłuższy czas półtrwania mają z kolei białka strukturalne, takie jak miozyna i aktyna (około miesiąca).

Więcej o transkrypcji w e-materiale: [Transkrypcja eukariotyczna – etapy i przebieg](#).

Więcej o translacji w e-materiale: [Przebieg translacji u Eukaryota](#).

Więcej o modyfikacjach potranslacyjnych białek w e-materiale: [Modyfikacje potranslacyjne białek](#).

Słownik

| fosforylacja

zachodząca w żywych organizmach endoergiczna (endoenergetyczna) reakcja przyłączania reszty fosforanowej z nieorganicznego fosforanu przez kwas adenozynodifosforowy (ADP), z utworzeniem kwasu adenozynotrifosforowego (ATP), sprzężona w komórkach z procesami dostarczającymi energii

rybosomy

organelle występujące w komórkach prokariotycznych i eukariotycznych, zbudowane z białek i rybosomowych kwasów rybonukleinowych (rRNA), służące do syntezy łańcuchów polipeptydowych, z których są zbudowane białka

sumoilacja

przyłączenie białek SUMO (ang. *small ubiquitin-related modifier*) do białka docelowego, powodujące zmianę jego funkcji i właściwości

transkrypcja

proces syntezy RNA, podczas którego na matrycy DNA jest syntetyzowana komplementarna nić RNA

translacja

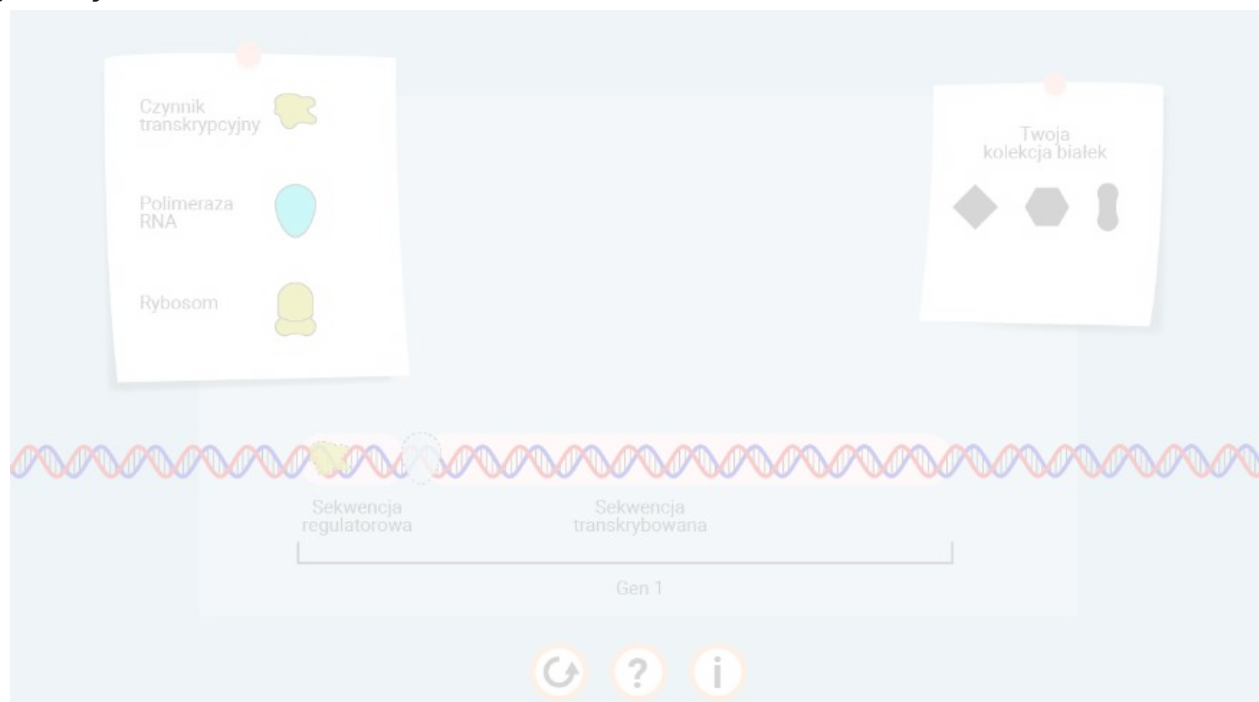
drugi etap ekspresji genu, podczas którego, na podstawie informacji zapisanej w nici mRNA, jest syntetyzowany polipeptyd

ubikwitynacja

przyłączenie małocząsteczkowego białka – ubikwityny – do białka docelowego, powodujące zmianę jego funkcji i właściwości; poliubikwitynacja jest sygnałem do rozpoczęcia degradacji białka

Symulacja interaktywna

Symulacja 1



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DxFDAYgkh>

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

Polecenie 1

Wyjaśnij, jaką funkcję pełnią rybosomy w procesie biosyntezy białka.

