

Kataliza enzymatyczna

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



Dehydrogenaza mleczanowa obecna w wątrobie, mięśniach i jelitach katalizuje ostatni etap szlaku glikolitycznego – przejście pirogronianu w mleczan.

Źródło: Fvasconcellos , Wikimedia Commons, domena publiczna.

W każdej komórce żywego organizmu zachodzi ogromna liczba reakcji chemicznych, prowadzących do przetworzenia materii oraz przemian energetycznych. Jednak warunki panujące w ustroju – temperatura wynosząca ok. 37°C, pH zbliżone do obojętnego, ciśnienie równe ciśnieniu atmosferycznemu oraz niskie stężenia reagentów – sprawiają, że większość reakcji metabolicznych zachodziłaby z bardzo małą, wręcz niezauważalną szybkością. Jedyne czynniki, które w tych warunkach może wpływać na szybkość reakcji (bez naruszania homeostazy organizmu), to katalizatory. Zatem podstawą zachodzenia procesów życiowych w komórkach żywych jest **kataliza enzymatyczna**.

Twoje cele

- Wyjaśnisz pojęcie energii aktywacji.
- Omówisz mechanizm działania enzymu.

Przeczytaj

Kataliza

Kataliza to zjawisko przyspieszenia reakcji chemicznej pod wpływem obecności niewielkiej ilości katalizatora.

Katalizatory to substancje chemiczne, które po dodaniu do układu reakcyjnego przyspieszają (katalizują) reakcję, przy czym się nie zużywają. Należą do nich enzymy.

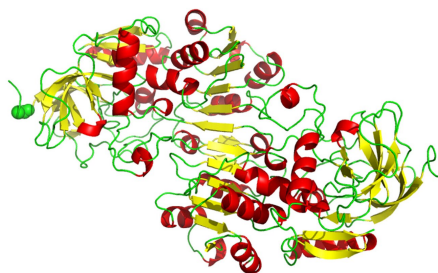
Kataliza zachodząca z udziałem enzymów jest niezbędna do zachodzenia procesów życiowych.

Enzymy

Enzymy (inaczej biokatalizatory) to zazwyczaj białka (rzadziej cząsteczki RNA) zdolne do obniżania energii aktywacji, a tym samym przyspieszania przebiegu reakcji chemicznej. Tylko nieliczne z nich są białkami prostymi, zawierającymi w swojej budowie wyłącznie aminokwasy. Większość enzymów to **białka złożone**.

Związki te charakteryzuje silnie zróżnicowana budowa przestrzenna. Łańcuch polipeptydowy o zdeterminowanej genetycznie sekwencji aminokwasów (strukturze pierwszorzędowej) ulega sfałdowaniu, przybierając unikatową strukturę drugo- i trzeciorzędową.

Uporządkowana i charakterystyczna dla danego enzymu budowa przestrzenna (**konformacja**) określa rodzaj katalizowanej reakcji chemicznej oraz jej regulację.



Przykładem enzymu jest dehydrogenaza alkoholowa, która katalizuje odwracalną reakcję utleniania alkoholi do aldehydów i ketonów oraz redukcji aldehydów do odpowiednich alkoholi.

Źródło: Dcinthiya, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

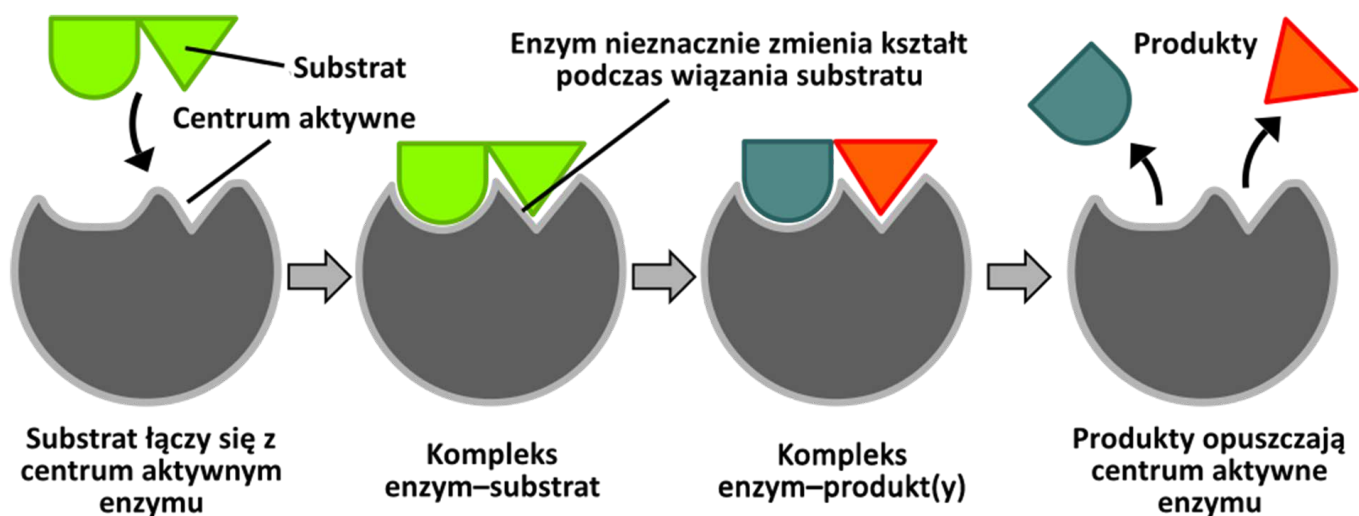
Więcej informacji na ten temat znajdziesz w e-materiale [Budowa, działanie i funkcje enzymów](#).

