



Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne

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



Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne

Cukry proste, takie jak glukoza i fruktoza, występują w owocach.

Źródło: N/A, Pixabay, domena publiczna.

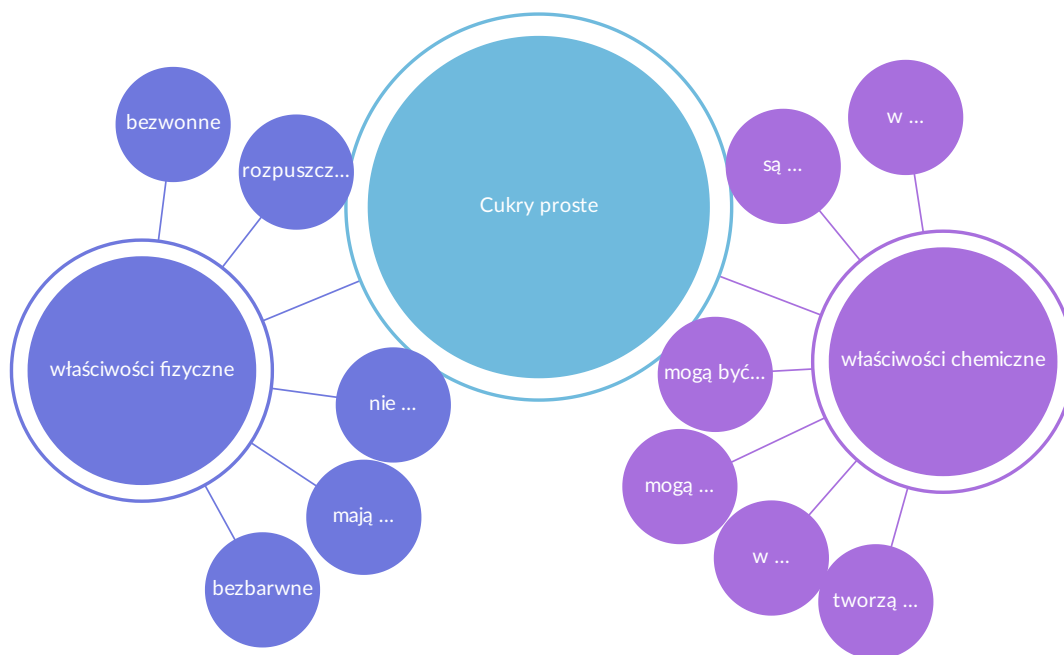
Czy wiesz, że nie wszystkie cukry muszą być słodkie? Cukry nazywamy też „węglowodanami”. Nazwa ta bierze się z tego, że koniecznym składnikiem związków chemicznych jest węgiel, a stosunek wodoru do tlenu w cząsteczkach cukrów jest taki, jak w wodzie: dwa razy więcej wodoru niż tlenu. Cukry proste (monosacharydy) składają się tylko z jednej cząsteczki, w której znajduje się od trzech do ośmiu połączonych ze sobą atomów węgla. Do nich przyłączone są różne grupy funkcyjne. Monosacharydy to podstawowe „paliwo” komórkowe oraz forma transportowa cukrów u zwierząt.

Twoje cele

- Scharakteryzujesz budowę i właściwości cukrów prostych.
- Podzielisz cukry według różnych kryteriów.
- Przedstawisz związek między budową monosacharydów a ich funkcją.

Przeczytaj

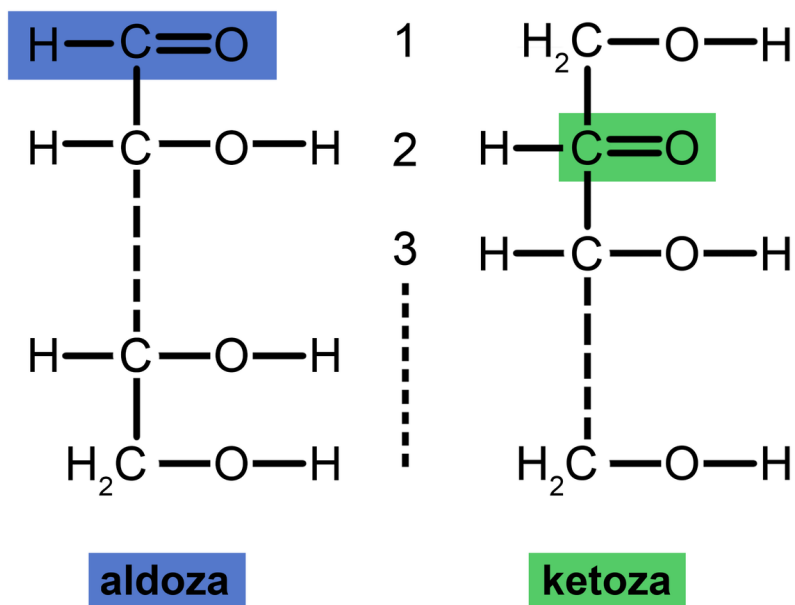
Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych



