

Rybozomy – RNA o właściwościach katalitycznych

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



Rybozomy – RNA o właściwościach katalitycznych

Rybozomy są w większości jednoniciowymi cząsteczkami kwasów rybonukleinowych (RNA) o właściwościach katalitycznych, zbliżonych do enzymów białkowych.

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

Enzymy nazywane są biokatalizatorami reakcji chemicznych. Przyspieszają one ich przebieg dzięki obniżeniu energii aktywacji. W większości przypadków enzymy to związki białkowe zbudowane z aminokwasów. Ewenement wśród biokatalizatorów stanowią rybozomy, które pomimo niebiałkowej budowy mają zdolność do katalizowania reakcji chemicznych. Jakie są najważniejsze właściwości rybozymów i jak można je wykorzystać w medycynie?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym są rybozomy.
- Wskażesz funkcje biochemiczne rybozymów.
- Omówisz hipotezę świata RNA.
- Opisziesz znaczenie rybozymów w medycynie.

Czym są rybozimy?

Rybozimy to związki zbudowane z kwasu rybonukleinowego (RNA), złożonego z nukleotydów. W skład każdego nukleotydu wchodzi: cukier ryboza, reszta kwasu fosforowego i jedna z czterech zasad azotowych – adenina, guanina, cytozyna lub uracyl. Rybozimy mają właściwości enzymów. Oznacza to, że tak jak klasyczne enzymy (o budowie białkowej) są katalizatorami reakcji biochemicznych.

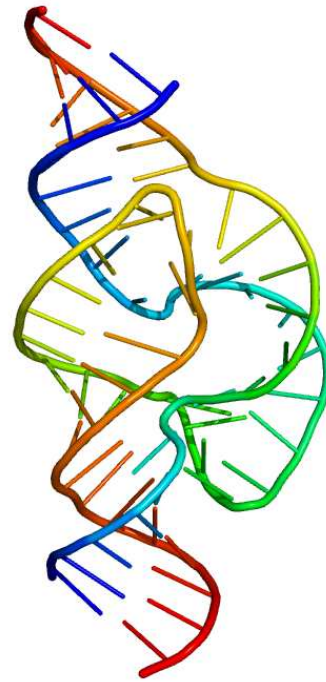
Rybozimy zdolne są do hydrolizy wiązań fosfodiesterowych w cząsteczkach RNA, katalizują one także ich [estryfikację](#).

Hydroliza wiązań w RNA sprawia, że ta cząsteczka jest dzielona na drobniejsze fragmenty lub na nukleotydy. Enzymy o takich właściwościach nazywane są [rybonukleazami](#). Aby mogły one katalizować

reakcje chemiczne, muszą mieć strukturę trzeciorzędową, którą osiągają dzięki odpowiedniemu pofałdowaniu i obecności wiązań wodorowych.

Przykładem rybozimu jest **transferaza peptydylowa** – enzym wchodzący w skład rybosomów, który katalizuje tworzenie wiązania peptydowego pomiędzy kolejnymi aminokwasami w procesie **translacji**.

Rybozimy odgrywają istotną rolę w procesie dojrzewania [pre-mRNA](#). Odpowiedzialne są za wycinanie intronów, dzięki czemu pre-mRNA przekształca się w dojrzały mRNA. Intryny to niekodujące sekwencje genów, które rozdzielają fragmenty kodujące, czyli eksony, a dojrzewanie pre-mRNA polega właśnie na wycinaniu fragmentów niekodujących, co nazywane jest **splicingiem** lub obróbką potranskrypcyjną.



Rybozym typu *hammerhead*.

Źródło: William G. Scott, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Odkrycie katalitycznych właściwości rybozymów zaowocowało w 1989 r. Nagrodą Nobla w dziedzinie chemii. Otrzymali ją amerykańscy naukowcy Sidney Altman i Thomas Cech (pierwszy był polskiego, a drugi czeskiego pochodzenia).