Ciekawostka

Nazwy zwyczajowe enzymów, zakończone przyrostkiem „-aza”, często mówią o katalizowanej reakcji i/lub o substracie biorącym w niej udział, np. dehydrogenaza mleczanowa katalizuje odwracalną reakcję redukcji pirogronianu do mleczanu.

Kataliza enzymatyczna

Enzym łączy się z **substratem** zgodnie z **modelem indukcyjnego dopasowania**. W momencie zbliżania się substratu do enzymu następuje zmiana kształtu **centrum aktywnego**, które dopasowuje się do cząsteczki substratu. Dochodzi do przemieszczenia grup funkcyjnych aminokwasów centrum aktywnego w pozycje, w których ich zdolność katalizowania reakcji jest zwiększona. Elastyczność centrum aktywnego pociąga za sobą zmianę konformacji całej cząsteczki enzymu.



Schemat przedstawiający ideę modelu indukowanego dopasowania. Zakłada ona, że grupy aminokwasów, które tworzą centrum aktywne, podlegają ciągłej reorganizacji przestrzennej i w ten sposób dopasowują swoją pozycję do wiązanego substratu, co umożliwia proces katalizy.

Źródło: Karol Głąb (zmodyfikowano), Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

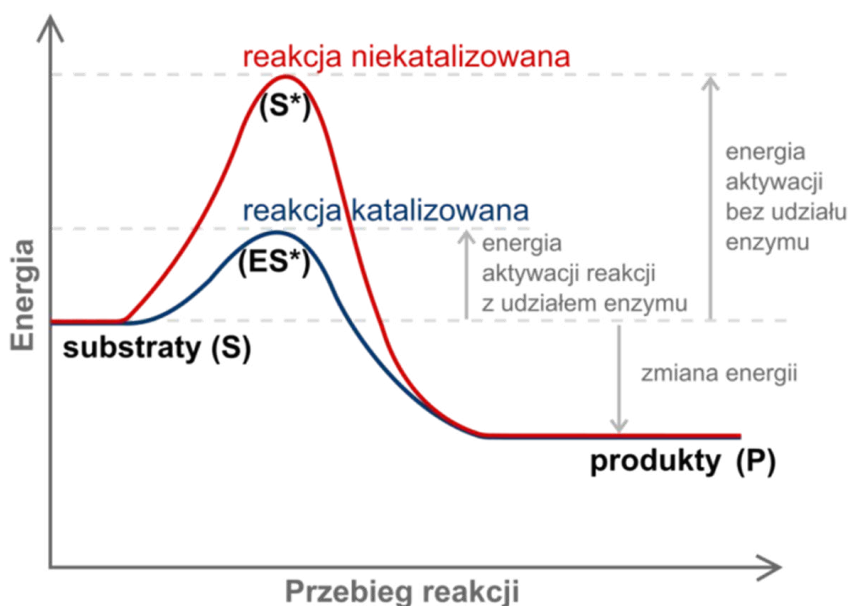
Kataliza enzymatyczna zostanie omówiona na przykładzie reakcji syntezy dwóch substratów.

