



Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych

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



Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych

Reakcje cyklu Krebsa przebiegają w mitochondriach organizmów eukariotycznych i w cytoplazmie organizmów prokariotycznych.

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

Cykl Krebsa to jedna z faz oddychania tlenowego, w której dochodzi do całkowitego utlenienia cukrów, aminokwasów i kwasów tłuszczowych do CO_2 i H_2O . Procesy metaboliczne elastycznie dostosowują się do potrzeb organizmu przez aktywację katabolizmu (w celu uwolnienia energii) lub anabolizmu (odpowiedzialnego za wzrost komórek). Cykl Krebsa jest powiązany z obydwoma rodzajami przemian metabolicznych. Przy niedoborze energii, związki chemiczne są do niego wprowadzane, dzięki czemu zachodzi proces oddychania wewnątrzkomórkowego. Gdy natomiast konieczna jest synteza związków chemicznych, wykorzystywane są do tego celu produkty pośrednie cyklu Krebsa.

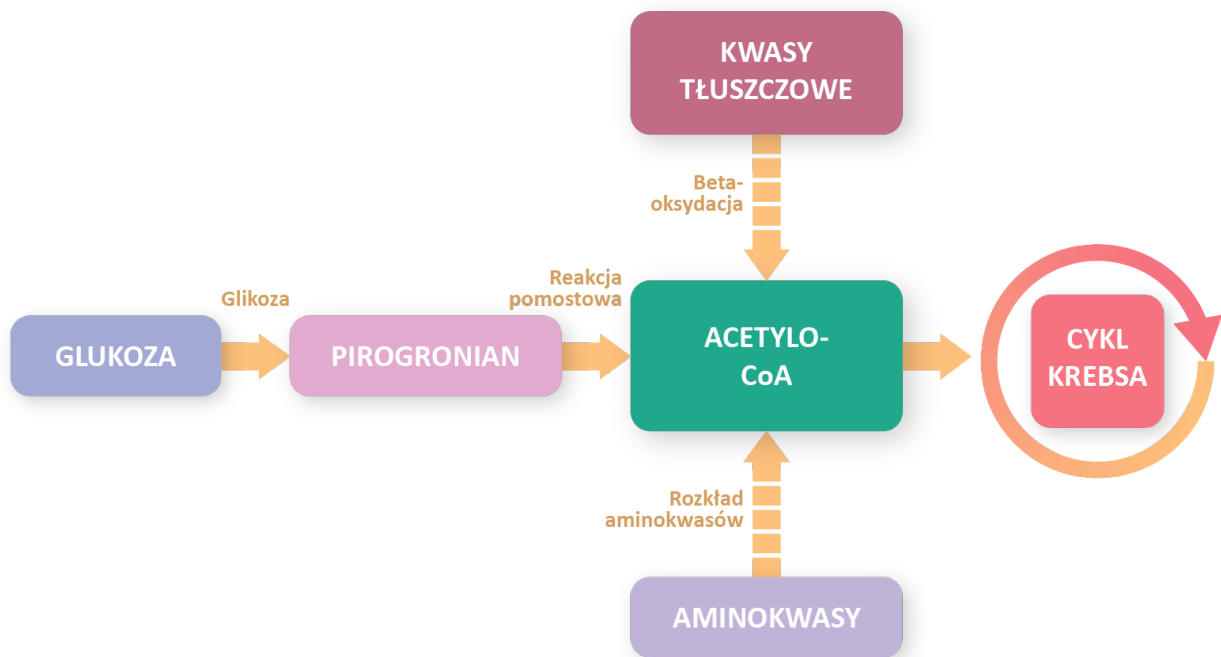
Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polega łączenie procesów metabolicznych przez cykl Krebsa.
- Opiszysz, jakie procesy metaboliczne łączą się z cyklem Krebsa.

Przeczytaj

Podczas pierwszego etapu **oddychania wewnątrzkomórkowego** – glikolizy, dochodzi do utlenienia sześciowęglowej glukozy do dwóch cząsteczek trójwęglowego **pirogonianu**.

Powstający pirogonian zostaje przekształcony w **acetylo-CoA**. Reakcja jego przekształcenia to **oksydacyjna dekarboksylacja**, nazywana **reakcją pomostową**.