Cukry proste to związki bezbarwne, bezwonne, rozpuszczalne w wodzie i tworzące kryształy. Ich ogólny wzór to $(\text{CH}_2\text{O})_n$, gdzie n jest równe liczbie atomów węgla: 3 (triozy), 4 (tetrazy), 5 (pentozy), 6 (heksozy), 7 (heptozy) lub 8 (oktozy). Końcówka "-oza" wskazuje na to, że związek jest cukrem.

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

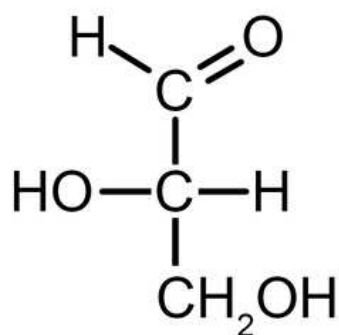
Cukry proste składają się z łańcuchów węglowych z licznymi **grupami hydroksylowymi** ($-\text{OH}$) i pojedynczą inną grupą funkcyjną: aldehydową lub ketonową. Cukry, zawierające **grupę aldehydową** $-\text{CHO}$ na początku łańcucha nazywamy **aldozami**, a te z **grupą ketonową** $-\text{C}=\text{O}$ przy drugim węglu to **ketozy**. Numerację atomów węgla zaczyna się od tego końca łańcucha węglowego, przy którym występuje grupa aldehydowa lub ketonowa.



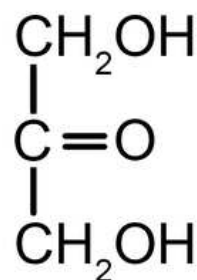
Źródło: Englishsquare,pl Sp. z o. o., licencja: CC BY 3.0.

Izomery strukturalne

Cukrem o trzech atomach węgla jest aldehyd glicerynowy (GAL). Ponieważ jest i aldozą (ze względu na obecność grupy aldehydowej), i triozą (jest zbudowany z trzech atomów węgla), można go nazwać „aldotriozą”. Aldehyd glicerynowy ma taki sam skład atomowy $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ jak inna trioza – dihydroksyaceton (który jest ketozą, ponieważ zawiera grupę ketonową). Różni się jednak budową. To oznacza, że oba te związki są **izomerami strukturalnymi**. Izomeryczne cząsteczki to różne związki chemiczne mające inne właściwości. Wśród cukrów prostych izomerami strukturalnymi są jeszcze m.in. glukoza i fruktoza czy ryboza i rybuloza.



aldehyd
L-glicerynowy



dihydroksyaceton

Aldehyd glicerynowy i dihydroksyaceton są izomerami strukturalnymi: mają ten sam wzór sumaryczny – $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, ale zupełnie inną strukturę. To czyni z nich związki o innych właściwościach chemicznych.

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

Ciekawostka

Dihydroksyaceton (DHA) jest używany do produkcji tzw. „samoopalaczy”. Ciemnienie skóry po użyciu takiego kosmetyku wynika z reakcji DHA z aminokwasami, które znajdują się w warstwie rogowej naskórka. Ponieważ warstwa ta ulega sukcesywnemu złuszczeniu, zabarwienie skóry zmniejsza się i po jakimś czasie znika.