Świat RNA

Zgodnie z hipotezami dotyczącymi powstawania życia białka nie mogą istnieć bez kwasów nukleinowych, a kwasy nukleinowe - bez białek. Jak w takim razie mogły powstać rybozomy, które są zbudowane wyłącznie z RNA? Wątpliwość ta doprowadziła do sformułowania hipotezy, zgodnie z którą na początku powstania życia to nie DNA był nośnikiem informacji genetycznej, lecz służył do tego RNA. Jednocześnie pełnił on funkcję enzymów. Co więcej, podkreśla się, że w komórkach zawierających DNA to kwas rybonukleinowy stanowi matrycę, na której zachodzi proces syntezy białek. W tej hipotetycznej fazie rozwoju świata ożywionego, zwanej **światem RNA**, cząsteczki RNA odgrywały więc rolę tzw. przedkomórkowego życia, a dopiero potem wykształcił się bardziej złożony DNA, który jako stabilniejszy nośnik informacji genetycznej zastąpił RNA. Obecnie znane są struktury, w których RNA odgrywa najważniejszą rolę – są to wirusy, np. wirus nabytego upośledzenia odporności (czyli HIV). Przeciwno hipotezie świata RNA może przemawiać fakt, że cząsteczka ta jest niestabilna i łatwo ulega rozkładowi (hydrolizie).



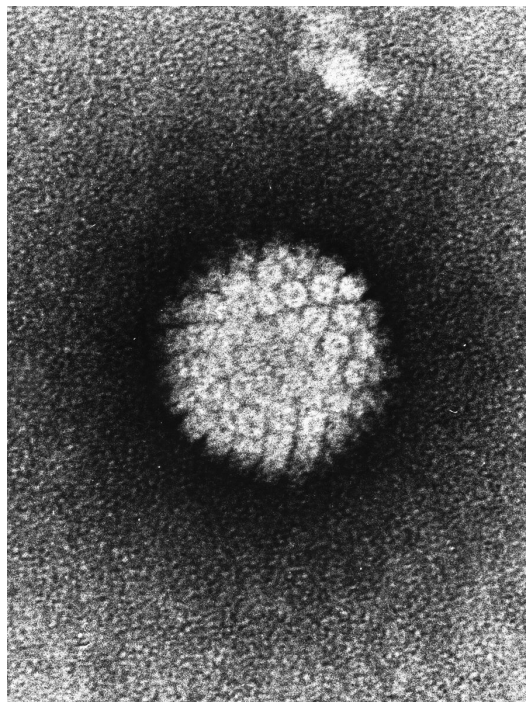
Schematyczny wygląd cząsteczki RNA (po lewej) i DNA (po prawej).

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

Znaczenie rybozymów w medycynie

Fragmentacja mRNA sprawia, że dana komórka nie może poprawnie syntetyzować swoich białek, co istotnie upośledza jej funkcjonowanie i namnażanie. Z tego powodu zdolność rybozymów do cięcia cząsteczek mRNA jest wykorzystywana w medycynie w terapii genowej, m.in. w leczeniu zakażenia wirusem brodawczaka ludzkiego (HPV). Wirus ten atakuje nabłonek, przez co zwiększa ryzyko wystąpienia nowotworów złośliwych – raka szyjki macicy czy odbytu. Rybozimy, doprowadzając do fragmentacji RNA wirusa, ograniczają jego namnażanie i w ten sposób sprzyjają jego eliminacji z ludzkich komórek.

Ze względu na swoje właściwości rybozimy mogą być nowym, obiecującym rozwiązaniem w onkologii. Ich zdolność do fragmentacji mRNA i wpływ tego procesu na ograniczanie rozwoju chorób nowotworowych jest ciągle badany.



Wirus brodawczaka ludzkiego (HPV).

Źródło: Laboratory of Tumor Virus Biology – NIH-Visuals Online, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Słownik

DNA

kwask deoksyrybonukleinowy; dwuniciowy związek chemiczny zbudowany z nukleotydów, będący podstawowym nośnikiem informacji genetycznej

estryfikacja

reakcja chemiczna, w wyniku której powstają estry; typowo zachodzi między kwasami zawierającymi grupę karboksylową a alkoholami z grupą hydroksylową

pre-mRNA

bezpośredni produkt syntezy RNA na matrycy DNA (produkt transkrypcji) zbudowany z sekwencji kodujących i niekodujących; pre-mRNA poddawany jest obróbce potranskrypcyjnej, w wyniku której powstaje dojrzały mRNA

rybonukleazy

RN-azy; enzymy nukleolityczne z klasy hydrolaz, katalizujące hydrolizę wiązania fosfodiesterowego w kwasach rybonukleinowych (RNA), poli- i oligorybonukleotydach