Schemat przebiegu reakcji powstawania acetylo-CoA.

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

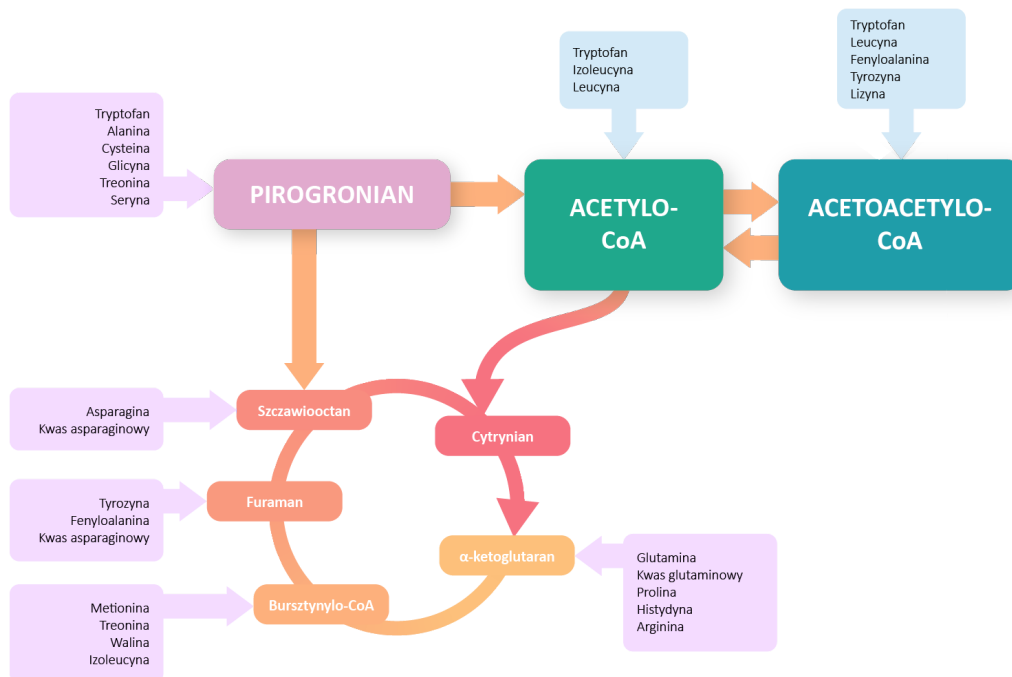
Acetylo-CoA powstaje również podczas **β -oksydacji** kwasów tłuszczowych, zachodzącej w macierzy mitochondrialnej. Ponadto związek ten jest wytwarzany z **aminokwasów ketogennych**.

W komórkach eukariotycznych **cykl Krebsa** zachodzi w macierzy mitochondrialnej i jest inicjowany przez enzym, **dehydrogenazę pirogonianową**. Substrat cyklu Krebsa to **acetylo-CoA**, który łączy się ze szczawiooctanem, dając **cytrynian**. W wyniku szeregu reakcji cytrynian jest przekształcany do szczawiooctanu, a włączona w cykl Krebsa reszta acetylowa zostaje utleniona do dwutlenku węgla.

Dla zainteresowanych

Więcej na temat cyklu Krebsa przeczytasz w lekcji pt. *Etapy i znaczenie cyklu Krebsa w katabolizmie tlenowym cukrów*.

