Pierwsza Ławka · zestaw działowy · liceum i technikum

Dział 4

Metabolizm: ATP, przenośniki i enzymy

Szlaki i cykle metaboliczne, powiązanie anabolizmu i katabolizmu, budowa i rola ATP, przenośniki NAD^+, FAD i $NADP^+$, budowa enzymów, swoistość i kataliza, aktywacja i inhibicja, ujemne sprzężenie zwrotne, wpływ temperatury, pH, stężenia substratu i ilości enzymu, doświadczenia z katalazą i pepsyną, odchylenie standardowe. Dziewięć kart: najważniejsze wiadomości z przykładami, ćwiczenia, zadania typu maturalnego, dwie kartkówki i sprawdzian w grupach A i B – z kluczem i zasadami oceniania.

Biologia | klasa 1 LO i technikum | Dział 4 | zakres rozszerzony (ZR)

	Karta	Rodzaj	Poziom	Zadania
1	**ATP, przenośniki i enzymy – najważniejsze wiadomości** Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka	Najważniejsze wiadomości	ZR	3 zad. · 9 pkt
2	**ATP, przenośniki i enzymy – ćwiczenia** Ćwiczę umiejętności z działu	Ćwiczenia	ZR	7 zad. · 22 pkt
3	**ATP, przenośniki i enzymy – zadania typu maturalnego** Polecenia, wiązki i punktacja jak na maturze 2027	Zadania typu maturalnego	ZR	5 zad. · 15 pkt
4	**Kartkówka 1: szlaki i cykle, ATP i przenośniki – grupa A** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZR	5 zad. · 8 pkt 15 min
5	**Kartkówka 1: szlaki i cykle, ATP i przenośniki – grupa B** 15 minut · 8 pkt	Kartkówka	ZR	5 zad. · 8 pkt 15 min
6	**Kartkówka 2: budowa, działanie i regulacja enzymów – grupa A** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
7	**Kartkówka 2: budowa, działanie i regulacja enzymów – grupa B** 15 minut · 6 pkt	Kartkówka	ZR	4 zad. · 6 pkt 15 min
8	**Sprawdzian: ATP, przenośniki i enzymy – grupa A** 45 minut · 20 pkt	Sprawdzian	ZR	10 zad. · 20 pkt 45 min
9	**Sprawdzian: ATP, przenośniki i enzymy – grupa B** 45 minut · 20 pkt	Sprawdzian	ZR	10 zad. · 20 pkt 45 min

Jak korzystać z zestawu

- Karta 1 to najważniejsze wiadomości z działu, przykłady z wzorcową odpowiedzią i krótka rozgrzewka – od niej warto zacząć.
- Karta 2 to ćwiczenia, karta 3 – zadania typu maturalnego – polecenia, wiązki i punktacja jak w arkuszach CKE.
- Karty 4–7 to dwie kartkówki (po 15 minut), karty 8–9 – sprawdzian (45 minut). Każde w grupach A i B: te same typy zadań i ta sama punktacja, inne treści.
- Klucz na końcu zawiera odpowiedzi i zasady oceniania zadań otwartych w stylu CKE: przykładowa odpowiedź, za co jest punkt i czego się nie uznaje.
- Osobny plik „Powtórka" zbiera pojęcia i schematy działu, typowe błędy i test „Sprawdź się" z odpowiedziami.

Oznaczenia

ZP	zakres podstawowy
ZR	zakres rozszerzony (treści tylko dla ZR)
(0–2 pkt)	liczba punktów możliwych do zdobycia za zadanie
Zadanie 4.1.	wiązka zadań do wspólnego materiału źródłowego
Jak to sprawdza CKE	typ zadania i typowy błąd ze sprawozdań CKE
Na maturze	wymagania z podstawy programowej, których dotyczy temat

Wymagania z podstawy programowej (Dz.U. 2024 poz. 1019)

