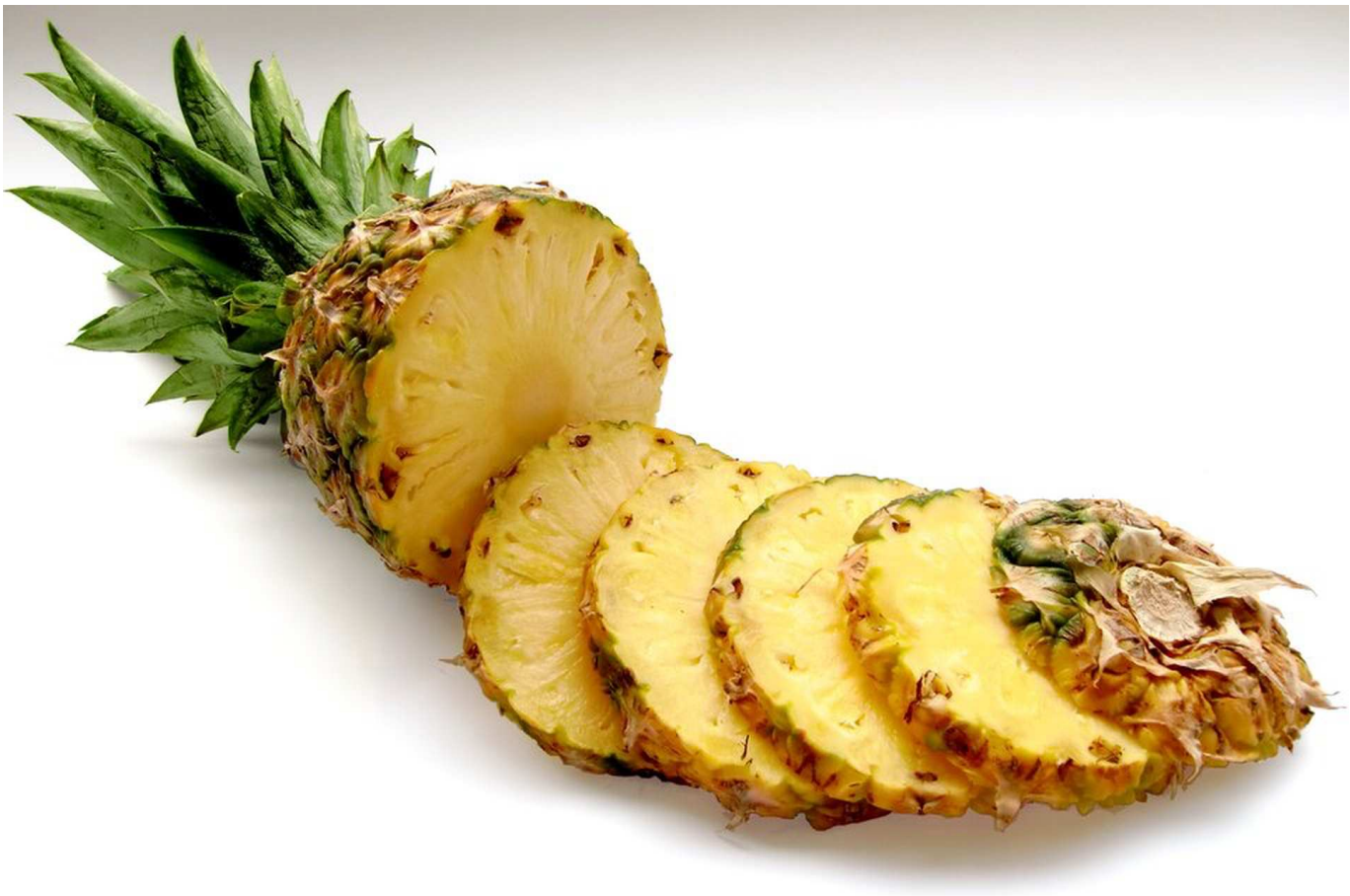


Budowa, działanie i funkcje enzymów

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Animacja
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Budowa, działanie i funkcje enzymów