Cykl Krebsa a inne reakcje metaboliczne

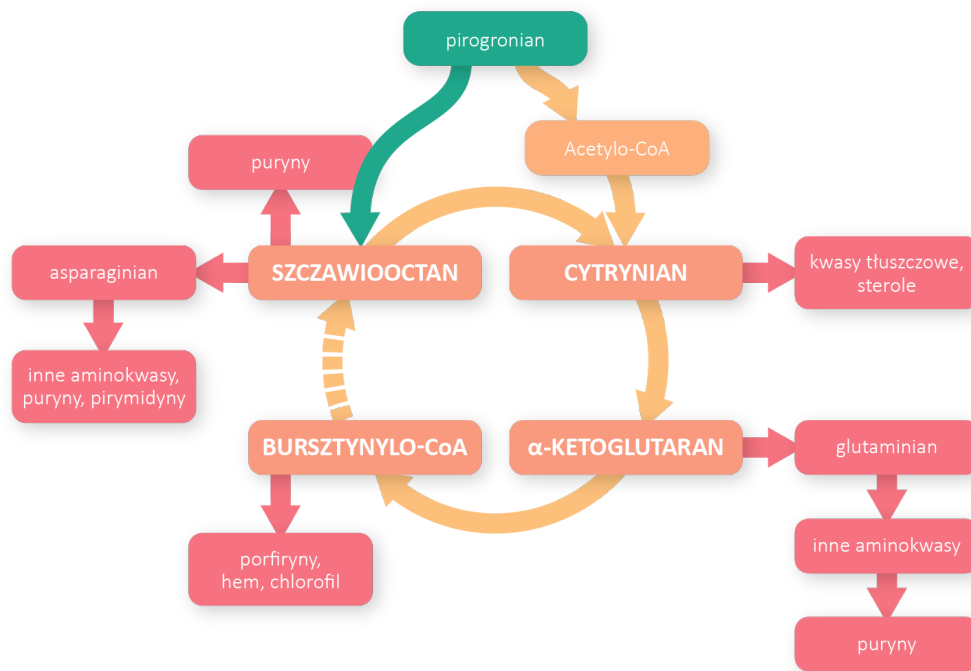


Substraty cyklu Krebsa mogą również powstawać z aminokwasów glukogennych (jasnofioletowe) oraz aminokwasów ketogennych (jasnoniebieskie).

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

Cykl Krebsa jest powiązany z wieloma przemianami metabolicznymi. Związki, biorące w nim udział, mogą być zarówno końcowymi metabolitami szlaków katabolicznych, jak i substratami szlaków anabolicznych. Wykorzystanie tych związków zależy od potrzeb organizmu, który odpowiednio reguluje metabolizm.

Szczawiooctan jest wykorzystywany do syntezy aminokwasów i zasad azotowych (puryn i pirymidyn); **α-ketoglutaran** również umożliwia wytworzenie aminokwasów: w pierwszej kolejności glutaminianu, a pośrednio również puryn, które należą do zasad azotowych. Jest też wykorzystywany do deaminacji aminokwasów. **Bursztynylo-CoA** pełni rolę substratu w syntezie **porfiryne**, **hemu** i **chlorofilu**. Natomiast z **cytrynianu** syntetyzowane są kwasy tłuszczowe i sterole.



Rola cyklu Krebsa w biostyntazach. Produkty pośrednie są zużywane do biosyntezy (strzałki czerwone), kiedy zapotrzebowanie komórki na energię jest zaspokojone. Produkty pośrednie są uzupełniane poprzez powstanie szczawiooctanu z pirogronianu.

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

Powstające w cyklu Krebsa zredukowane nośniki wodorowe **NADH + H⁺** i **FADH₂** są wykorzystywane w [łańcuchu oddechowym](#).

Dla zainteresowanych

Więcej na temat łańcucha oddechowego przeczytasz w lekcji pt. [Fosforylacja oksydacyjna](#).

Słownik

acetylo-CoA

połączenie koenzymu A (organicznego związku chemicznego, pełniącego funkcję przenośnika grup acylowych) z grupą acetylową (grupą funkcyjną, pochodzącą z kwasu octowego)

aminokwasy ketogenne

aminokwasy, które są rozkładane do acetylo-CoA z wytworzeniem acetoocanu – prekursora ciał ketonowych

beta-oksydacja

wieloetapowy rozkład enzymatyczny kwasów tłuszczowych do acetylo-CoA

chlorofil

główny barwnik fotosyntetyczny zlokalizowany w chloroplastach roślin, silnie absorbujący światło widzialne w zakresie fal niebieskich i czerwonych

cykl Krebsa

cykl kwasu cytrynowego; kołowy, wieloetapowy ciąg reakcji enzymatycznych, katalizowanych głównie przez oksydoreduktazy, przebiegający w mitochondriach u organizmów eukariotycznych i w cytoplazmie u organizmów prokariotycznych; u większości organizmów stanowi podstawę oddychania tlenowego; cykl został opisany w 1937 r. przez Hansa A. Krebsa

glikoliza

(ang. *glukoza, lysis* – degradacja) szlak metaboliczny, w którym w wyniku rozkładu jednej cząsteczki glukozy powstają: dwie cząsteczki pirogronianu, dwie cząsteczki ATP, dwie cząsteczki NADH oraz cząsteczka wody

hem

barwnik zwierzęcy, zbudowany z czterech pierścieni pirolowych (połączonych grupami =CH-) i żelaza (Fe^{2+}) przyłączonego do atomów azotu