- **III.1.1** wyjaśnia, na przykładach, pojęcia: szlaku i cyklu metabolicznego
- **III.1.2** porównuje istotę procesów anabolicznych i katabolicznych oraz wykazuje, że są ze sobą powiązane
- **III.2.1** wykazuje związek budowy ATP z jego rolą biologiczną
- **III.2.2** przedstawia znaczenie NAD+, FAD, NADP+ w procesach utleniania i redukcji
- **III.3.1** przedstawia charakterystyczne cechy budowy enzymu
- **III.3.2** wyjaśnia, na czym polega swoistość substratowa enzymu oraz opisuje katalizę enzymatyczną
- **III.3.3** przedstawia sposoby regulacji aktywności enzymów (aktywacja, inhibicja)
- **III.3.4** wyjaśnia mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego jako sposobu regulacji przebiegu szlaków metabolicznych
- **III.3.5** wyjaśnia wpływ czynników fizykochemicznych (temperatury, pH, stężenia substratu) na przebieg katalizy enzymatycznej; planuje i przeprowadza doświadczenie badające wpływ różnych czynników na aktywność enzymów (katalaza, proteinaza)

Materiał oryginalny – nie jest kopią materiałów CKE ani podręczników. Podstawa programowa LO i technikum, zakres rozszerzony (Dz.U. 2018 poz. 467 w brzmieniu Dz.U. 2024 poz. 1019). Wymagania: II.1–II.5 / III.1.1–III.3.5. Do użytku własnego i pracy z własnymi uczniami.

ATP, przenośniki i enzymy – najważniejsze wiadomości

Teoria, przykłady z wyjaśnieniem, rozgrzewka

ZR KARTA 1/9

Imię i nazwisko: Klasa: Data: Wynik: ..... / 9 pkt

Najważniejsze wiadomości · 9 pkt

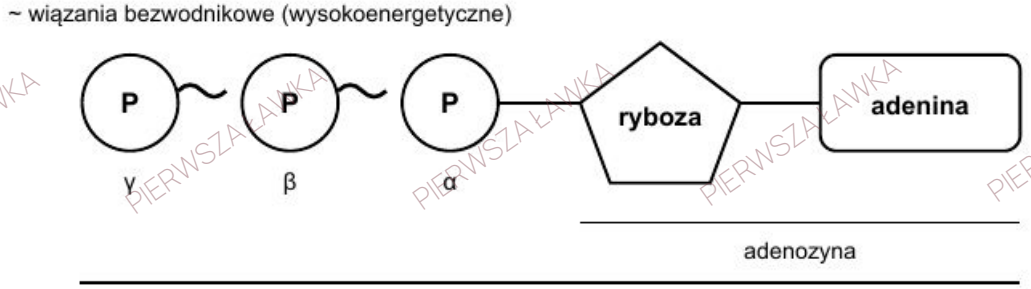
Przypomnij sobie

- **III.1. Metabolizm – szlaki i cykle.** Metabolizm to ogół przemian chemicznych w komórce. Przemiany są uporządkowane w szlaki i cykle; każdą reakcję katalizuje swoisty enzym, dzięki czemu komórka może osobno regulować każdy etap.

Cecha	Szlak metaboliczny	Cykl metaboliczny
istota	ciąg reakcji, w którym produkt jednej reakcji jest substratem następnej; każdy etap katalizuje inny enzym	szlak, którego ostatni produkt odtwarza związek wyjściowy, więc ten związek nie zużywa się
przykłady	glikoliza (glukoza → pirogronian), synteza nukleotydów pirymidynowych (od asparaginianu do CTP)	cykl Krebsa (szczawiooctan odtwarzany w każdym obrocie), cykl Calvina, cykl mocznikowy

Cecha	Anabolizm	Katabolizm
istota	synteza związków złożonych z prostszych	rozkład związków złożonych na prostsze
bilans energii	endoergiczny – wymaga energii (głównie z ATP)	egzoergiczny – energia uwalniana, część zostaje zmagazynowana w ATP
przenośnik wodoru	zużywa zredukowany $NADPH + H^+$	wytwarza $NADH + H^+$ i $FADH_2$ (utlenianie substratów)
przykłady	fotosynteza, synteza białek, glikogenu, kwasów tłuszczowych	oddychanie komórkowe, fermentacja, glikogenoliza, rozkład białek