Polecenie 2

Wyjaśnij, jaką funkcję pełni polimeraza RNA w procesie biosyntezy białka.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   



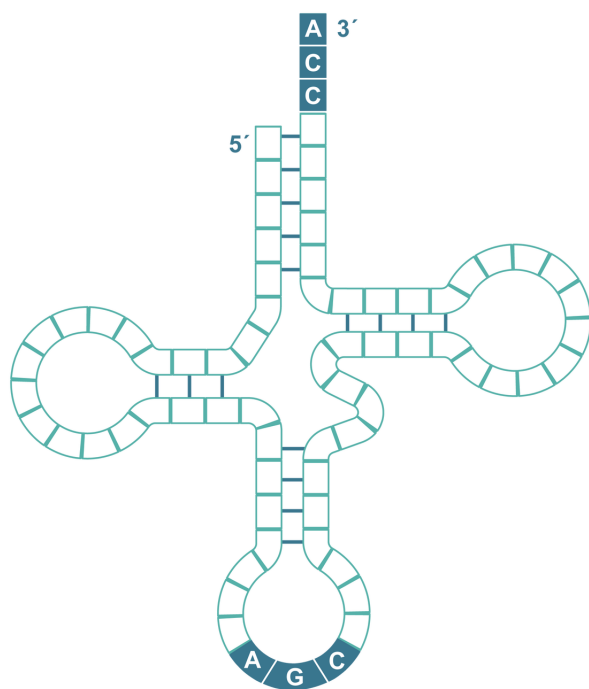
Kwadratowa tabela kodu genetycznego

1 nukleotyd	2 nukleotydy						
	U		C		A		G
	UUU	(Phe/F) fenyloalanina	UCU	(Ser/S) seryna	UAU	(Tyr/Y) tyrozyna	UGU
U	UUC		UCC		UAC		UGC
	UUA	(Leu/L) leucyna	UCA		UAA	STOP	UGA
	UUG		UCG		UAG	STOP	UGG
C	CUU		CCU	(Pro/P) prolina	CAU	(His/H) histydyna	CGU
	CUC		CCC		CAC		CGC
	CUA		CCA		CAA	(Gln/Q) glutamina	CGA

1 nukleotyd	2 nukleotyd						
	U		C		A		G
	CUG		CCG		CAG		CGG
A	AUU	(Ile/I) izoleucyna	ACU	(Thr/T) treonina	AAU	(Asn/N) asparagina	AGU
	AUC		ACC		AAC		AGC
	AUA		ACA		AAA	(Lys/K) lizyna	AGA
	AUG	(Met/M) metionina	ACG		AAG		AGG
G	GUU	(Val/V) walina	GCU	(Ala/A) alanina	GAU	(Asp/D) kwas asparaginowy	GGU
	GUC		GCC		GAC		GGC
	GUA		GCA		GAA	(Glu/E) kwas glutaminowy	GGA

1 nukleotydy	2 nukleotydy						
	U		C		A		G
	GUG		GCG		GAG		GGG

Poniższy rysunek przedstawia dwuwymiarowy schemat cząsteczki tRNA. Jaki aminokwas zostanie przetransportowany w miejsce A rybosomu za pomocą tego tRNA?



☐ Alanina

☐ Tryptofan

☐ Glicyna

☐ Seryna

Dwuwymiarowy schemat przykładowej cząsteczki tRNA.

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

Ćwiczenie 2



Uzupełnij tekst, tak aby przedstawiał prawdziwe informacje.

Biosynteza białka to enzymatyczny proces łączenia [] w łańcuchy polipeptydowe o specyficznej sekwencji aminokwasów. Składa się z etapu [], podczas której informacja zawarta w sekwencji nukleotydów zostaje przepisana w komplementarną do niej sekwencję RNA. Następnie gotowa matryca [] przemieszcza się do [] komórki, gdzie w procesie [] jest syntetyzowany łańcuch białkowy.

transkrypcji

mitochondrium

aminokwasów

tRNA

mRNA

translacji

węglowodanów

rRNA

cytoplazmy

Ćwiczenie 3



Poniższa sekwencja nukleotydów pochodzi z nici kodującej DNA pewnego genu. Spośród podanych wybierz zestaw (sekwencja mRNA, sekwencja aminokwasów peptydu) odpowiadający temu fragmentowi DNA. Pamiętaj o kierunku odczytywania mRNA w procesie translacji.