Ananasy zawierają bromelinę – enzym proteolityczny rozkładający wiązania peptydowe w cząsteczkach białek. Z tego powodu świeże kawałki ananasa nie nadają się do przygotowania deserów, których podstawą jest galaretka: żelatyna wchodząca w skład galaretki jest białkiem rozpuszczalnym w wodzie, które w odpowiednich warunkach żeluje i doprowadza do jej tężenia. Bromelina zaś rozkłada żelatynę, co sprawia, że galaretka pozostaje w stanie płynnym.
Źródło: Security, Pixabay, domena publiczna.

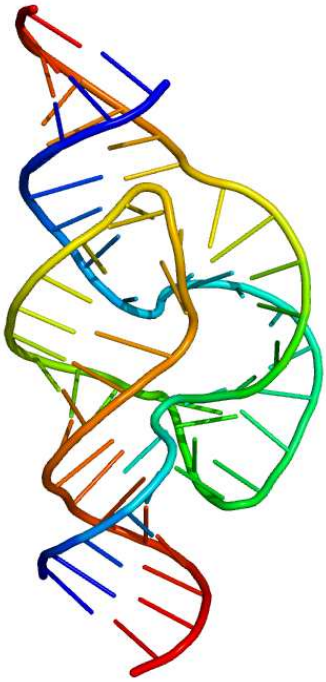
Enzymy są zdolne do przyspieszania reakcji chemicznych w układach biologicznych. Reakcje metaboliczne katalizowane przez enzymy przebiegają miliony razy szybciej niż te same reakcje zachodzące bez ich udziału. Jednym z najszybciej działających enzymów jest anhydraza węglanowa – występuje ona m.in. w erytrocytach, gdzie katalizuje reakcję uwodnienia dwutlenku węgla, w wyniku czego powstaje jon wodorowęglanowy. Reakcja katalizowana przez anhydrazę węglanową przebiega w tempie jednego miliona uwodnionych cząsteczek dwutlenku węgla w ciągu 1 sekundy. Ta sama niekatalizowana reakcja zachodzi spontanicznie w tempie jednej uwodnionej cząsteczki dwutlenku węgla w ciągu 10 sekund. W jaki sposób pozostałe enzymy wpływają na przebieg reakcji chemicznych zachodzących w organizmie?

Twoje cele

- Opiszesz budowę enzymu.
- Omówisz przebieg reakcji chemicznej z udziałem biokatalizatora.
- Scharakteryzujesz funkcje głównych klas enzymów.

Przeczytaj

Enzymy to makrocząsteczki biologiczne pełniące funkcję katalizatorów, czyli czynników chemicznych przyspieszających przebieg reakcji chemicznych, podczas których same nie ulegają zużyciu. Zdecydowaną większość enzymów stanowią białka, ale istnieją również cząsteczki RNA wykazujące właściwości katalityczne. Enzymy występują we wszystkich komórkach organizmów żywych oraz wirusach.



