ROZDZIAŁ 3

Energia i metabolizm

Zbiór zadań maturalnych z biologii · poziom rozszerzony · matura 2027

W tym rozdziale

Zakres	III. Energia i metabolizm: metabolizm, przenośniki energii i elektronów, enzymy, fotosynteza, pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie (podstawa programowa, zakres rozszerzony)
R. Repetytorium	Metabolizm, ATP i przenośniki elektronów; Enzymy – budowa, kataliza, regulacja; Fotosynteza – faza zależna od światła; Fotosynteza – faza niezależna od światła (cykl Calvina); Oddychanie tlenowe; Fosforylacja substratowa i fermentacje; Glikogenoliza i glukoneogeneza; ramki „Na maturze" i „Typowe błędy"
A. Zadania wprowadzające	zadania 1–6 · 17 punktów
B. Zadania maturalne	zadania 7–16 · 35 punktów
C. Zadania trudniejsze	zadania 17–20 · 18 punktów
Razem	20 zadań (52 polecenia), 70 punktów
Rozwiązania	osobny plik: klucz do zadań zamkniętych, przykładowe odpowiedzi i zasady oceniania w układzie CKE (z wymaganiami podstawy programowej przy każdym poleceniu)

Jak pracować z rozdziałem

A	Zadania sprawdzające podstawowe pojęcia i procesy działu.
B	Zadania w formule egzaminu maturalnego (Formuła 2023): wiązki do wspólnego materiału, doświadczenia, dane liczbowe.
C	Zadania wymagające łączenia wiadomości i analizy złożonych danych.
Pomoce	Jak na maturze: *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, linijka, kalkulator prosty.

Opracowanie własne „Pierwsza Ławka". Zakres zgodny z podstawą programową kształcenia ogólnego – biologia, zakres rozszerzony (Dz.U. 2024 poz. 1019) i z Informatorem o egzaminie maturalnym z biologii od roku szkolnego 2024/2025. Zbiór nie jest materiałem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Typy zadań i zasady oceniania wzorowane na egzaminie maturalnym CKE.

Podgląd • Pierwsza Ławka

R Repetytorium

Metabolizm, ATP i przenośniki elektronów

- **Szlak metaboliczny** – ciąg reakcji katalizowanych przez kolejne enzymy, w którym produkt jednej reakcji jest substratem następnej (np. glikoliza, glukoneogeneza). **Cykl metaboliczny** – szlak, którego ostatni etap odtwarza związek wchodzący w pierwszą reakcję (cykl Krebsa – szczawiooctan, cykl Calvina – RuBP).
- **Anabolizm** – synteza związków złożonych z prostszych, reakcje endoergiczne, zwykle redukcje (np. cykl Calvina, glukoneogeneza, synteza glikogenu). **Katabolizm** – rozkład związków złożonych, reakcje egzoergiczne, zwykle utlenianie (glikoliza, cykl Krebsa, fermentacje). Łączą je ATP i przenośniki elektronów: katabolizm je „ładuje", anabolizm zużywa, a produkty jednego są substratami drugiego.
- **ATP** – nukleotyd: adenina + ryboza + trzy reszty fosforanowe połączone wiązaniami bezwodnikowymi (wysokoenergetycznymi). Hydroliza ATP → ADP + P_i jest egzoergiczna i napędza reakcje endoergiczne, transport aktywny, ruch. ATP jest *przenośnikiem* energii (magazynami energii są glikogen, skrobia, tłuszcze).