- **Kluczowe:** Anabolizm i katabolizm są powiązane na trzy sposoby: (1) energetycznie – ATP z katabolizmu napędza syntezy; (2) przez przenośniki wodoru – zredukowane NADH/NADPH dostarczają elektronów; (3) przez związki pośrednie – np. pirogronian i acetylo-CoA z rozkładu glukozy są substratami syntez.
- **III.2.1. ATP.** Nukleotyd adeninowy: adenina + ryboza (razem adenozyna) + trzy reszty fosforanowe połączone dwoma wiązaniami bezwodnikowymi. Hydroliza zewnętrznego wiązania ($ATP + H_2O \rightarrow ADP + P_i$) uwalnia w warunkach standardowych ok. 30,5 kJ/mol – porcję dogodną do napędzania pojedynczych reakcji. Reszta fosforanowa bywa przenoszona na inną cząsteczkę (fosforylacja), co ją aktywuje. ATP powstaje przez fosforylację substratową (np. w glikolizie), oksydacyjną (łańcuch oddechowy) i fotofosforylację (fotosynteza).



ATP – adenozynotrifosforan (nukleotyd)

Budowa ATP – schemat uproszczony (rysunek własny).

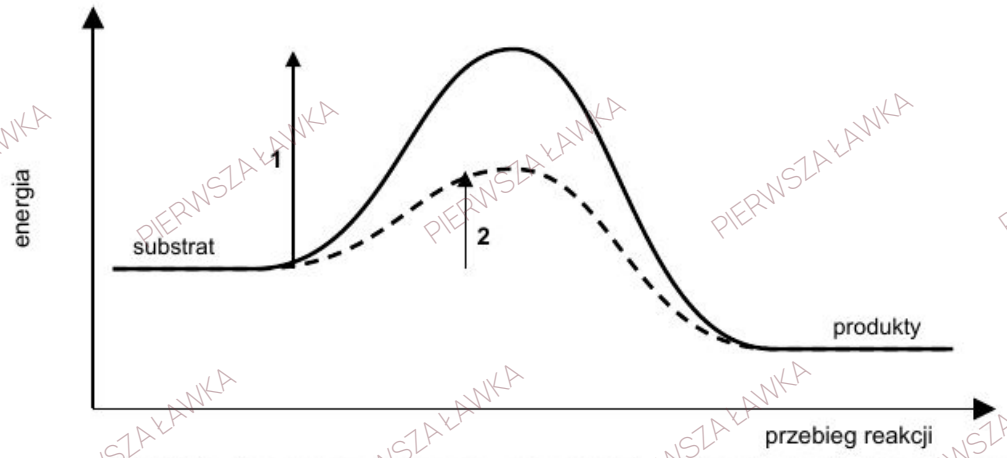
- **Pułapka:** ATP nie jest magazynem energii. Komórka ma go niewiele i stale go odtwarza z ADP; magazynami są glikogen, skrobia i tłuszcze. Rola ATP wynika z budowy: łatwo hydrolizowane wiązanie bezwodnikowe, rozpuszczalność w wodzie i rozpoznawanie przez wiele enzymów.
- **III.2.2. NAD^+, FAD, $NADP^+$.** To przenośniki elektronów i protonów (wodoru). W reakcji utleniania substratu forma utleniona przenośnika przyjmuje elektrony i ulega redukcji; forma zredukowana oddaje je w innej reakcji, sama się utlenia i może być użyta ponownie.

Przenośnik	Forma utleniona → zredukowana	Gdzie działa	Pochodzenie
NAD^+	$NAD^+ \rightarrow NADH + H^+$	głównie katabolizm: NAD^+ przyjmuje elektrony w glikolizie i cyklu Krebsa; NADH oddaje je do łańcucha oddechowego	witamina PP (niacyna, B3)
FAD	$FAD \rightarrow FADH_2$	katabolizm: FAD (związany z enzymem) przyjmuje elektrony w cyklu Krebsa i β-oksydacji; $FADH_2$ oddaje je do łańcucha oddechowego	witamina B2 (ryboflawina)
$NADP^+$	$NADP^+ \rightarrow NADPH + H^+$	głównie anabolizm: $NADP^+$ jest redukowany w fazie zależnej od światła; NADPH jest zużywany w cyklu Calvina i w syntezie kwasów tłuszczowych	witamina PP (niacyna, B3)

- **III.3.1–III.3.2. Enzymy.** Biokatalizatory, w większości białka (wyjątek: rybozymy – katalityczne RNA, np. w rybosomie). Kształt i właściwości enzymu wynikają ze struktury przestrzennej (III- i IV-rzędowej) białka.