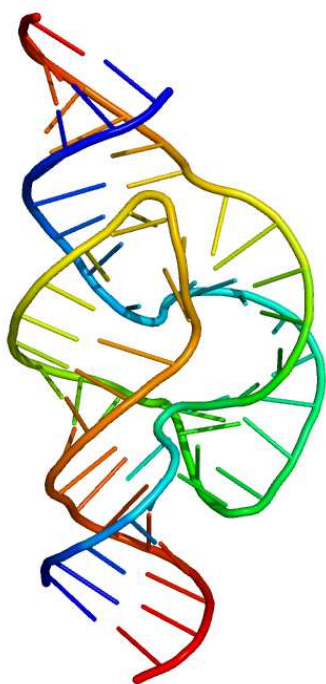
Grafika interaktywna

Świat RNA

Światem RNA określa się hipotetyczną fazę ewolucji świata ożywionego. Zakłada się, że pierwszym materiałem genetycznym była samoreplikująca się cząsteczka RNA, pełniąca zarówno funkcję katalizatora, jak i nośnika informacji genetycznej. Hipotezę tę popiera m.in. odkrycie rybozymów oraz to, że do replikacji DNA konieczne są primery, czyli krótkie odcinki RNA.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., na podstawie: Bruce Alberts i in., *Podstawy biologii komórki. Część 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2019, s. 266, licencja: CC BY-SA 3.0.

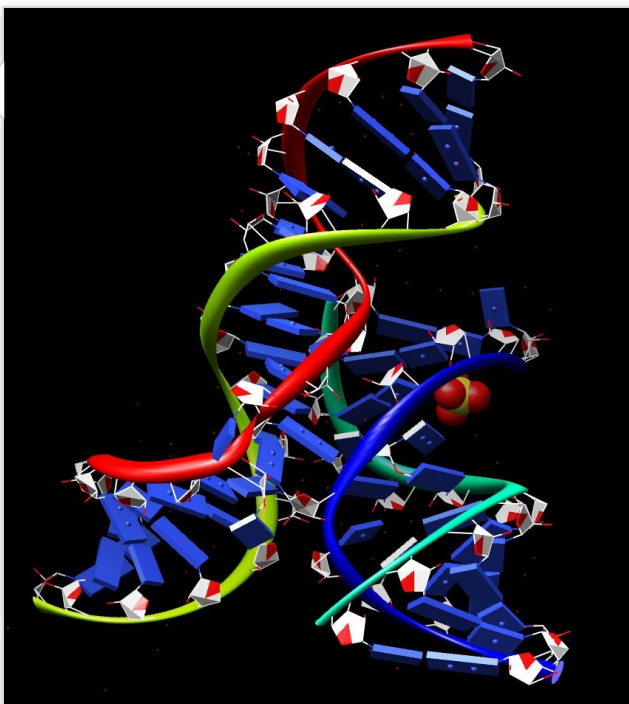
Wybrane rodzaje rybozymów



Źródło: William G. Scott, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

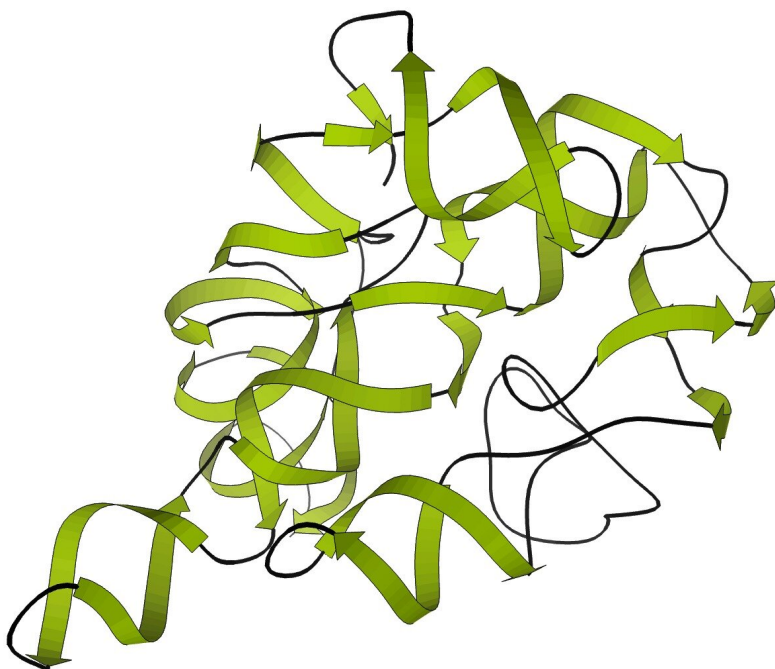
Rybozym typu *hammerhead* ma zdolności samowycinające. Katalizuje on hydrolizę wiązań fosfodiesterowych w kwasach rybonukleinowych.