łańcuch oddechowy

zespół związków chemicznych, wbudowanych w błonę wewnętrzną mitochondrium, które przenoszą elektrony i protony od donora do akceptora; energia przemieszczających się elektronów jest wykorzystywana do transportu aktywnego jonów H^+ z matriks do przestrzeni międzybłonowej mitochondrium

oddychanie komórkowe

utlenianie biologiczne; zachodzące w żywych komórkach procesy rozkładu różnych substancji organicznych, które dostarczają energii niezbędnej do życia; zewnętrznym przejawem oddychania komórkowego jest, u większości organizmów żywych, pobieranie tlenu, wydalanie dwutlenku węgla i wydzielanie ciepła

porfiryne

cykliczny związek organiczny złożony z czterech pierścieni pirolowych, połączonych mostkami metinowymi (=CH-)

reakcja pomostowa

oksydacyjna dekarboksylacja pirogronianu – reakcja odłączania dwutlenku węgla od cząsteczki pirogronianu z jego jednoczesną dehydrogenacją i przyłączeniem powstałej reszty acetylowej do koenzymu A, w wyniku czego tworzy się acetylokoenzym A

Grafika interaktywna

Polecenie 1

Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych.

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

Polecenie 2

Budowa mitochondrium.

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

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

Polecenie 3

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Przyporządkuj podane poniżej pojęcia do odpowiadających im definicji.

Dekarboksylacja

Usuwanie cząsteczki wody ze związku chemicznego.

Dehydratacja

Usuwanie grupy karboksylowej z kwasu organicznego.

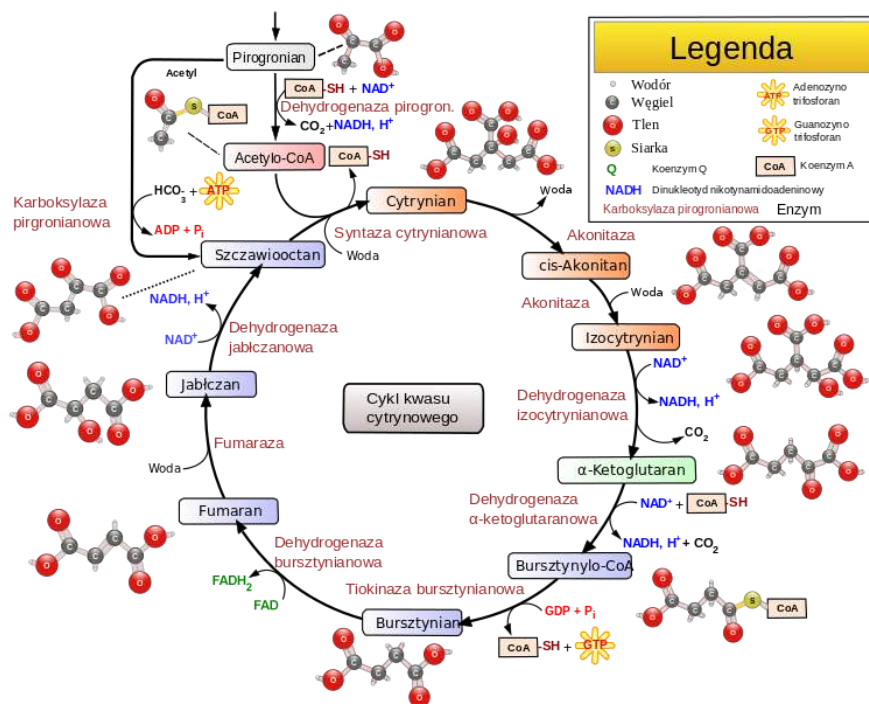
Izomeryzacja

Usuwanie atomów wodoru z cząsteczki.