Każdy substrat dąży do osiągnięcia stanu, w którym poziom **energii swobodnej** cząsteczki będzie jak **najniższy**. Przeprowadzenie reakcji chemicznej wiąże się z koniecznością

aktywacji substratów, czyli dostarczenia cząsteczkom energii – tzw. **energii aktywacji**. Dochodzi wówczas do powstania krótkotrwałego stanu przejściowego, w którym reagujące cząsteczki substratów mają wysoki poziom energii swobodnej. W tym nietrwałym stanie przejściowym następuje przekształcenie substratów i powstanie **produktów** reakcji.

Energia aktywacji może być dostarczana substratom np. w postaci ciepła – przez podgrzanie środowiska reakcji. Jednak układy biologiczne, takie jak komórki organizmu człowieka, funkcjonują we względnie niskiej temperaturze. Przyspieszenie reakcji chemicznej zachodzącej na terenie komórki poprzez podniesienie temperatury środowiska reakcji jest niemożliwe – doprowadziłoby to do denaturacji białek strukturalnych i w konsekwencji do śmierci organizmu.

Mechanizm działania enzymów opiera się na **obniżeniu progu energii aktywacji** katalizowanej reakcji, dzięki czemu substraty biorące w niej udział mogą osiągnąć stan przejściowy, a następnie przekształcić się w produkt w temperaturze, która jest optymalna dla organizmu. W obecności enzymów katalizowana reakcja chemiczna może przebiegać od 10^6 do 10^{12} razy szybciej.



Zmiany energii swobodnej w czasie reakcji chemicznej. Przeprowadzenie substratów (S) w stan przejściowy (S*) wymaga dużych nakładów energii niezbędnej do pokonania progu aktywacji. Składniki reakcji chemicznej w stanie przejściowym są przekształcane w produkty końcowe (P). Enzym obniża energię aktywacji reakcji przez utworzenie alternatywnej ścieżki reakcji ze stanem pośrednim (ES*) o mniejszej energii. Obniżenie energii aktywacji zwiększa szybkość reakcji.

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

Szybkość procesu enzymatycznego

Szybkość procesu enzymatycznego zależy od następujących czynników:

- łatwość tworzenia kompleksu enzymu z substratem (powinowactwo enzymu do substratu);
- stężenie enzymu i substratu;
- temperatura;
- stężenie jonów wodorowych;
- obecność [enzymatycznych aktywatorów](#) oraz [enzymatycznych inhibitorów](#).

Więcej informacji na ten temat znajdziesz w e-materiale [Czynniki wpływające na aktywność enzymów](#).

Swoistość enzymów

Enzymy wykazują **swoistość substratową**. Niektóre reagują tylko z jednym związkiem (np. dehydrogenaza mleczanowa działa tylko na L-mleczan, nie utlenia D-mleczanu), inne są mniej swoiste i działają na określoną grupę związków (np. fosfataza jest swoista wobec substratów mających wiązania estrowe). Swoistość enzymu zależy od budowy substratu. Substrat musi zawierać wiązanie, na które działa dany enzym, oraz grupę funkcyjną (lub grupy funkcyjne) umożliwiającą odpowiednie połączenie się enzymu z substratem i zapoczątkowanie katalizowanej reakcji.

Dodatkowo enzymy wykazują **swoistość względem katalizowanej reakcji** (tzw. specyficzność kierunkową) – określony enzym katalizuje na ogół pojedynczą reakcję (np. oksydaza cytochromowa, która katalizuje redukcję tlenu cząsteczkowego) lub grupę podobnych przemian chemicznych (np. glukozy-6-fosforan, który może ulegać różnym przemianom, takim jak: utlenienie, izomeryzacja lub mutarotacja).

Słownik

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

energia aktywacji

ilość energii, której potrzebuje układ reagujących ze sobą substancji, niezbędna do zapoczątkowania pomiędzy nimi reakcji chemicznej; różnica w energii swobodnej między stanem przejściowym a substratem

energia swobodna

część energii układu biologicznego, która może wykonać pracę, gdy temperatura i ciśnienie są jednolite w całym układzie

enzymatyczne aktywatory

substancje umożliwiające lub wzmagające aktywność katalityczną enzymów

enzymatyczne inhibitory

substancje hamujące aktywność katalityczną enzymów

konformacja

(łac. *conformatio* – ukształtowanie) każde możliwe rozmieszczenie atomów cząsteczki, które może się zmienić w inne w wyniku rotacji tych atomów wokół wiązań