W licznych badaniach klinicznych wykorzystywany jest on w roli rybonukleazy.



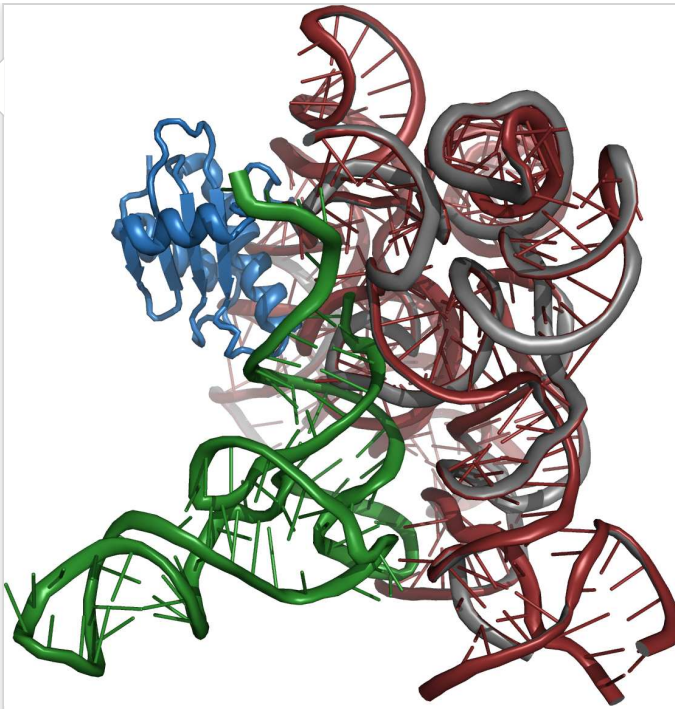
Źródło: JMBurke1791, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Rybozym typu spinki do włosów (*hairpin*) podobnie jak *hammerhead* ma zastosowanie terapeutyczne. Bierze także udział w replikacji wirusa mozaiki tytoniowej.



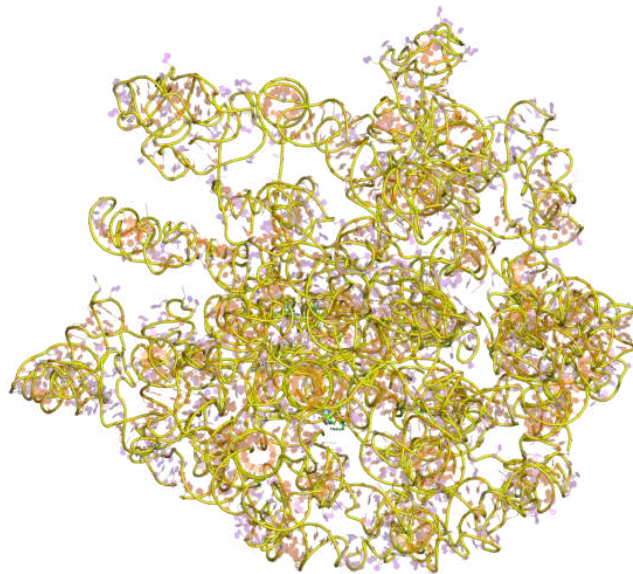
Źródło: Dcrrjsr, Wikimedia Commons, licencja: CC BY 2.0.

Introny grupy I są w naturze najbardziej powszechne. Są to niekodujące części sekwencji genu, mające zdolność do samowycinania.