Przenośnik	Forma zredukowana	Gdzie powstaje (przykłady)	Do czego służy
NAD^+	$NADH + H^+$	glikoliza, reakcja pomostowa, cykl Krebsa	oddaje elektrony do łańcucha oddechowego; w fermentacji redukuje pirogronian lub aldehyd octowy
FAD	$FADH_2$	cykl Krebsa (utlenianie bursztynianu)	oddaje elektrony do łańcucha oddechowego
$NADP^+$	$NADPH + H^+$	faza zależna od światła (PS I, reduktaza $NADP^+$)	reduktor w syntezach, m.in. w cyklu Calvina (redukcja PGA)

Podgląd • Pierwsza Ławka

Enzymy – budowa, kataliza, regulacja

- Większość enzymów to białka. **Holoenzym** = apoenzym (część białkowa) + kofaktor: jon metalu albo związek organiczny – **koenzym** (luźno związany, np. NAD^+) lub **grupa prostetyczna** (trwale związana, np. FAD w dehydrogenazie bursztynianowej). **Centrum aktywne** tworzy kilka reszt aminokwasowych zbliżonych dzięki strukturze III-rzędowej.
- Kataliza: enzym tworzy z substratem kompleks E–S, **obniża energię aktywacji**, nie zmienia bilansu energetycznego reakcji ani położenia równowagi, wychodzi z reakcji niezmieniony. **Swoistość substratowa** wynika z dopasowania kształtu i ładunków centrum aktywnego do substratu (model indukowanego dopasowania).
- **Regulacja:** inhibitor kompetycyjny – podobny do substratu, wiąże się w centrum aktywnym; jego działanie znosi duże stężenie substratu. Inhibitor niekompetycyjny – wiąże się poza centrum aktywnym, obniża V_{max}. Enzymy allosteryczne mają miejsca regulatorowe dla aktywatorów i inhibitorów. Inhibicja nieodwracalna – trwałe (często kowalencyjne) zablokowanie enzymu.
- **Ujemne sprzężenie zwrotne:** produkt końcowy szlaku hamuje (zwykle allosterycznie) enzym jednego z pierwszych etapów; gdy produktu ubywa – hamowanie ustępuje.
- **Czynniki:** temperatura (wzrost – szybsze zderzenia; powyżej optimum – denaturacja i zmiana kształtu centrum aktywnego), pH (zmiana jonizacji reszt aminokwasów), stężenie substratu (wzrost szybkości aż do wysycenia centrów aktywnych – V_{max}).

Fotosynteza – faza zależna od światła

- **Chloroplast:** otoczka z dwóch błon; **tylakoidy** (grana) – barwniki, fotosystemy, łańcuch transportu elektronów, syntaza ATP; **stroma** – enzymy cyklu Calvina (RuBisCO), DNA, rybosomy 70S. Duża powierzchnia błon tylakoidów = dużo fotosystemów.
- **Barwniki:** chlorofil a (centra reakcji), chlorofil b i karotenoidy (barwniki antenowe – poszerzają zakres pochłanianego światła, karotenoidy chronią też przed uszkodzeniami fotooksydacyjnymi). Antena przekazuje energię wzbudzenia do **centrum reakcji** – pary cząsteczek chlorofilu a: P680 (PS II) i P700 (PS I).
- **Fotofosforylacja niecykliczna:** H_2O → PS II → plastochinon (PQ) → kompleks cytochromów b_6f → plastocyjanina (PC) → PS I → ferredoksyna (Fd) → reduktaza $NADP^+$ → NADPH. Fotoliza wody uzupełnia elektrony $P680^+$ i uwalnia O_2 oraz H^+ do wnętrza tylakoidu.
- **Chemiosmoza:** transport elektronów przez kompleks b_6f wpompowuje H^+ ze stromy do wnętrza tylakoidu; powstaje gradient H^+ (pH wnętrza ok. 5, stromy ok. 8). H^+ wracają do stromy przez syntazę ATP, której część katalityczna jest zwrócona do stromy – tam powstaje ATP.
- Produkty fazy: ATP i NADPH (**siła asymilacyjna**) oraz O_2 (produkt uboczny).