Dehydrogenacja

Przekształcenie jednego izomeru danego związku w drugi.

Ćwiczenie 2



Schemat cyklu Krebsa, nazywanego także cyklem kwasu cytrynowego.

Źródło: Narayanes, WikiUserPedia, YassineMrabet, TotoBaggins., Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 4.0.

Uszereguj wymienione poniżej związki w kolejności odzwierciedlającej następujące po sobie etapy cyklu Krebsa. Skorzystaj z pomocniczej grafiki zamieszczonej powyżej. Szeregowanie rozpocznij od produktu, do którego syntezy wykorzystany zostaje acetylo-CoA.

Cytrynian C6



Szczawiooctan C4



Fumaran C4



Izocytrynian C6



Bursztynylo-CoA C4



Bursztynian C4



Alfa-ketoglutaran C5



Jabłczan C4



Ćwiczenie 3



W poniższych zdaniach zaznacz rodzaje związków włączanych do cyklu Krebsa.

W postaci acetylo-CoA do cyklu Krebsa są włączane: cukry kwasy tłuszczowe

aminokwasy .

W postaci α -ketokwasów do cyklu Krebsa są włączane: cukry kwasy tłuszczowe

aminokwasy .

Ćwiczenie 4



Wskaż przemiany, które pośrednio lub bezpośrednio związane są z cyklem Krebsa.

metabolizm węglowodanów

fotooddychanie

β -oksydacja kwasów tłuszczowych

metabolizm białek

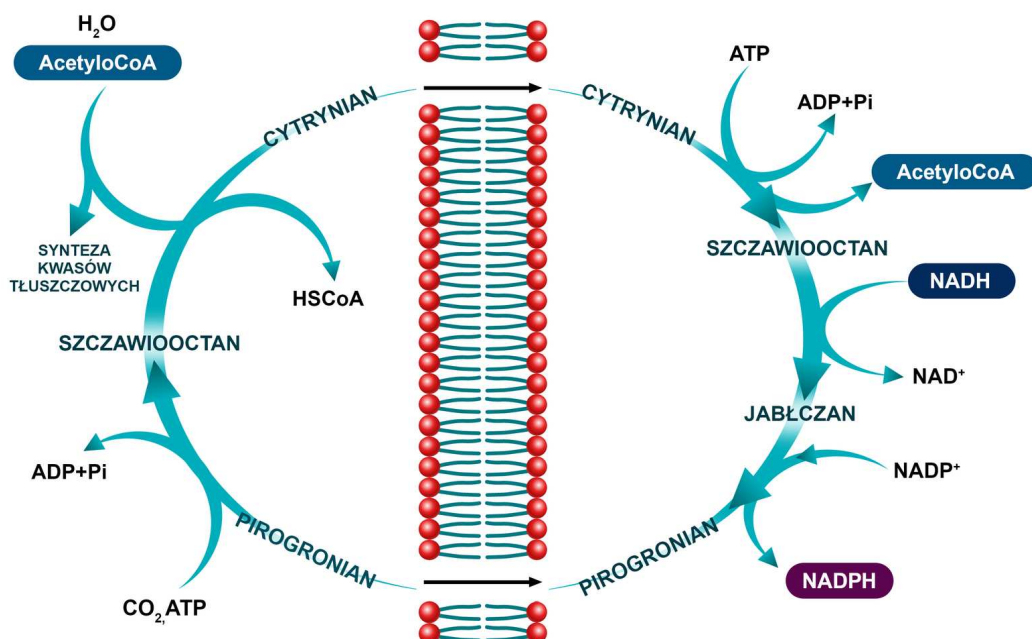
Ćwiczenie 5



Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Cykl Krebsa dostarcza substratów do syntezy aminokwasów, glukoneogenezy i syntezy kwasów tłuszczowych.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Szczególnie dwie witaminy z grupy B mają istotne znaczenie w cyklu Krebsa – ryboflawina (w formie FAD) i niacyna (w formie NAD).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Przemiany metaboliczne węglowodanów, białek i tłuszczów pokarmowych prowadzą do powstania acetylo-CoA, który jest utleniany w cyklu Krebsa.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 6



Biosynteza kwasów tłuszczowych.