Pojęcie	Co oznacza
apoenzym	część białkowa enzymu złożonego; decyduje o swoistości
kofaktor	składnik niebiałkowy: jony metali (np. Mg^{2+}, Zn^{2+}, Fe^{2+}) albo cząsteczki organiczne – koenzymy
koenzym / grupa prostetyczna	koenzym luźno związany (np. NAD^+) przenosi grupy lub elektrony między enzymami; grupa prostetyczna jest związana trwale (np. FAD w dehydrogenazie bursztynianowej, hem)
holoenzym	apoenzym + kofaktor – dopiero cały kompleks jest aktywny
centrum aktywne	niewielka część cząsteczki enzymu (kilka–kilkanaście reszt aminokwasów) wiążąca substrat; jego kształt i ładunki decydują o swoistości
miejsce allosteryczne	miejsce poza centrum aktywnym; przyłączenie regulatora zmienia kształt enzymu i jego aktywność

- **Swoistość substratowa** – enzym wiąże tylko substrat (lub grupę podobnych substratów) dopasowany kształtem i rozkładem ładunków do centrum aktywnego. Model *zamka i klucza* zakłada sztywne dopasowanie; model *indukowanego dopasowania* – że centrum aktywne zmienia kształt po związaniu substratu. **Kataliza:** E + S → kompleks ES → E + P. Enzym obniża energię aktywacji, ale nie zmienia bilansu energetycznego reakcji ani położenia równowagi.



linia ciągła – bez enzymu, przerywana – z enzymem; 1 – E_a bez enzymu, 2 – E_a z enzymem

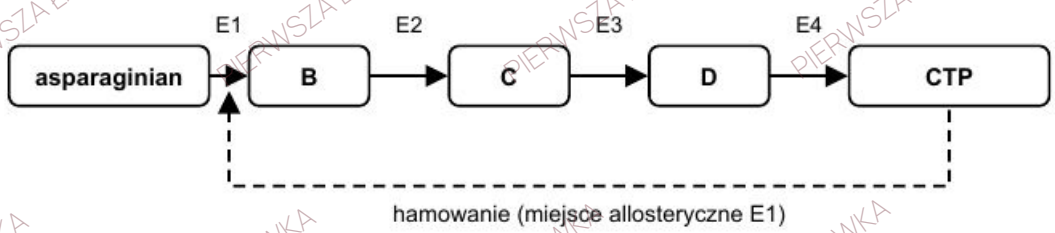
Enzym obniża energię aktywacji (E_a); energia substratu i produktów się nie zmienia (rysunek własny).

- **III.3.3. Regulacja aktywności.** *Aktywacja*: odcięcie fragmentu proenzymu (pepsynogen → pepsyna w kwasowym środowisku żołądka; trypsynogen → trypsyna pod wpływem enteropeptydazy), przyłączenie kofaktora lub aktywatora allosterycznego, fosforylacja. *Inhibicja* odwracalna (kompetycyjna, niekompetycyjna) lub nieodwracalna (trwałe uszkodzenie enzymu, np. przez jony metali ciężkich).

Cecha	Inhibicja kompetycyjna	Inhibicja niekompetycyjna
gdzie wiąże się inhibitor	w centrum aktywnym – jest podobny do substratu	poza centrum aktywnym; zmienia kształt centrum aktywnego
czy duże stężenie substratu znosi hamowanie	tak – substrat wypiera inhibitor; maksymalna szybkość reakcji bez zmian	nie – maksymalna szybkość reakcji maleje
przykład	sulfonamidy (leki przeciwbakteryjne) są podobne do kwasu p-aminobenzoesowego (PABA) i konkurują z nim o enzym bakterii, który bierze udział w syntezie kwasu foliowego	substancja przyłączająca się do enzymu poza centrum aktywnym tak, że część cząsteczek enzymu przestaje działać niezależnie od stężenia substratu

- **III.3.4. Ujemne sprzężenie zwrotne.** Produkt końcowy szlaku hamuje allosterycznie pierwszy enzym tego szlaku. Gdy produktu jest dużo, szlak zwalnia; gdy produkt zostaje zużyty, inhibitor odłącza się i synteza rusza. Komórka nie marnuje substratu i energii, a stężenie produktu jest utrzymywane na stałym poziomie.