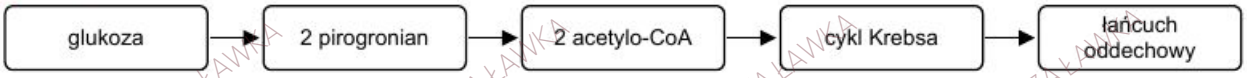
Podgląd • Pierwsza Ławka

Fotosynteza – faza niezależna od światła (cykl Calvina)

Etap	Co zachodzi	Udział siły asymilacyjnej
karboksylacja	RuBisCO przyłącza CO_2 do RuBP (C5); powstają 2 cząsteczki PGA (C3)	–
redukcja	PGA → aldehyd 3-fosfoglicerynowy (triozofosforan)	ATP i NADPH
regeneracja	z 5 cząsteczek triozofosforanu odtwarzane są 3 cząsteczki RuBP	ATP

- Na 1 cząsteczkę CO_2 zużywane są 3 ATP i 2 NADPH. Z 6 obrotów cyklu (6 CO_2) powstaje nadwyżka triozofosforanów odpowiadająca jednej heksozie.
- Substraty fazy zależnej od światła: H_2O, ADP, P_i, $NADP^+$; produkty: O_2, ATP, NADPH. Substraty cyklu Calvina: CO_2, ATP, NADPH; produkty: triozofosforany (→ glukoza, sacharoza, skrobia), ADP, P_i, $NADP^+$ – wracają do fazy zależnej od światła.

Oddychanie tlenowe



Etap	Miejsce	Bilans na 1 cząsteczkę glukozy
glikoliza	cytozol	2 pirogronian, 2 ATP netto (fosforylacja substratowa), 2 NADH
reakcja pomostowa (oksydacyjna dekarboksylacja pirogronianu)	macierz mitochondrium	2 acetylo-CoA, 2 CO_2, 2 NADH
cykl Krebsa	macierz mitochondrium	4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$, 2 ATP (GTP) – fosforylacja substratowa
łańcuch oddechowy i fosforylacja oksydacyjna	wewnętrzna błona mitochondrium (grzebienie)	O_2 → H_2O; większość ATP

- **Chemiosmoza w mitochondrium:** elektrony z NADH i $FADH_2$ płyną przez kompleksy łańcucha oddechowego do O_2 (ostateczny akceptor); energia tego przepływu służy do pompowania H^+ z macierzy do przestrzeni międzybłonowej. Powrót H^+ do macierzy przez syntazę ATP napędza syntezę ATP. Szybkość oddychania jest sprzężona z syntezą ATP.
- Teoretyczny zysk: ok. 30–32 ATP z 1 cząsteczki glukozy (zależnie od sposobu przenoszenia NADH z cytozolu do mitochondrium); fermentacja – 2 ATP.

Podgląd • Pierwsza Ławka

Fosforylacja substratowa i fermentacje

- **Fosforylacja substratowa** – przeniesienie reszty fosforanowej z wysokoenergetycznego związku pośredniego na ADP przez enzym (glikoliza, cykl Krebsa); nie wymaga błon ani gradientu H^+, zachodzi też bez tlenu. **Fosforylacja oksydacyjna** i **fotofosforylacja** – synteza ATP przez syntazę ATP napędzaną gradientem H^+.

	Fermentacja alkoholowa	Fermentacja mleczanowa	Oddychanie tlenowe
Przemiana pirogronianu	dekarboksylacja do aldehydu octowego, redukcja do etanolu	redukcja do mleczanu	oksydacyjna dekarboksylacja do acetylo-CoA → cykl Krebsa
Akceptor elektronów z NADH	aldehyd octowy	pirogronian	O_2 (przez łańcuch oddechowy)
CO_2	tak	nie	tak
ATP z glukozy	2	2	ok. 30–32

- Fermentacja służy **regeneracji NAD^+**, bez którego glikoliza stanęłaby. Zysk jest mały, bo produkt (etanol, mleczan) jest nadal bogaty w energię – glukoza nie zostaje utleniona do CO_2.