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

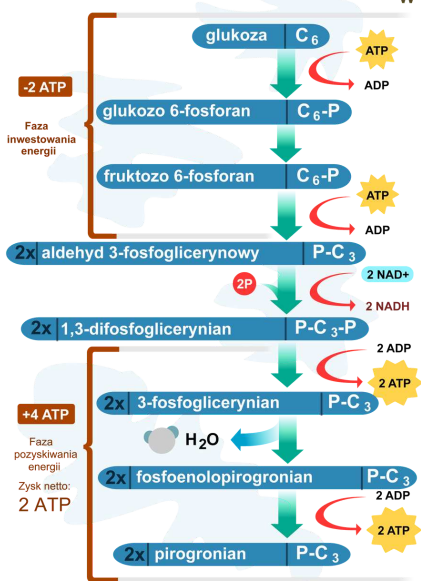
Na podstawie powyższego schematu uzupełnij tekst – zaznacz poprawne sformułowania.

Acetylo-CoA powstaje z pirogronianu ze szczawiooctanu w
 cytozolu komórki mitochondrium . Acetylo-CoA łączy się z jabłczanem
 ze szczawiooctanem . W ten sposób powstaje cytrynian, który transportowany jest do
 cytozolu mitochondrium .

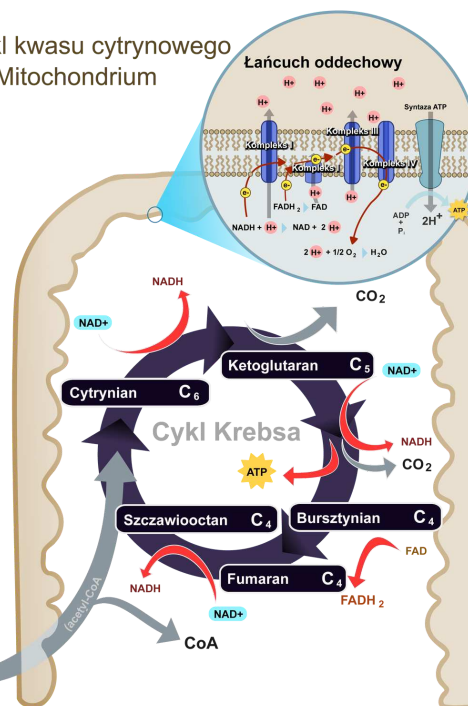
Ćwiczenie 7



Glykoliza w Cytozolu



Cykl kwasu cytrynowego w Mitochondrium



Oddychanie komórkowe.

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

Na podstawie powyższego schematu i własnej wiedzy wyjaśnij, na czym polega rola cyklu Krebsa w przetwarzaniu substratów energetycznych do ATP.

Ćwiczenie 8



Wśród szlaków metabolicznych wyróżnia się szlaki anaboliczne, kataboliczne i amfiboliczne. Te ostatnie działają jako łącznik między szlakami anabolicznymi i katabolicznymi, np. cykl kwasu cytrynowego. Znajomość prawidłowego metabolizmu jest istotnym warunkiem zrozumienia wielu stanów chorobowych (...). Większe zwierzęta potrzebują mniej energii na kilogram masy ciała, mniejsze – więcej. Również dzieci i zwierzęta w okresie wzrostu mają proporcjonalnie większe zapotrzebowanie energetyczne, aby mógł zostać zapewniony zwiększony nakład energetyczny niezbędny do wzrostu (...).