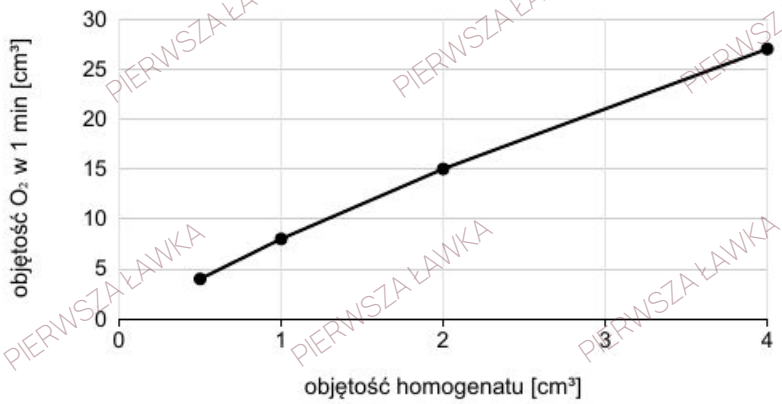
E1 – karbamoilotransferaza asparaginianowa (ATCaza); E2–E4 – kolejne enzymy; B–D – produkty pośrednie



Synteza CTP u pałeczki okrężnicy – schemat uproszczony: CTP hamuje ATCazę (rysunek własny, liczba etapów skrócona).

- **Pułapka:** Hamowany jest pierwszy enzym szlaku, a nie ostatni: gdyby zablokować ostatni, gromadziłyby się produkty pośrednie. W sprzężeniu zwrotnym ujemnym skutek procesu (produkt) osłabia jego przyczynę – nie mylić z regulacją stężenia substratu.

- **III.3.5. Czynniki fizykochemiczne.** *Temperatura*: do optimum szybkość rośnie (więcej zderzeń cząsteczek), powyżej – spada wskutek denaturacji (zmiany struktury przestrzennej, zwykle nieodwracalnej). *pH*: zmienia ładunki reszt aminokwasów w centrum aktywnym; optimum pepsyny ok. 1,5–2, amylazy ślinowej ok. 7, trypsyny ok. 8. *Stężenie substratu*: szybkość rośnie, aż wszystkie cząsteczki enzymu są zajęte (wysycenie, Vmax); dalej ogranicza ją ilość enzymu. *Ilość enzymu*: przy nadmiarze substratu szybkość jest do niej w przybliżeniu proporcjonalna.
- **Pułapka:** Temperatura optymalna to temperatura największej aktywności wyznaczona w szeregu temperatur w szerokim zakresie. Z porównania dwóch temperatur wiadomo tylko, w której enzym działa szybciej (błąd częsty na maturze – sprawozdanie CKE 2025, zad. 4.2).
- **Doświadczenie: Katalaza a ilość enzymu (III.3.5).** *Problem:* Czy ilość katalazy wpływa na szybkość wydzielania tlenu? Materiał: homogenat kiełków fasoli mung przecedzony przez gazę. *Hipoteza:* im więcej homogenatu (enzymu), tym więcej tlenu w tym samym czasie. Do kolby z 0,5; 1; 2 lub 4 cm³ homogenatu (uzupełnionego wodą do 4 cm³) wlewa się 10 cm³ 3% wody utlenionej i przez 1 min zbiera tlen w odwróconym cylindrze z wodą. *Zmienna niezależna:* objętość homogenatu; *zależna:* objętość O_2. **Próba kontrolna:** 4 cm³ homogenatu zagotowanego i ostudzonego. Każda próba trzy razy. Okulary ochronne; unikać kontaktu wody utlenionej z oczami.



Katalaza z kiełków fasoli mung: średnia objętość tlenu w 1 min a objętość homogenatu (opracowanie własne, wyniki przykładowe).