Glikogenoliza i glukoneogeneza

- **Glikogenoliza** – fosforoliza glikogenu do glukozo-1-fosforanu (→ glukozo-6-fosforan). W wątrobie glukozo-6-fosfataza uwalnia glukozę do krwi; mięśnie nie mają tego enzymu, więc ich glikogen zasila tylko własną glikolizę.
- **Glukoneogeneza** (głównie wątroba, też nerki) – synteza glukozy z mleczanu, glicerolu, aminokwasów glukogennych; nie jest prostym odwróceniem glikolizy (nieodwracalne etapy glikolizy omijają inne enzymy) i zużywa energię (6 ATP/GTP na cząsteczkę glukozy z 2 pirogronianów).
- Oba procesy w wątrobie utrzymują stężenie glukozy we krwi między posiłkami (pobudza je glukagon, hamuje insulina); glukoza z krwi zasila glikolizę w mięśniach i mózgu. **Cykl Corego:** mleczan z pracujących mięśni → wątroba → glukoza → mięśnie.

Na maturze

- Polecenia z tego działu to najczęściej „Wyjaśnij…, uwzględniając…”, „Wykaż, że…”, „Określ… i uzasadnij”. Zasady oceniania wymagają **całego łańcucha przyczynowo-skutkowego**: np. w chemiosmozie – skąd i dokąd są pompowane H^+, że powstaje gradient i że H^+ wracają przez syntazę ATP. Sam termin „chemiosmoza” nie daje punktu.
- W zadaniach o temperaturze i pH klucz uznaje „zmiana struktury przestrzennej enzymu / centrum aktywnego” albo „denaturacja”. Nie uznaje „enzym ginie”, „enzym się rozpuszcza”, „białko się ścina” bez odniesienia do centrum aktywnego.
- „Temperaturę optymalną” wolno wskazać tylko wtedy, gdy zbadano szereg temperatur po obu stronach maksimum – i zawsze jako przedział między sąsiednimi pomiarami.
- Gdy polecenie dotyczy siły asymilacyjnej, trzeba podać, w którym etapie cyklu Calvina zużywane są ATP i NADPH (redukcja, a ATP także regeneracja RuBP).
- W obliczeniach (średnia, odchylenie standardowe, bilans ATP) zapisz tok obliczeń i jednostkę; odchylenie standardowe liczy się ze wzoru z karty CKE (dzielenie przez n).

Podgląd • Pierwsza Ławka

Typowe błędy

Tak traci się punkty	Tak jest dobrze	Dlaczego
Proteinaza „rozplata" białko albo niszczy jego strukturę IV-rzędową.	Proteinaza hydrolizuje wiązania peptydowe – rozkłada łańcuch polipeptydowy na krótsze peptydy i aminokwasy.	Enzym proteolityczny niszczy strukturę I-rzędową; utrata kształtu cząsteczki jest skutkiem, a nie mechanizmem.
„Optymalna temperatura enzymu to 20 °C", choć porównano tylko 5 °C i 20 °C.	„W 20 °C enzym był bardziej aktywny niż w 5 °C".	Optimum można wskazać dopiero po zbadaniu szeregu temperatur – wniosek nie może wykraczać poza dane.
„Reakcja nie zużywa energii, bo zachodzi z udziałem ATP".	„Reakcja jest endoergiczna – napędza ją hydroliza ATP".	ATP dostarcza energii przez hydrolizę; obecność ATP wśród substratów oznacza koszt energetyczny.
„NADPH jest zużywany w regeneracji RuBP".	NADPH (i ATP) są zużywane w redukcji PGA do triozofosforanu; w regeneracji RuBP zużywany jest tylko ATP.	NADPH jest reduktorem – potrzebny tam, gdzie zachodzi redukcja (PGA → triozofosforan), a regeneracja RuBP to przegrupowania cukrów i fosforylacja.
„Po wniknięciu do hepatocytu glukoza ulega fosforylacji, czyli rozkładowi".	„Fosforylacja glukozy do glukozo-6-fosforanu to przyłączenie reszty fosforanowej kosztem ATP; zatrzymuje glukozę w komórce i podtrzymuje gradient stężenia umożliwiający jej dyfuzję wspomaganą do komórki".	Przyłączenie reszty fosforanowej nie rozkłada cząsteczki glukozy – to pierwsza reakcja glikolizy, ale sama w sobie nie jest rozpadem cząsteczki.
„Fermentacja jest potrzebna, bo wytwarza ATP".	„Fermentacja regeneruje NAD^+ potrzebny w glikolizie, w której powstaje ATP".	W przemianie pirogronianu w etanol lub mleczan nie powstaje ATP.