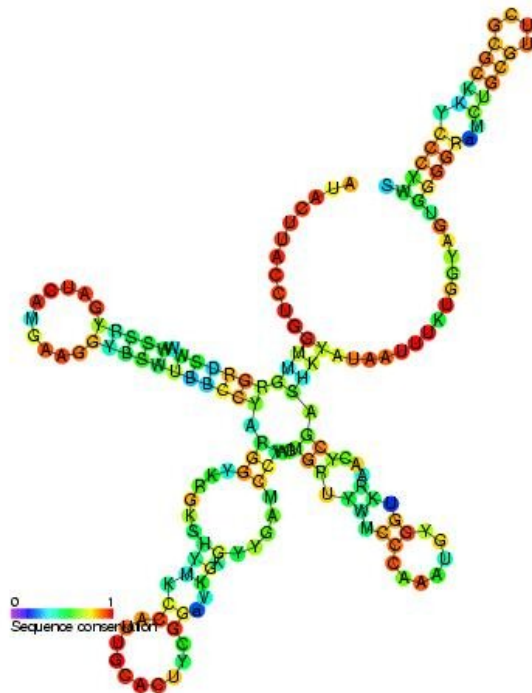
Źródło: Vossman, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 2.5.

RNaza P bierze udział w dojrzewaniu transkryptu tRNA i ma zastosowanie terapeutyczne.



Źródło: Jawahar Swaminathan, Wikimedia Commons, licencja: CC 0.

Cząsteczka 23S-rRNA dużej podjednostki rybosomu jest największym znanym rybozymem. Bierze udział w syntezie białek poprzez tworzenie wiązań peptydowych.



Źródło: Rfam database, Wikimedia Commons, licencja: CC 0.

Klasy U2 i U6 małego jądrowego RNA, tj. snRNA (ang. *small nuclear RNA*), także są rybozymami. Ich zadaniem jest wycinanie intronów z nowo zsyntetyzowanego mRNA.

Źródło: Antoszczyk S., Nawrot B. (2003) *Rybozomy w medycynie*, Biotechnologia, nr 2, s. 142.

Funkcje rybozymów

- Cięcie RNA i DNA;
- Ligacja (łączenie) cząsteczek RNA;
- Tworzenie wiązania peptydowego;
- Polimeryzacja RNA;
- Fosforylacja RNA i DNA;
- Alkilacja (przeniesienie grupy alkilowej z jednego związku na drugi) RNA;
- Aminoacylacja (przyłączenie grupy aminoacylowej do cząsteczki związku chemicznego) RNA;
- Tworzenie i przecinanie wiązania amidowego i glikozydowego;
- Dołączanie kationów metali do grup porfirynowych.

Znaczenie w medycynie

Skonstruowano rybozimy zdolne do przecinania telomerazy. Telomeraza to enzym powodujący odtwarzanie się DNA końcowego odcinka chromosomu, który ulega skróceniu podczas podziału komórki. W komórkach nowotworowych obserwowana jest bardzo wysoka ekspresja tego enzymu. Organizmem modelowym były myszy chore na czerniaka. U zwierząt, którym do organizmu wprowadzono rybozym, ekspresja telomerazy w komórkach nowotworowych obniżyła się o ok. 75%, co spowodowało znaczne zmniejszenie liczby przerzutów w stosunku do grupy kontrolnej.

Ponadto rybozimy bada się pod kątem wykorzystania w leczeniu nowotworów mózgu. Przykładem może być rybozym typu *hairpin* – „przecina” on sekwencje mRNA receptora czynnika wzrostu nabłonka, w którego genie występuje delecja 801 pary zasad. Taka zmutowana forma receptora występuje w ponad 50% przypadków glejaka wielopostaciowego. Rybozym wykorzystuje się w celu ograniczenia proliferacji komórek glejaka o 69%.

Rybozimy próbuje się również wykorzystać w leczeniu innych chorób, np. płasawicy Huntingтона czy choroby Alzheimera. Badania te są na różnych etapach zaawansowania.

Polecenie 1

Przeanalizuj grafiki interaktywne, a następnie scharakteryzuj funkcje i znaczenie rybozimu typu *hammerhead*.

Polecenie 2

Wyjaśnij, na czym polega hipoteza świata RNA.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz zdanie, które przedstawia nieprawdziwe informacje.