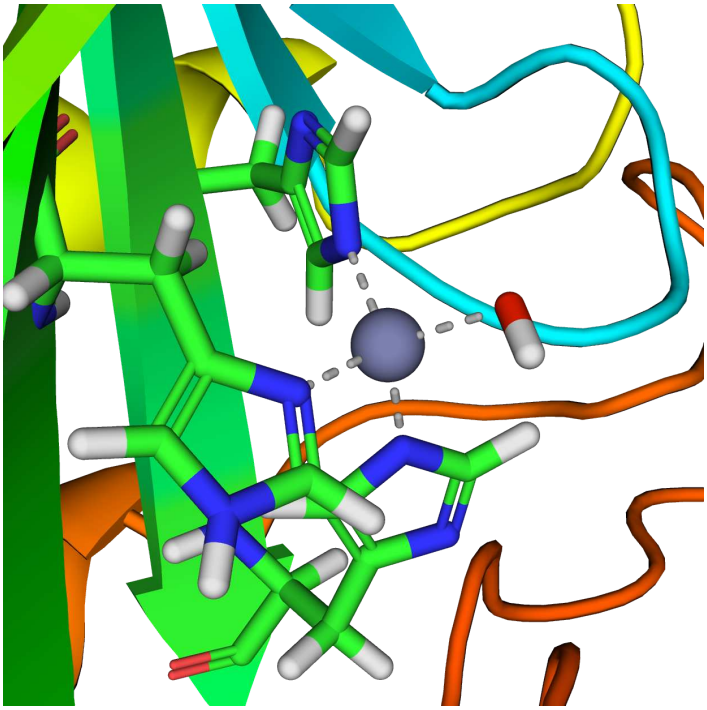
Rybozym typu *hammerhead* – cząsteczka kwasu rybonukleinowego (RNA) zdolna do katalizowania niektórych reakcji chemicznych. Rybozymy uczestniczą m.in. w syntezie i w obróbce potranslacyjnej białek.
Źródło: Wgscott, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Budowa enzymów

Pod względem chemicznym enzymy to przede wszystkim białka zbudowane z co najmniej kilkudziesięciu aminokwasów. Nieliczne biokatalizatory są białkami prostymi, czyli takimi, które zawierają wyłącznie aminokwasy – należy do nich np. pepsyna, która jest produkowana przez ścianę żołądka i wydzielana do światła narządu, gdzie uczestniczy w trawieniu białek. Większość enzymów to **białka złożone** (holoenzymy), które składają się z **części białkowej** (apoenzymu) i **części niebiałkowej** (kofaktoru). Kofaktory, które łączą się nietrwale z apoenzymem to tzw. **koenzymy**. Należą do nich np. witaminy lub pochodne nukleotydów. Kofaktorami łączącymi się trwale z apoenzymem za pomocą wiązań kowalencyjnych są jony metali (np. Zn^{2+}, Mg^{2+}) lub drobne cząsteczki organiczne tzw. **grupy**

prostetyczne – np. pochodne witamin. Niezależnie od sposobu połączenia się kofaktora z apoenzymem jest on elementem niezbędnym, nadającym części białkowej aktywność enzymatyczną.

Wszystkie enzymy łączy jedna cecha budowy – obecność tzw. centrum aktywnego, przez które białko enzymatyczne łączy się z substratem reakcji chemicznej. Centrum aktywne enzymu tworzone jest przez kilka grup funkcyjnych aminokwasów. Łączą się one z substratem za pomocą nietrwałych, słabych wiązań (wodorowych, jonowych, oddziaływań hydrofobowych i sił van der Waalsa).



Model fragmentu cząsteczki ludzkiego enzymu anhydrazy węglanowej z widocznym centrum aktywnym. Tworzą je trzy reszty histydyny (zielono-niebieskie), grupa hydroksylowa (biało-czerwona) i jon cynku (zaznaczony na szaro), będący kofaktorem tego enzymu.
Źródło: N/A, PDB, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Działanie enzymów

Budowa enzymów ma kluczowe znaczenie dla pełnionych przez nie funkcji katalitycznych. W układach biologicznych enzym łączy się z substratem przez centrum aktywne, tworząc **kompleks enzym–substrat**. Powstanie takiego połączenia determinuje zmianę kształtu enzymu, co wytwarza odpowiednie warunki do zajścia reakcji. Pojawiają się napięcia w odpowiednich wiązaniach cząsteczki substratu, w wyniku czego dochodzi do ich zerwania, lub następuje zbliżenie i odpowiednie ustawienie substratów, które ze sobą reagują. Zerwanie jednych wiązań i utworzenie nowych skutkuje powstaniem kompleksu

enzym–produkt. Nowy związek chemiczny ma mniejsze powinowactwo do enzymu, dlatego kompleks enzym–produkt rozpada się i dochodzi do zwolnienia centrum aktywnego. Enzym jest gotowy do przeprowadzenia kolejnej reakcji chemicznej.