A Zadania wprowadzające

Zadanie 1. (0–2)

W komórkach organizmów zachodzą setki reakcji chemicznych uporządkowanych w szlaki i cykle metaboliczne. Poniżej wymieniono wybrane procesy zachodzące w komórkach roślin i zwierząt.

Zadanie 1.1. (0–1)

Przyporządkuj każdemu procesowi (1–5) jego typ (A albo B). Wpisz oznaczenia literowe w wyznaczonych miejscach.

A. proces anaboliczny

B. proces kataboliczny

1.	redukcja CO_2 do triozofosforanu w stromie chloroplastu	.....
2.	fermentacja mleczanowa w mięśniu szkieletowym	.....
3.	synteza skrobi w amyloplastach bulwy ziemniaka	.....
4.	glikogenoliza w komórkach mięśnia	.....
5.	glukoneogeneza w komórkach wątroby	.....

Podgląd • Pierwsza Ławka

Zadanie 1.2. (0–1)

Spośród procesów: *glikoliza, cykl Krebsa, glukoneogeneza, cykl Calvina* wybierz dwa, które są cyklami metabolicznymi. Uzasadnij wybór, odnosząc się do przebiegu każdego z nich.

.....

.....

.....

.....

Zadanie 2. (0–5)

Organizm dorosłego człowieka zawiera w danej chwili ok. 250 g ATP. Szacuje się, że w spoczynku hydrolizuje on i odtwarza w ciągu doby ok. 50 kg ATP.

Zadanie 2.1. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących budowy i funkcji ATP. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Cząsteczka ATP jest nukleotydem zawierającym rybozę i adeninę.	**P**	**F**
2.	Reszty fosforanowe w cząsteczce ATP są połączone ze sobą wiązaniami bezwodnikowymi, których hydroliza uwalnia dużo energii.	**P**	**F**
3.	Hydroliza ATP do ADP i fosforanu nieorganicznego jest reakcją endoergiczną.	**P**	**F**

Zadanie 2.2. (0–2)

Oblicz, ile razy w ciągu doby jest średnio odtwarzana każda cząsteczka ATP w organizmie człowieka. Zapisz obliczenia. Na podstawie wyniku wyjaśnij, dlaczego ATP nazywa się przenośnikiem, a nie magazynem energii.

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 2.3. (0–2)

Uzupełnij tabelę – dla każdego przenośnika podaj jeden proces, w którym powstaje jego forma zredukowana, oraz jeden proces, w którym ta forma jest utleniana.

Przenośnik	Proces, w którym powstaje forma zredukowana	Proces, w którym forma zredukowana jest utleniana
NAD^+		
FAD		
$NADP^+$		

Podgląd • Pierwsza Ławka

Zadanie 3. (0–3)

Dehydrogenaza bursztynianowa jest enzymem cyklu Krebsa wbudowanym w wewnętrzną błonę mitochondrium. Katalizuje utlenianie bursztynianu do fumaranu. Elektrony odebrane od substratu przejmuje cząsteczka FAD trwale (kowalencyjnie) związana z częścią białkową enzymu, a następnie przekazuje je do łańcucha oddechowego.

Zadanie 3.1. (0–1)

Uzupełnij zdania dotyczące budowy dehydrogenazy bursztynianowej. Podkreśl w każdym nawiasie właściwe określenie.

Część białkowa enzymu to (apoenzym / koenzym), a FAD, ze względu na trwałe związanie z białkiem, jest (grupą prostetyczną / koenzymem luźno związanym).

Miejsce wiązania bursztynianu – centrum aktywne – tworzą reszty aminokwasów, które w łańcuchu polipeptydowym mogą leżeć daleko od siebie, a zbliża je struktura (I-rzędowa / III-rzędowa) białka.