- ☐ Kwas rybonukleinowy zbudowany jest z adeniny, guaniny, cytozyny i uracylu.
- ☐ Rybozomy mają właściwości enzymatyczne.
- ☐ Wszystkie znane enzymy zbudowane są z białek.
- ☐ Rybozomy zbudowane są z kwasu rybonukleinowego.

Ćwiczenie 2



Dopełnij zdanie właściwym określeniem.

Właściwości katalityczne rybozymów związane są z ich strukturą ☐ pierwszorzędową ☐ drugorzędową ☐ trzeciorzędową ☐ czwartorzędową ☐ .

Ćwiczenie 3



Zaznacz schorzenia, w których terapii wykorzystuje się rybozyny.

☐ Dystrofia mięśniowa Duchenne'a

☐ Choroba Huntingtona

☐ Zespół Marfana

☐ Choroba Parkinsona

☐ Choroba Alzheimerera

☐ Czerniak

Ćwiczenie 4



Określ, które zdania są prawdziwe, a które fałszywe.

Zdanie	Prawda	Fałsz
Rybozyny są wykorzystywane w terapii zakażenia wirusem brodawczaka ludzkiego.	☐	☐
Rybozyny sprzyjają namnażaniu się komórek nowotworowych.	☐	☐
Struktura przestrzenna rybozymów warunkowana jest przez wiązania <i>O</i> -glikozydowe.	☐	☐

Ćwiczenie 5



Uzupełnij luki odpowiednimi wyrażeniami.

Rybozomy są zdolne do fragmentacji cząsteczek . Dzięki temu dochodzi do upośledzenia białek w komórce i tym samym zaburzenia procesów namnażania się komórek. Sprawia to, że rybozomy mogą być wykorzystywane w terapii zakażenia wirusem brodawczaka ludzkiego, czyli wirusem . Wirus ten infekuje . Zakażenie nim jest jednym z głównych czynników ryzyka zachorowania na .

rozkładu

transportowego RNA

translacji

HPV

raka jelita grubego

nabłonek

komórki tkanki łącznej

komórki nabłonka

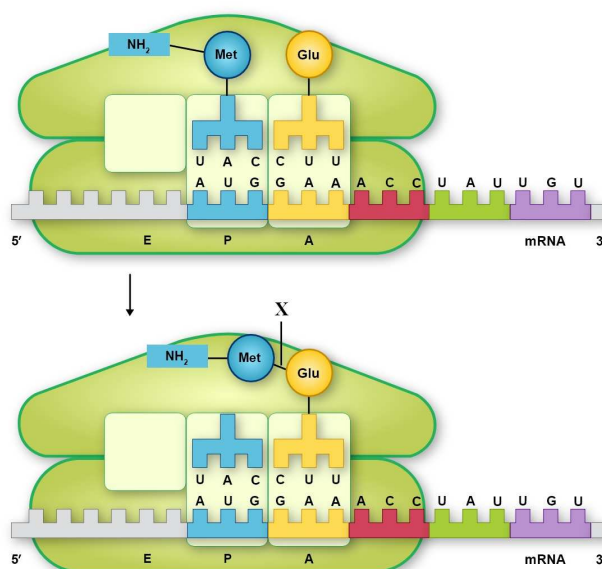
komórki nabłonka

raka szyjki macicy

HCV

matrycowego RNA

Ćwiczenie 6



Przebieg translacji u Eukaryota.

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

Przeanalizuj powyższą grafikę. Podaj nazwę wiązania zaznaczonego literą X oraz enzymu, który katalizuje tworzenie tego wiązania.