pojedynczych

produkt

substancja chemiczna powstała w wyniku reakcji chemicznej

substrat

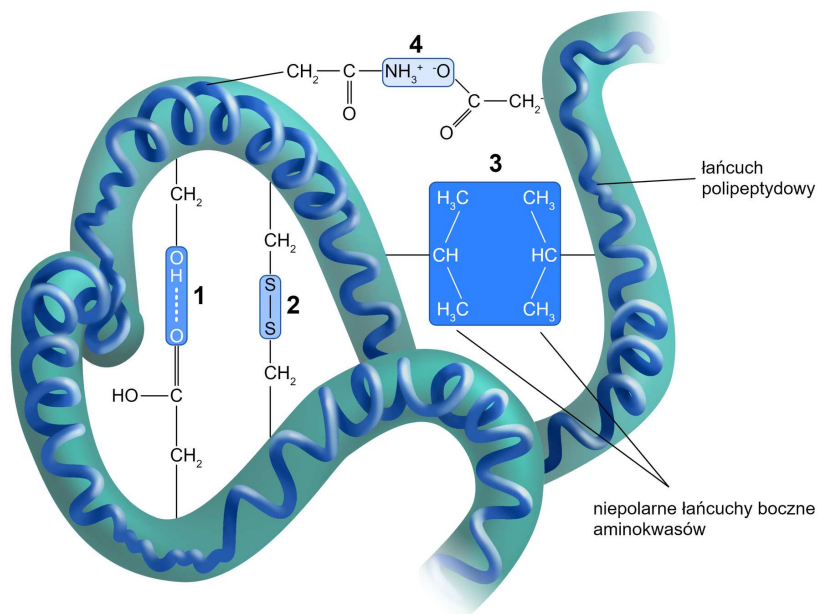
substancja chemiczna ulegająca przekształceniu w czasie reakcji chemicznej

Film samouczek

Polecenie 1

Zapoznaj się z treścią zadania. Swoją odpowiedź zapisz w formularzu. Następnie obejrzyj film i sprawdź, czy twoje wyjaśnienie jest prawidłowe.

Na schemacie przedstawiono fragment cząsteczki białka o strukturze trzeciorzędowej oraz warunkujące tę strukturę różne oddziaływania występujące pomiędzy łańcuchami bocznymi aminokwasów: wiązania chemiczne oparte na przyciąganiu elektrostatycznym (1), wiązania kowalencyjne (2), interakcje hydrofobowe (3) i oddziaływania jonowe (4).



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., na podstawie: Eldra P. Solomon i in., *Biologia*, tłum. B. Bilińska i in., Multico, Warszawa 2014, licencja: CC BY-SA 3.0.

Trwa wczytywanie danych..



Kataliza enzymatyczna



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1dGcoa4IZZ9c>

Kataliza enzymatyczna. W materiale wykorzystano zadanie z arkusza maturalnego CKE (maj 2017, poziom rozszerzony).

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

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem: Kataliza enzymatyczna.

Polecenie 2

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



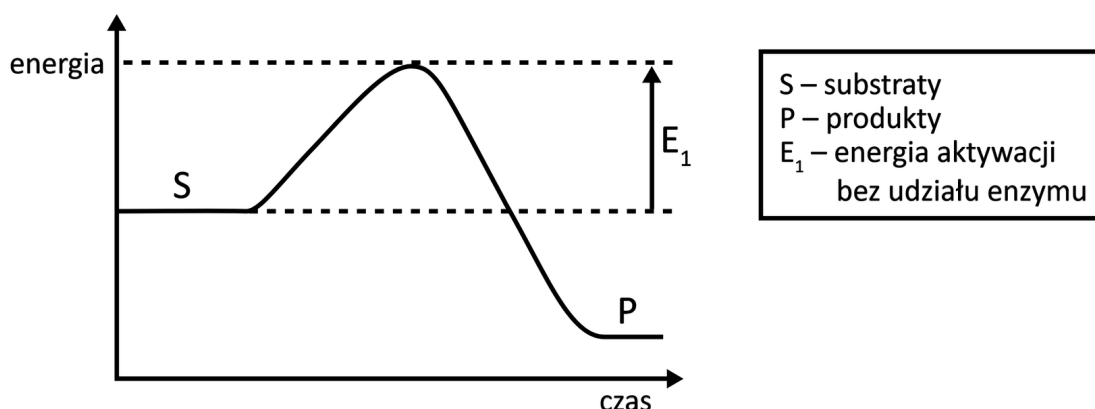
Grupa naukowców ustaliła, że pewna reakcja chemiczna bez udziału enzymu w temperaturze ok. 30°C zachodzi w ciągu 2 godzin. Ta sama reakcja chemiczna z udziałem enzymu przebiega najszybciej, gdy temperatura środowiska reakcji spadnie do 20°C.