Zadanie 3.2. (0–1)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących katalizy enzymatycznej. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F – jeśli jest fałszywe.

1.	Enzym zwiększa szybkość reakcji, ponieważ obniża jej energię aktywacji.	**P**	**F**
2.	Enzym zmienia ilość energii uwalnianej w katalizowanej reakcji.	**P**	**F**
3.	Po zakończeniu reakcji enzym zostaje uwolniony z kompleksu enzym–substrat w niezmienionej postaci i może katalizować kolejną reakcję.	**P**	**F**

Zadanie 3.3. (0–1)

Dokończ zdanie. Zaznacz właściwą odpowiedź spośród podanych.

Malonian ma budowę bardzo podobną do bursztynianu, ale nie może zostać utleniony przez dehydrogenazę bursztynianową. W obecności malonianu (stałe stężenie) szybkość utleniania bursztynianu przez zawiesinę mitochondriów zmniejszała się o 70% przy stężeniu bursztynianu 1 mmol/dm³, a o 15% – przy stężeniu 20 mmol/dm³. Na tej podstawie można stwierdzić, że malonian jest

A. inhibitorem nieodwracalnym, który trwale niszczy centrum aktywne enzymu.

B. inhibitorem allosterycznym, który wiąże się z miejscem regulatorowym enzymu.

C. inhibitorem kompetycyjnym, który wiąże się z centrum aktywnym enzymu.

D. inhibitorem niekompetycyjnym, który wiąże się poza centrum aktywnym i obniża V_{max}.

Podgląd • Pierwsza Ławka

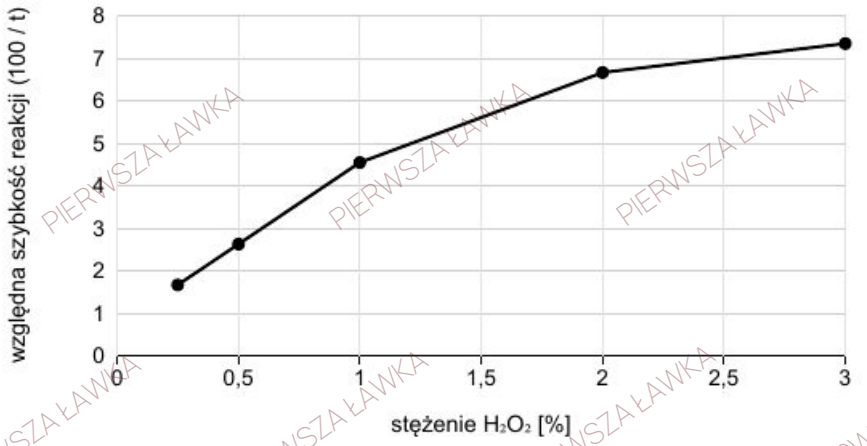
B Zadania maturalne

Zadanie 7. (0–6)

Uczniowie zbadali aktywność katalazy – enzymu rozkładającego nadtlenek wodoru do wody i tlenu – w ekstrakcie z owocników pieczarki. Krążki bibuły o średnicy 6 mm nasączali ekstraktem i wrzucali do zlewek z 30 cm^3 roztworu H_2O_2 o różnym stężeniu (temperatura 22 °C). Krążek opadał na dno, a następnie – gdy przylgnęły do niego pęcherzyki tlenu – wypływał na powierzchnię. Mierzono czas *t* od wrzucenia krążka do jego wypłynięcia. Dla każdego stężenia wykonano pięć pomiarów.

Dodatkowo do 3-procentowego roztworu H_2O_2 wrzucano: krążki nasączone ekstraktem przegotowanym przez 5 minut oraz krążki nasączone wodą destylowaną. Żaden z tych krążków nie wypłynął w ciągu 300 s.