Działanie enzymu opiera się więc na przyłączaniu odpowiedniego substratu do centrum aktywnego, które zbudowane jest z konkretnej sekwencji aminokwasów.

Bardziej szczegółowe informacje na temat mechanizmu działania enzymów znajdziesz tutaj.

Klasyfikacja enzymów

W związku z ogromną różnorodnością enzymów zaistniała potrzeba ich generalnej klasyfikacji. Dokonała tego w roku 1984 Komisja Enzymatyczna, która opracowała system porządkowania enzymów ze względu na rodzaj katalizowanej reakcji chemicznej. Każdy enzym można zapisać w postaci ciągu czterech liczb oddzielonych kropką i poprzedzonych literami EC (od angielskiej nazwy tej komisji: Enzymatic Comission). Pierwsza, a zarazem najważniejsza liczba odpowiada klasie enzymu, a kolejne podklasom.

Klasy enzymów

EC1 – oksydoreduktazy
Katalizują reakcje utleniania i redukcji, związane z przeniesieniem elektronu z cząsteczki substratu na cząsteczkę akceptora.
EC2 – transferazy
Katalizują przeniesienie grupy funkcyjnej z jednej cząsteczki na drugą.
EC3 – hydrolazy
Katalizują rozkład związku chemicznego przy udziale cząsteczek wody.
EC4 – liazy
Katalizują rozkład związku chemicznego bez udziału cząsteczek wody.

EC5 – izomerazy
Katalizują przeniesienie grupy funkcyjnej w obrębie jednej cząsteczki.
EC6 – ligazy
Katalizują syntezę dwóch cząsteczek.

Słownik

białka

związki organiczne o charakterze polimerów, zbudowane z aminokwasów połączonych ze sobą wiązaniami peptydowymi i tworzącymi I-rzędową strukturę przestrzenną; struktury przestrzenne wyższych rzędów stabilizowane są wiązaniami wodorowymi, jonowymi i mostkami disiarczkowymi; synteza białek przebiega w błonach siateczki śródplazmatycznej; białka pełnią w organizmach różnorodne funkcje: strukturalne, enzymatyczne, regulacyjne, transportowe

biokatalizator

substancja, która katalizuje reakcje chemiczne zachodzące w organizmach żywych

centrum aktywne

część enzymu bezpośrednio zaangażowana w przebieg reakcji chemicznej; zawiera grupy funkcyjne kilku aminokwasów łączące się z substratem lub substratami za pomocą słabych wiązań niekowalencyjnych

enzym

biokatalizator; zazwyczaj białko, rzadziej cząsteczka RNA lub DNA; zdolny do obniżenia energii aktywacji i przyspieszenia przebiegu reakcji chemicznej

produkt

substancja chemiczna powstała w wyniku reakcji chemicznej

substrat

substancja chemiczna ulegająca przekształceniu w czasie reakcji chemicznej

Animacja

Film dostępny pod adresem /preview/resource/RHHtG6GCGEC3i

Budowa, działanie i funkcje enzymów.

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

Film nawiązujący do treści materiału opisuje budowę, działanie i funkcje enzymów.

Polecenie 1

Określ, jak nazywają się cząsteczki, które nie są enzymami, ale wykazują aktywność enzymatyczną. Opisz krótko ich budowę.

Polecenie 2

Opisz, jaką rolę odgrywają enzymy w zachodzących reakcjach chemicznych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

Każdy enzym…

- ◯ można nazwać rybozymem.
- ◯ podwyższa energię aktywacji reakcji.
- ◯ jest białkiem.
- ◯ zawiera centrum aktywne.

Ćwiczenie 2

Oceń i zaznacz, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenia	Prawda	Fałsz
Cząsteczki RNA, podobnie jak białka, mogą pełnić funkcje enzymatyczne.	◯	◯
Pepsyna to biokatalizator będący białkiem prostym.	◯	◯
Zarówno enzymy białkowe, jak i rybozymy wchodzą w skład wyłącznie istot żywych, więc nie występują u wirusów.	◯	◯
Klasę enzymów oznacza się literami alfabetu, natomiast podklasy – liczbami.	◯	◯

Ćwiczenie 3

Uzupełnij luki w tekście.