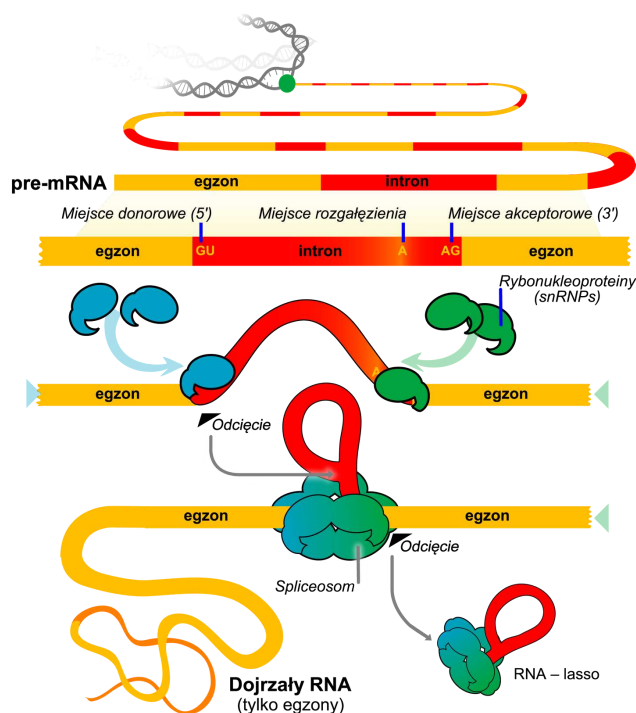
Ćwiczenie 7



Zwolennicy hipotezy świata RNA uważają, że na początku powstania życia to właśnie RNA był nośnikiem materiału genetycznego i jednocześnie pełnił funkcję enzymów.

Na podstawie zdobytych na lekcji informacji wskaż dwie cechy, które mogą świadczyć o tym, że to właśnie RNA pełnił funkcję tzw. przedkomórkowego życia.

Ćwiczenie 8



Źródło: LadyofHats, Michał Komorniczak, Wikimedia Commons, domena publiczna.

a) Jak nazywa się proces przedstawiony na powyższej rycinie?

b) Na czym polega przedstawiony proces?

c) Jaką rolę w tym procesie mogą odgrywać rybozomy?

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Rybozymy – RNA o właściwościach katalitycznych

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

3. Enzymy. Uczeń:

1) przedstawia charakterystyczne cechy budowy enzymu;

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):

- Wyjaśnisz, czym są rybozymy.
- Wskażesz funkcje biochemiczne rybozymów.
- Omówisz hipotezę świata RNA.
- Opiszysz znaczenie rybozymów w medycynie.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;

- analiza grafiki interaktywnej;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Rybozymy – RNA o właściwościach katalitycznych”. 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 i odczytuje temat lekcji oraz zawarte w sekcji „Wprowadzenie” cele zajęć. Prosi uczniów lub wybraną osobę o sformułowanie kryteriów sukcesu.
2. Nauczyciel, za pomocą raportu dostępnego w panelu użytkownika, sprawdza przygotowanie uczniów do lekcji, zwracając uwagę na to, kto wykonał zadane ćwiczenie. Wybrany uczeń uzasadnia swoje rozwiązanie. Następnie nauczyciel inicjuje rozmowę na podstawie pytania zawartego we wprowadzeniu: „Jakie są najważniejsze właściwości rybozymów i jak można je wykorzystać w medycynie?”.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Grafika interaktywna”).** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje jej analizy. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, scharakteryzowali funkcje i znaczenie rybozymu typu *hammerhead* (polecenie nr 1) oraz wyjaśnili, na czym polega hipoteza świata RNA (polecenie nr 2). Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
2. **Mapa myśli.** Nauczyciel prosi, by uczniowie w parach opracowali mapy myśli porządkujące informacje na temat funkcji oraz znaczenia rybozymów. Wybrane pary

przedstawiają swoje propozycje, ochotnik zapisuje je na tablicy. Pozostali uczniowie odnoszą się do odnotowanych sugestii, uzupełniając je o swoje pomysły.

3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel przechodzi do sekcji „Sprawdź się”. Uczniowie wykonują indywidualnie ćwiczenie interaktywne nr 6 (w którym mają za zadanie, na podstawie analizy grafiki, podać nazwę wiązania zaznaczonego literą X oraz enzymu, który to wiązanie tworzy), a następnie porównują swoje odpowiedzi z kolegą lub koleżanką.
4. Uczniowie wykonują ćwiczenie interaktywne nr 7 („Na podstawie zdobytych na lekcji informacji wskaż dwie cechy, które mogą świadczyć o tym, że to właśnie RNA pełnił funkcję tzw. przedkomórkowego życia”). Następnie wspólnie z nauczycielem omawiają prawidłowe rozwiązania.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 4 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. W tym kontekście dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 2, 3 i 5 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 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:

- Treści w sekcji „Grafika interaktywna” można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.