Ćwiczenie 8



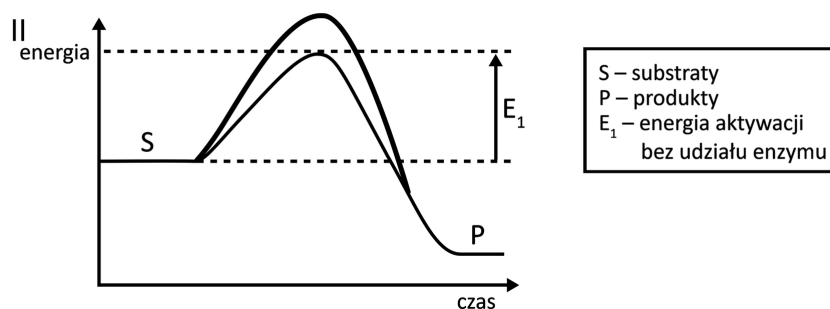
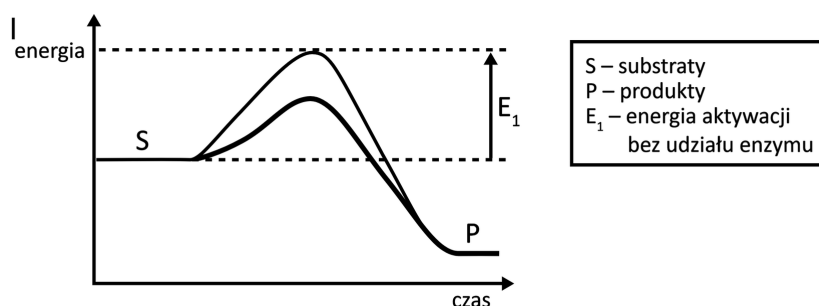
Schemat przedstawia krzywą energetyczną reakcji chemicznej zachodzącej bez udziału enzymu.

1. Określ, jaki rodzaj reakcji chemicznej przedstawia schemat – egzoergiczną czy endoergiczną. Odpowiedź uzasadnij.



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

2. Określ, który schemat (I czy II) przedstawia zmiany energetyczne substratów i produktów reakcji chemicznej – bez udziału enzymu (cienka linia) i z udziałem enzymu (gruba linia). Odpowiedź uzasadnij, odnosząc się do informacji widocznych na schemacie.



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Kataliza enzymatyczna

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 (językiem ucznia):

- Wyjaśnisz pojęcie energii aktywacji.
- Omówisz mechanizm działania enzymu.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem samouczkiem;
- mapa pojęć.

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. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 1, w którym mają zaznaczyć wszystkie poprawne rozwinięcia zdania: „Enzym w organizmie...”, a następnie ćwiczenie nr 2, w którym również wskazują prawidłowe rozwinięcie zdania dotyczącego enzymu. Wybrani uczniowie przedstawiają swoje rozwiązania na forum klasy. Nauczyciel i pozostali uczniowie oceniają poprawność wykonania ćwiczeń.

Faza realizacyjna:

1. **Mapa pojęć.** Uczniowie, pracując w parach, tworzą mapy pojęć związane z tematem lekcji na podstawie treści z sekcji „Przeczytaj”.
2. **Praca z filmem samouczkiem pt. „Kataliza enzymatyczna”.** Nauczyciel wyświetla film samouczek, pomijając fragment prezentujący rozwiązanie zadania maturalnego. Następnie wyjaśnia treść zadania i prosi uczniów, by pracując w parach, spróbowali je rozwiązać. Po ustalonym czasie nauczyciel wyświetla dalszą część filmu. Uczniowie weryfikują swoją odpowiedź, porównując ją z rozwiązaniem prezentowanym na filmie. Prowadzący zajęcia wyjaśnia ewentualne wątpliwości.
3. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie określić – w odniesieniu do przedstawionych informacji – jaki wpływ na szybkość przebiegu reakcji z udziałem enzymu miałyby podwyższenie temperatury do 100°C oraz jej obniżenie do 15°C) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.
4. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 8 (odnoszące się do schematu przedstawiającego krzywą energetyczną reakcji chemicznej zachodzącej bez udziału enzymu), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 6 (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 temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”, podsumowuje omawiany na lekcji materiał, wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 3 do 5 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 filmu samouczka:

- Film samouczek można wykorzystać jako materiał służący powtórzeniu i utrwaleniu wiedzy uczniów.