Wspólną cechą enzymów jest obecność [ ], do którego przyłącza się substrat. Powstanie kompleksu enzym–substrat powoduje zmianę [ ] enzymu i jego dopasowanie się do substratu. Kompleks enzym–substrat utrzymują [ ] wiązania. Enzymy [ ] przebieg reakcji chemicznej, podczas których same [ ] zużyciu.

kowalencyjne | nie ulegają | trwałe | struktury | klucza i zamka | nietrwałe | kształtu | ulegają | przyspieszają | kofaktora | centrum aktywnego

Ćwiczenie 4

Połącz w pary nazwy klas enzymów z funkcją, jaką pełnią.

Hydrolazy	Katalizują przeniesienie grupy funkcyjnej z jednej cząsteczki na drugą.
Liazy	Katalizują reakcję zerwania wiązań chemicznych przy udziale cząsteczek wody.
Izomerazy	Katalizują reakcję przekształceń strukturalnych w obrębie cząsteczki.
Transferazy	Katalizują reakcje powstawania wiązań chemicznych między cząsteczkami.
Oksydoreduktazy	Katalizują reakcję zerwania wiązań chemicznych bez udziału cząsteczek wody.
Ligazy	Katalizują reakcje utleniania i redukcji, związane z przeniesieniem elektronu z cząsteczki substratu na cząsteczkę akceptora.

Ćwiczenie 5

Zaznacz wszystkie **fałszywe** zdania.

- [ ] Wszystkie enzymy to białka wykazujące właściwości katalityczne.
- [ ] Białka złożone składają się z części niebiałkowej (apoenzymu) i części białkowej (kofaktoru).
- [ ] Większość enzymów to białka proste.
- [ ] Wszystkie enzymy zawierają centrum aktywne, przez które białko enzymatyczne łączy się z substratem.
- [ ] Centrum aktywne enzymu tworzone jest przez kilka grup funkcyjnych aminokwasów, które łączą się z substratem za pomocą trwałych, silnych wiązań.
- [ ] Każdy enzym można zapisać w postaci ciągu czterech liczb oddzielonych kropką i poprzedzonych literami EC.

Ćwiczenie 6

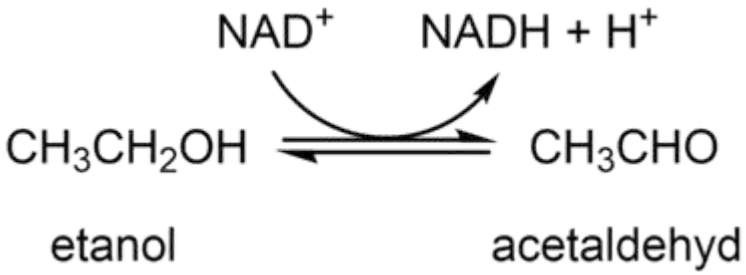
Prosty eksperyment umożliwia stwierdzenie, czy dany mikroorganizm produkuje enzym katalazę. Do zawiesiny bakteryjnej dodaje się niewielką ilości wody utlenionej (H_2O_2). Przy dodatnim wyniku próby na obecność katalazy w zawiesinie bakteryjnej obserwuje się wydzielanie pęcherzyków gazu.

1. Określ, jaki rodzaj reakcji chemicznej katalizuje katalaza. Uzasadnij swoją odpowiedź.

2. Podaj klasę enzymów, do której można zakwalifikować katalazę. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Ćwiczenie 7

Enzym dehydrogenaza alkoholowa to ważne ogniwo wielu procesów metabolicznych, takich jak fermentacja alkoholowa czy detoksykacja alkoholu w organizmie. Występuje zarówno w komórkach prokariotycznych, jak i eukariotycznych. Współdziała z cząsteczką NAD^+ lub NADH w zależności od kierunku przeprowadzanej reakcji, co ilustruje poniższy schemat:



Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Na podstawie powyższych informacji wyjaśnij, dlaczego opisany enzym zalicza się do grupy oksydoreduktaz.