- **Doświadczenie: Proteinaza (pepsyna) a pH (III.3.5).** Jednakowe kostki ściętego białka jaja kurzego umieszcza się w 1% roztworze pepsyny o różnym pH (rozcieńczony HCl lub bufor) i po 24 h w 37 °C waży się je ponownie. Próba kontrolna: kostka w roztworze o tym samym pH bez pepsyny (wyklucza rozpuszczanie białka przez sam kwas). Rękawiczki i okulary – kwas solny, nawet rozcieńczony, drażni skórę i oczy.
- **Statystyka (II.3).** Średnia opisuje typowy wynik, a **odchylenie standardowe** – rozrzut powtórzeń wokół średniej: $\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2 : n]}$ (wzór z karty wybranych wzorów CKE). Małe σ względem średniej oznacza powtarzalne wyniki; jeśli średnie dwóch prób różnią się o mniej niż ich odchylenia, różnica może być przypadkowa. Własne wyniki porównuje się z wartościami podanymi w literaturze (II.4).

Przykłady z rozwiązaniem

Przykład 1. Wykaż związek budowy ATP z jego rolą przenośnika energii w komórce. (1 pkt)

Odp.: ATP zawiera dwa wiązania bezwodnikowe między resztami fosforanowymi; hydroliza zewnętrznego wiązania łatwo uwalnia porcję energii (ok. 30 kJ/mol) wystarczającą do napędzenia pojedynczej reakcji, a ADP można szybko ufosforylować z powrotem. **Za co punkt:** cecha budowy (wiązania bezwodnikowe / reszty fosforanowe) + związek z funkcją (łatwe uwalnianie i odtwarzanie energii). **0 pkt:** „ATP magazynuje energię" – brak cechy budowy i fałszywa rola.

ATP, przenośniki i enzymy – ćwiczenia

Ćwiczę umiejętności z działu

ZR KARTA 2/9

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 22 pkt

Ćwiczenia · 22 pkt

Zadanie 1. (0–6 pkt) ..... / 6

Przyporządkuj przemiany do anabolizmu albo katabolizmu.

synteza kwasów tłuszczowych | β-oksydacja kwasów tłuszczowych | cykl Calvina | cykl Krebsa | replikacja DNA | hydroliza białek w lizosomie

anabolizm	katabolizm

Zadanie 2. (0–4 pkt) ..... / 4

Uzupełnij zdania wyrazami z ramki (dwa są zbędne).

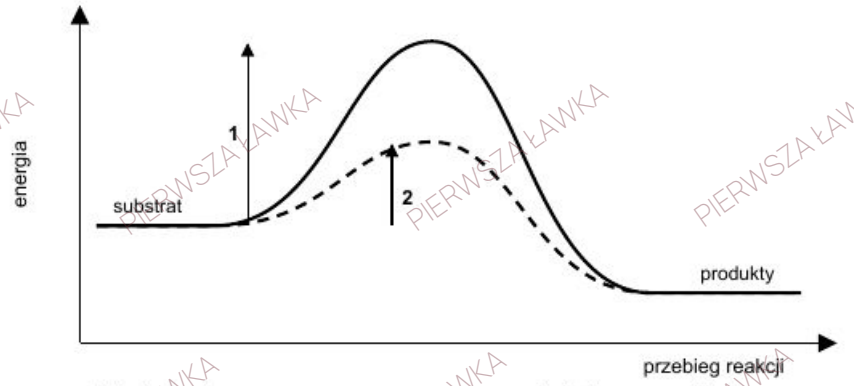
redukcji | utlenieniu | NADPH | NADH | apoenzym | allosteryczne

1. Przenośnik przyjmujący elektrony w reakcji utleniania substratu ulega _____.
2. W fazie zależnej od światła fotosyntezy powstaje zredukowany _____.
3. Białkowa część enzymu złożonego to _____.
4. Miejsce, do którego przyłącza się regulator zmieniający kształt enzymu, to miejsce _____.

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

Na schemacie przedstawiono profil energetyczny reakcji. Na jego podstawie wyjaśnij, na czym polega kataliza enzymatyczna, i podaj, co się nie zmienia po dodaniu enzymu.