Stężenie H_2O_2 [%]	Pomiar 1	Pomiar 2	Pomiar 3	Pomiar 4	Pomiar 5	Średni czas [s]
0,25	58	64	61	55	62	60,0
0,5	38	35	41	36	40	38,0
1	21	24	19	23	23	
2	15	13	16	14	17	15,0
3	13	14	12	15	14	13,6



Na podstawie: opracowanie własne – dane przykładowe

Zadanie 7.1. (0–1)

Sformułuj problem badawczy tego doświadczenia.

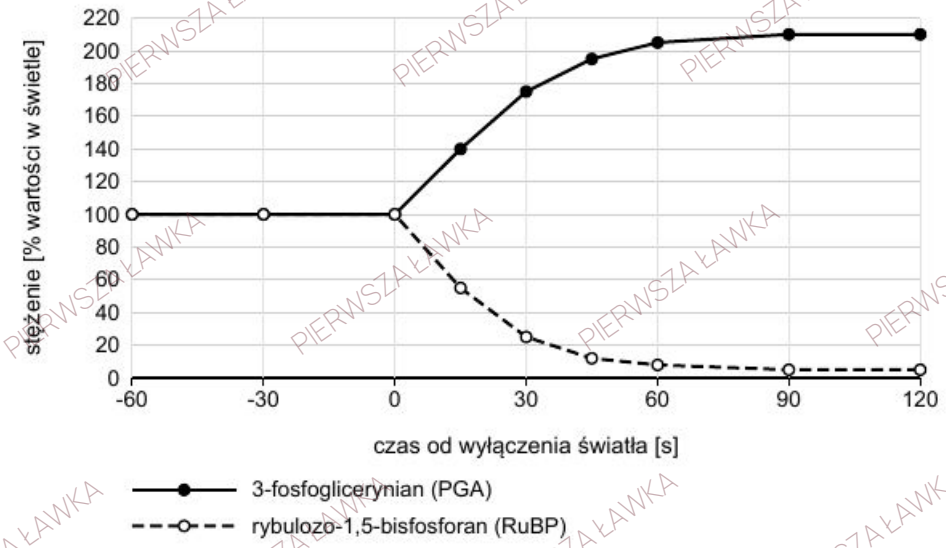
.....

.....

Podgląd • Pierwsza Ławka

Zadanie 14. (0–4)

Zawiesinę jednokomórkowych zielenic oświetlano przez godzinę przy stałym dopływie CO_2, a następnie wyłączono światło (czas 0). Co kilkanaście sekund pobierano próbki i oznaczano w komórkach stężenie 3-fosfoglicerynianu (PGA) i rybulozo-1,5-bisfosforanu (RuBP). Wyniki przedstawiono na wykresie.



Na podstawie: opracowanie własne – dane modelowe

Zadanie 14.1. (0–2)

Wyjaśnij, dlaczego po wyłączeniu światła stężenie PGA w komórkach wzrosło, a stężenie RuBP zmalało. W odpowiedzi uwzględnij rolę siły asymilacyjnej.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zadanie 14.2. (0–1)

Uzupełnij tabelę – wpisz po jednym substracie i po jednym produkcie każdej fazy fotosyntezy, które nie są ATP, ADP, NADPH ani $NADP^+$.

Faza fotosyntezy	Substrat	Produkt
zależna od światła		
niezależna od światła (cykl Calvina)		

Podgląd • Pierwsza Ławka

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Matura 2027 z biologii (poziom rozszerzony) – zbiór zadań, rozdział 3: Energia i metabolizm – repetytorium, zadania i zasady oceniania

Podgląd pokazał 10 z 32 stron. Pełna wersja: 32 stron A4, PDF do druku.

- Zadania (32 strony): repetytorium działu (Metabolizm, ATP i przenośniki elektronów, Enzymy – budowa, kataliza, regulacja, Fotosynteza – faza zależna od światła, Fotosynteza – faza
- Rozwiązania (19 stron): klucz do zadań zamkniętych, przykładowe odpowiedzi do zadań otwartych i zasady oceniania w układzie CKE – za co jest punkt, co się uznaje i czego się nie uz

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail
pierwszalawka.pl/material/biologia-matura-zbior-zadan-rozdzial-03-metabolizm