Ćwiczenie 8

Dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy występuje w organizmach w kilku formach: NADH jest formą zredukowaną, a NAD^+ – formą utlenioną. Dodatkowo może być obecna grupa fosforanowa, połączona z dinukleotydem wiązaniem estrowym. Powstający w ten sposób ester fosforanowy dinukleotydu $NADP^+$ i forma zredukowana NADPH zwiększa liczbę reakcji przeprowadzanych z jego udziałem. Formy $NADP^+$ i NADPH biorą udział m.in. w syntezie tlenku azotu, który w organizmie człowieka reguluje ciśnienie i krzepnięcie krwi. W procesie tym bierze udział enzym NOS (syntaza tlenku azotu), który nietrwale łączy się z wymienionymi nukleotydami.

Określ, jaką funkcję pełnią $NADP^+$ i NADPH w prawidłowym funkcjonowaniu enzymu NOS. Odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Budowa, działanie i funkcje enzymów

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

2. Enzymy. Uczeń:

1) przedstawia charakterystyczne cechy budowy enzymu;

2) wyjaśnia istotę katalizy enzymatycznej;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

3. Enzymy. Uczeń:

1) przedstawia charakterystyczne cechy budowy enzymu;

2) wyjaśnia, na czym polega swoistość substratowa enzymu oraz opisuje katalizę enzymatyczną;

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:

- Opiszesz budowę enzymu.
- Omówisz przebieg reakcji chemicznej z udziałem biokatalizatora.
- Scharakteryzujesz funkcje głównych klas enzymów.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- 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;
- arkusze papieru, flamastry.

Przed lekcją:

1. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z medium w sekcji „Animacja".

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. **Wprowadzenie do tematu.** Uczniowie na podstawie informacji zawartych w animacji, z którą mieli się zapoznać przed lekcją, przygotowują w parach mapę pojęć dotyczącą tematu zajęć.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z tekstem.** Uczniowie przystępują do cichego czytania tekstu e-materiału. Indywidualnie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj” i zapisują w zeszycie minimum pięć pytań do tekstu. Uwaga: każde z pytań musi rozpoczynać się od słowa „dlaczego”. Następnie zadają swoje pytania dowolnie wybranej osobie i odpowiadają na pytania kolegi lub koleżanki.
2. **Praca z animacją pt. „Budowa, działanie i funkcje enzymów”.** Uczniowie wykonują indywidualnie polecenie nr 1 („Określ, jak nazywają się cząsteczki, które nie są enzymami, ale wykazują aktywność enzymatyczną. Opisz krótko ich budowę”) oraz polecenie nr 2 („Opisz, jaką rolę odgrywają enzymy w zachodzących reakcjach chemicznych”). Następnie porównują swoje odpowiedzi z osobą z pary. Wybrane osoby przedstawiają rozwiązanie na forum klasy.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie wykonują w parach ćwiczenie nr 6 (w którym mają za zadanie opisać, jaką reakcję katalizuje opisany enzym i do jakiej klasy można go zakwalifikować), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Podczas wspólnych dyskusji rozwiązują zadanie, następnie łączą się z inną parą i kontynuują swoją dyskusję, uzasadniając swój wybór.
4. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, dlaczego opisany enzym zalicza się do grupy oksydoreduktaz), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie weryfikują i w razie potrzeby uzupełniają mapy pojęć opracowane we wstępnej fazie lekcji.
2. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 5 (w którym mają zaznaczyć fałszywe stwierdzenie) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: wymyślają trzy zdania dotyczące tematu lekcji – jedno fałszywe i dwa prawdziwe – i proszą kolegę lub koleżankę, by wskazali, które stwierdzenie jest fałszywe.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 4 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.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania animacji:

- Animację można wykorzystać w fazie wstępnej zajęć, w celu wzbudzenia zaciekawienia uczniów.