5' ATTGCCTACCGC 3'

☐ 3' GCGGUAGGCAAU 3' / alanina-walina-glicyna-asparagina

☐ 5' AUUGCCUACCGC 3' / izoleucyna-alanina-tyrozyna-arginina

☐ 5' CGCCAUCCGUUA 3' / arginina-histydyna-prolina-leucyna

☐ 5' UAACGGAUGGCG 3' / alanina-walina-glicyna-asparagina

Ćwiczenie 4



Poszczególne etapy biosyntezy białek zachodzą w różnych częściach komórki eukariotycznej. Przyporządkuj poniższe procesy do miejsca, w którym zachodzą.

Cytoplazma

dodanie ogona poliA do mRNA

transkrypcja

translacja

splicing

Jądro komórkowe

wiązanie tRNA z odpowiednim aminokwasem

fałdowanie białka

Tekst do ćwiczeń nr 5, 6, 7 i 8

Poniższy rysunek przedstawia (w sposób uproszczony) zasadę działania systemu PURE, pozwalającego na translację *in vitro*, czyli w probówce. System ten umożliwia syntezę polipeptydów zawierających aminokwasy niewystępujące naturalnie w białkach (aminokwasy niekanoniczne). PURE jest narzędziem szybko rozwijającej się biologii syntetycznej, a otrzymywane dzięki niemu polipeptydy wykorzystywane są od niedawna w farmakologii. Synteza konkretnych białek zawierających aminokwasy niekanoniczne wymaga wprowadzenia tzw. poszerzonego kodu genetycznego. Warunki niezbędne takiej syntezy to:

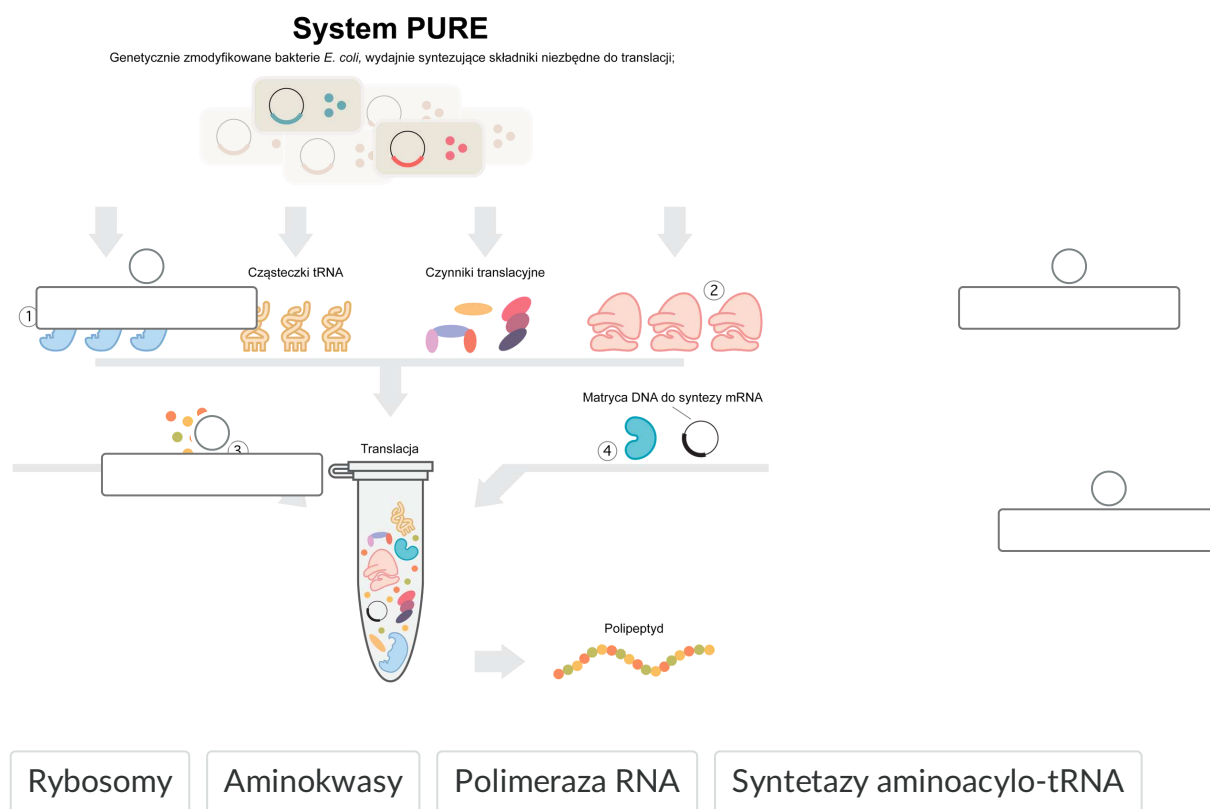
- wytypowanie aminokwasu niekanonicznego, który miałby być kodowany przez triplet nukleotydów;
- znalezienie tripletu nukleotydów, który mógłby kodować nowy aminokwas bez strat dla kodu genetycznego (bez utraty możliwości kodowania któregośkolwiek z podstawowych aminokwasów);
- stworzenie tRNA rozpoznającego ten kodon;
- modyfikacja syntazy aminoacylo-tRNA w taki sposób, żeby rozpoznawała dany aminokwas niekanoniczny i tRNA mający odpowiedni antykodon.