Miejsce na odpowiedź



linia ciągła – bez enzymu, przerywana – z enzymem; 1 – E_a bez enzymu, 2 – E_a z enzymem

Zadanie 4. (0–4 pkt) ..... / 4

Oceń prawdziwość zdań o regulacji enzymów.

1. Pepsynogen jest aktywowany w kwasowym środowisku żołądka.	**P**	**F**
2. Hamowanie kompetycyjne można osłabić, zwiększając stężenie substratu.	**P**	**F**
3. Inhibitor niekompetycyjny przyłącza się do centrum aktywnego.	**P**	**F**
4. W ujemnym sprzężeniu zwrotnym produkt końcowy hamuje pierwszy enzym szlaku.	**P**	**F**

Zadanie 5. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, dlaczego w wysokiej gorączce działanie wielu enzymów słabnie, a po schłodzeniu próbki enzymu do 4 °C aktywność wraca po ogrzaniu do 37 °C.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 6. (0–2 pkt) ..... / 2

Porównaj rolę NAD^+ i $NADP^+$ w komórce roślinnej. Podaj po jednym procesie, w którym każdy z nich jest redukowany.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 7. (0–2 pkt) ..... / 2

Trzy powtórzenia pomiaru objętości tlenu w próbie z 2 cm^3 homogenatu dały: 13, 15, 17 cm^3. Oblicz średnią i odchylenie standardowe ($\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2 : n]}$; wynik z dokładnością do 0,1).

Miejsce na rozwiązanie

PIERWSZA ŁAWKA

Zadanie 2.2. (0–2 pkt) ..... / 2

Określ typ inhibicji wywołanej przez sulfonamid. Uzasadnij odpowiedź, odwołując się do tekstu i wykresu.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 2.3. (0–1 pkt) ..... / 1

Która zmiana warunków najsilniej osłabi hamujące działanie sulfonamidu przy stałej jego ilości?

A. dodanie produktu reakcji

B. zmniejszenie ilości enzymu

C. zwiększenie stężenia PABA

D. obniżenie temperatury o 10 °C

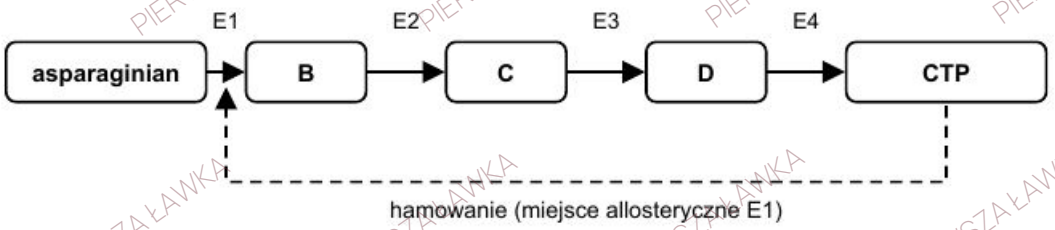
Zadanie 3. (0–4 pkt)

Wykonaj polecenia 3.1–3.3 na podstawie schematu i tekstu.

Synteza CTP u pałeczki okrężnicy

Pałeczka okrężnicy (*Escherichia coli*) wytwarza nukleotyd pirymidynowy CTP w szlaku, który zaczyna enzym karbamoilotransferaza asparaginianowa (ATCaza). CTP przyłącza się do ATCazy poza jej centrum aktywnym i zmniejsza jej aktywność. Natomiast ATP – nukleotyd purynowy – przyłączony w tym samym rejonie enzymu zwiększa aktywność ATCazy.

E1 – karbamoilotransferaza asparaginianowa (ATCaza); E2–E4 – kolejne enzymy; B–D – produkty pośrednie



Tekst własny na podstawie danych z literatury; schemat uproszczony.

Zadanie 3.1. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, w jaki sposób duże stężenie CTP w komórce ogranicza dalszą syntezę CTP.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 3.2. (0–1 pkt) ..... / 1

Wyjaśnij, jakie znaczenie dla komórki ma to, że ATP aktywuje ATCazę.

Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

Sprawdzian: ATP, przenośniki i enzymy – grupa A

45 minut · 20 pkt

ZR KARTA 8/9

Imię i nazwisko: ..... Klasa: ..... Data: ..... Wynik: ..... / 20 pkt

Sprawdzian · 45 minut · 20 pkt

Zadanie 1. (0–1 pkt) ..... / 1

Która cecha budowy ATP wiąże się bezpośrednio z jego rolą przenośnika energii?

A. obecność deoksyrybozy zamiast rybozy

B. trwałe połączenie z białkiem enzymu

C. obecność zasady azotowej tyminy

D. łatwo hydrolizowane wiązania bezwodnikowe między resztami fosforanowymi

Zadanie 2. (0–1 pkt) ..... / 1

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących enzymów.

1. Sam apoenzym, bez kofaktora, jest zwykle nieaktywny.	P	F
2. Rybozymy są enzymami zbudowanymi z RNA.	P	F
3. Centrum aktywne enzymu wiąże każdy związek o takim samym ładunku jak substrat, niezależnie od jego kształtu.	P	F

Zadanie 3. (0–2 pkt) ..... / 2

Przyporządkuj przenośnik do procesu, w którym jest redukowany.

glikoliza faza zależna od światła cykl Krebsa

NAD⁺	NADP⁺

Zadanie 4. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij różnicę między szlakiem a cyklem metabolicznym na przykładzie glikolizy i cyklu Krebsa.

Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

Zadanie 7. (0–3 pkt) ..... / 3

Uczniowie chcą zbadać wpływ pH na aktywność proteinazy – pepsyny (1% roztwór pepsyny, kostki ściętego białka jaja po 1 g, roztwory o pH 2, 4, 6 i 8, 37 °C, ważenie po 24 h). Sformułuj (1) problem badawczy, (2) hipotezę, (3) opis próby kontrolnej.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 8. (0–2 pkt) ..... / 2

Ubytek masy kostek białka [%] w trzech powtórzeniach w pH 3 wyniósł: 18, 22, 20. Oblicz średnią i odchylenie standardowe ($\sigma = \sqrt{[\Sigma(x - \bar{x})^2 : n]}$; wynik z dokładnością do 0,1).

Miejsce na rozwiązanie

Zadanie 9. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij znaczenie $NADP^+$ w fotosyntezie.

Miejsce na odpowiedź

Zadanie 10. (0–2 pkt) ..... / 2

Wyjaśnij, dlaczego enzymy ryb żyjących w bardzo zimnych morzach działają sprawnie w ok. 0 °C, a enzymy człowieka w tej temperaturze – bardzo wolno. Odwołaj się do budowy białka.

Miejsce na odpowiedź

PIERWSZA ŁAWKA

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Metabolizm: ATP, przenośniki i enzymy – kartkówki, sprawdzian i karty pracy z powtórką, biologia, klasa 1 LO i technikum (zakres rozszerzony)

Podgląd pokazał 11 z 34 stron. Pełna wersja: 34 stron A4, PDF do druku i DOCX do edycji.

- Karta 1: ATP, przenośniki i enzymy – najważniejsze wiadomości – 3 zadania, 9 pkt
- Karta 2: ATP, przenośniki i enzymy – ćwiczenia – 7 zadań, 22 pkt
- Karta 3: ATP, przenośniki i enzymy – zadania typu maturalnego – 5 zadań, 15 pkt
- Karta 4: Kartkówka 1: szlaki i cykle, ATP i przenośniki – grupa A – 5 zadań, 8 pkt
- Karta 5: Kartkówka 1: szlaki i cykle, ATP i przenośniki – grupa B – 5 zadań, 8 pkt
- Karta 6: Kartkówka 2: budowa, działanie i regulacja enzymów – grupa A – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 7: Kartkówka 2: budowa, działanie i regulacja enzymów – grupa B – 4 zadania, 6 pkt
- Karta 8: Sprawdzian: ATP, przenośniki i enzymy – grupa A – 10 zadań, 20 pkt
- Karta 9: Sprawdzian: ATP, przenośniki i enzymy – grupa B – 10 zadań, 20 pkt Karta 1 to teoria z przykładami i wzorcowymi odpowiedziami, karta 2 – ćwiczenia, karta 3 – zadania typu

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/biologia-liceum-klasa-1-zr-dzial-04-metabolizm-atp-przenosniki-i-enzymy