Źródło: „Ilustrowana Biochemia Harpera” Robert K. Murray, Daryl K. Granner, Victor W. Rodwell, wyd. PZWL, Warszawa 2016

Określ, która substancja jest bardziej energetyczna: glukoza czy alanina. Uzasadnij swoją odpowiedź.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

3. Oddychanie komórkowe. Uczeń:

2) określa na podstawie analizy schematu przebiegu glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, substraty i produkty tych procesów;

3) porównuje na podstawie analizy schematu, drogi przemiany pirogronianu jako produktu glikolizy w fermentacji mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;

4) wyjaśnia, dlaczego utlenianie substratu energetycznego w warunkach tlenowych dostarcza więcej energii niż w warunkach beztlenowych;

5) przedstawia na podstawie analizy schematu znaczenie utleniania kwasów tłuszczowych, glukoneogenezy, glikogenolizy w przemianach energetycznych komórki.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Uczeń:

2) analizuje na podstawie schematu przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, wyróżnia substraty i produkty tych procesów;

4) wyjaśnia mechanizm powstawania ATP w procesie chemiosmozy w mitochondriach (fosforylacja oksydacyjna);

5) porównuje drogi przemiany pirogronianu w fermentacji alkoholowej, mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;

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, na czym polega łączenie procesów metabolicznych przez cykl Krebsa.
- Opiszysz, jakie procesy metaboliczne łączą się z cyklem Krebsa.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- gra dydaktyczna;
- analiza tekstu źródłowego;
- mapa pojęć.

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.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych”. Prosi uczestników zajęć o zapoznanie się z tekstem w sekcji „Przeczytaj” i wykonanie ćwiczenia nr 2 (w którym mają za zadanie ułożyć podane związki w kolejności odzwierciedlającej kolejne etapy cyklu Krebsa) w sekcji „Sprawdź się”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat zajęć, nawiązując do zagadnień opisanych w sekcji „Wprowadzenie”. Następnie omawia cele lekcji i ustala razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. Nauczyciel, za pomocą dostępnego w panelu użytkownika raportu, sprawdza, którzy uczniowie zapoznali się z udostępnionym e-materiałem i wykonali zadane ćwiczenie. Jeśli odpowiedzi uczniów bardzo się różnią lub ćwiczenie okazało się trudne, nauczyciel omawia je na forum. Następnie nauczyciel prosi uczniów, by wyjaśnili, dlaczego w temacie e-materiału cykl Krebsa został określony jako zwornik procesów metabolicznych.

Faza realizacyjna:

1. **Praca w parach z treścią e-materiału.** Uczniowie na podstawie przeczytanego tekstu układają dla innych par trzy pytania do quizu na temat przemian metabolicznych, z którymi powiązany jest cykl Krebsa. Nauczyciel wraz z uczniami określa zasady rywalizacji i punktowania dobrych odpowiedzi (np. gra na czas lub na liczbę poprawnych odpowiedzi). Przeprowadzenie gry w klasie. Nauczyciel lub wybrany uczeń dba o prawidłowy przebieg quizu zgodnie z wcześniejszymi ustaleniami. Nauczyciel ogłasza zwycięską parę.
2. **Praca z grafiką interaktywną pt. „Cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych”.** Nauczyciel wyświetla grafikę interaktywną i wspólnie z uczniami dokonuje analizy schematu przedstawiającego cykl Krebsa jako zwornik procesów metabolicznych. Prosi podopiecznych, by pracując w parach, wskazali, jaki typ przemian (anaboliczne czy kataboliczne) poprzedzają cykl Krebsa, oraz podali, jak podczas tych reakcji chemicznych zmienia się (obniża czy podwyższa) energia swobodna produktów w stosunku do energii swobodnej substratów (polecenie nr 1). Następnie uczniowie konsultują swoje rozwiązania z inną, najbliższą siedzącą parą.
3. Uczniowie wykonują w parach polecenia nr 2 (w których mają za zadanie wskazać miejsce przebiegu reakcji cyklu Krebsa w mitochondrium) oraz nr 3 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, w jaki sposób wskazane substraty reakcji są wykorzystywane w mitochondrium do celów energetycznych komórki). Ochotnicy przedstawiają swoje odpowiedzi na forum klasy.

4. Utrwalenie wiedzy i umiejętności. Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie – na podstawie tekstu źródłowego – określić, która substancja jest bardziej energetyczna: glukoza czy alanina) 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.

Faza podsumowująca:

1. Klasa wspólnie wykonuje na tablicy mapę pojęć podsumowującą zajęcia.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 3 do 7 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 grafiki interaktywnej:

- Nauczyciel może wykorzystać grafikę interaktywną na lekcji „Etapy i znaczenie cyklu Krebsa w katabolizmie tlenowym cukrów”.