Wszystkie składniki maszyneryj translatablejnej niezbędne do funkcjonowania systemu PURE produkowane są przez genetycznie zmodyfikowane szczepy bakterii *Escherichia coli*. Komórki bakteryjne są lizowane, a odpowiednie substancje podlegają oczyszczeniu i uzupełnieniu o aminokwasy oraz matrycę do syntezy mRNA.

Ćwiczenie 5



Połącz oznaczenie liczbowe z odpowiednią nazwą elementu systemu PURE.



Ćwiczenie 6



Na podstawie tekstu do ćwiczenia i własnej wiedzy określ, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Kodonom, który mógłby kodować nowy aminokwas niekanoniczny, może być CGA.	☐	☐
Wszystkie składniki niezbędne do translacji w systemie PURE wytworzone są sztucznie, przez człowieka.	☐	☐
Matryca do syntezy mRNA zawiera fragmenty zarówno kodujące (egzony), jak i niekodujące (introny).	☐	☐
Realizacja poszerzonego kodu genetycznego wymaga zmiany jego trójkowości na czwórkowość, co pociąga za sobą konieczność modyfikacji pętli antykodonowej tRNA.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Przeanalizuj tekst do ćwiczeń 5–8 oraz schemat w ćwiczeniu nr 5. Wyjaśnij, w jakim celu wraz z matrycą do syntezy mRNA podaje się składnik oznaczony na schemacie numerem 4.

Ćwiczenie 8



Pewna komórka w swojej dojrzałej postaci nie syntezuje żadnych nowych białek. Okazuje się, że w jej otoczce jądrowej nie występują pory jądrowe.

Wyjaśnij zależność pomiędzy brakiem porów jądrowych i brakiem syntezy białek w omawianej komórce.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Budujemy białko

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:

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

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):

- Wskażesz etapy powstawania białka w komórce eukariotycznej.
- Określisz czas trwania kolejnych etapów biosyntezy białka.
- Wyjaśnisz znaczenie degradacji białek w homeostazie komórkowej.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;

- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- symulacja;
- analiza tekstu źródłowego.

Formy pracy:

- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał: „Budujemy białko”. Prosi uczniów o zapoznanie się z treściami zawartymi w sekcji „Przeczytaj” oraz wykonanie ćwiczenia nr 1 w sekcji „Sprawdź się” (w którym uczniowie mają wskazać, jaki aminokwas zostanie przetransportowany w miejsce A rybosomu za pomocą przedstawionej cząsteczki tRNA).

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.
2. **Raport z przygotowań.** Nauczyciel za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu weryfikuje przygotowanie uczniów do lekcji, m.in. sprawdza, kto wykonał zadane ćwiczenie. Może wyświetlić odpowiedzi uczniów na tablicy interaktywnej. Prosi wybranego ucznia o uzasadnienie swojego rozwiązania. Następnie zadaje pytania: „Czym są nukleotydy? Dlaczego istotna jest kolejność ich zapisu?”.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Symulacja interaktywna”).** Uczniowie zapoznają się z symulacją interaktywną, a następnie wykonują polecenie nr 1 („Opisz proces biosyntezy białka”) i polecenie nr 2 („Wyjaśnij, jaką funkcję pełni polimeraza RNA w procesie biosyntezy białka”), pracując metodą kuli śniegowej. Nauczyciel objaśnia wspomnianą metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na polecenia;
 - 2) potem łączą się w pary i porównują 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) przedstawiciele poszczególnych zespołów 4-osobowych zaprezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.
2. **Utrwalanie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie dobierają się w pary i wykonują ćwiczenia od 5 do 8 (odnoszące się do tekstu dotyczącego systemu PURE, pozwalającego na translację *in vitro*) w sekcji „Sprawdź się”. Następnie konsultują swoje rozwiązania z inną parą uczniów i ustalają jedną wersję odpowiedzi.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel zadaje pytanie: „Jakie znaczenie ma degradacja białek w homeostazie komórkowej?”. Wybrani lub chętni uczniowie udzielają odpowiedzi.
2. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 4 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 9 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 „Symulacja interaktywna” można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.