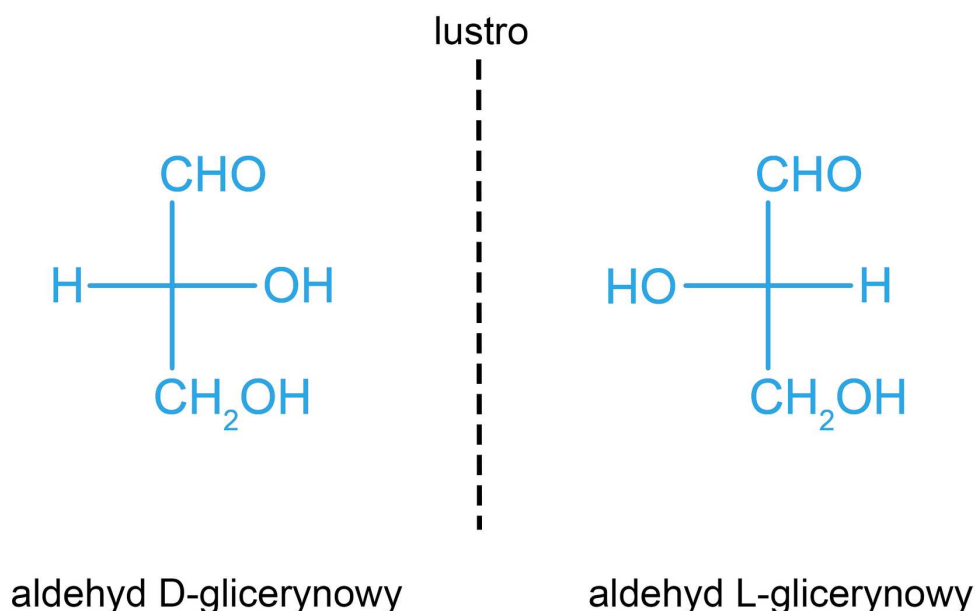
Izomery optyczne

Związki, których cząsteczki są swoimi lustrzanymi odbiciami (nie mają wspólnej płaszczyzny symetrii) to **enancjomery** – **izomery optyczne**. Podobnie jak lewy i prawy but czy lewa i prawa ręka nie są symetryczne, ale stanowią swoje lustrzane odbicia. Enancjomery cukrów zapisane w [projekcji Fischera](#) wyglądają jak odbite w lustrze – różnią się położeniem grup –OH. Właściwość tę określa się **chiralnością**. Cząsteczki chiralne mogą dodatkowo skręcać strumień światła spolaryzowanego. Enancjomery

skręcające światło w prawo oznacza się znakiem (+), natomiast te, które skręcają światło w lewo – znakiem (-).

Jeśli któryś z atomów węgla w cząsteczce jest **asymetryczny**, tzn. łączy się z czterema różnymi podstawnikami, możliwe jest utworzenie form D (prawa) i L (lewa).

Cząsteczka cukru może mieć kilka asymetrycznych atomów węgla, ale o konfiguracji względnej cukru decyduje położenie grupy -OH na przedostatnim atomie węgla w łańcuchu. Jeśli grupa ta znajduje się po prawej stronie w projekcji Fischera, jest to konfiguracja D, natomiast jeżeli po lewej – konfiguracja L. Zazwyczaj w organizmach występuje tylko jedna z form i jest to D-cukier. Sztucznie wytworzone formy L, np. L-glukoza, są z reguły biologicznie nieczynne.

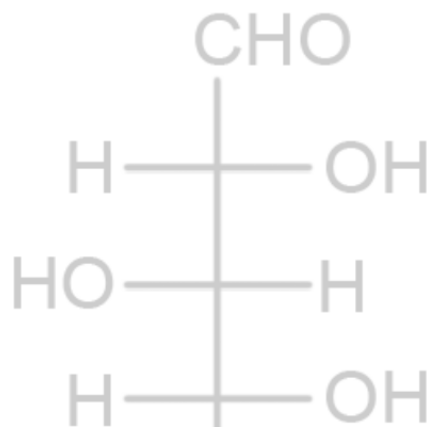


Aldehyd glicerynowy ma jeden asymetryczny atom węgla (nr 2, w środku), połączony z różnymi atomami i grupami: -H, -OH, -C(OH)H₂ i -(C=O)H. Dzięki temu może utworzyć dwa izomery optyczne: aldehyd D-glicerynowy (grupa hydroksylowa po prawej stronie) i aldehyd L-glicerynowy (grupa -OH po lewej stronie), stanowiące swoje lustrzane odbicia.

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

Tworzenie pierścieni (form cyklicznych)

Grupa aldehydowa lub ketonowa może reagować z grupą hydroksylową tego samego łańcucha cukru, tworząc cząsteczkę o formie cyklicznej (pierścieniowej). Cukry zawierające co najmniej pięć atomów węgla w łańcuchu mogą, w roztworze wodnym, tworzyć **struktury pierścieniowe**. Proces ten nazywamy **cyklizacją**. Na przykład D-glukoza cyklizuje do formy pierścienia sześcioczłonowego. Taki pierścień nazwano **piranozą** ze względu na podobieństwo strukturalne do związku pierścieniowego o nazwie piran. Zazwyczaj aldozy tworzą pierścienie piranozowe.



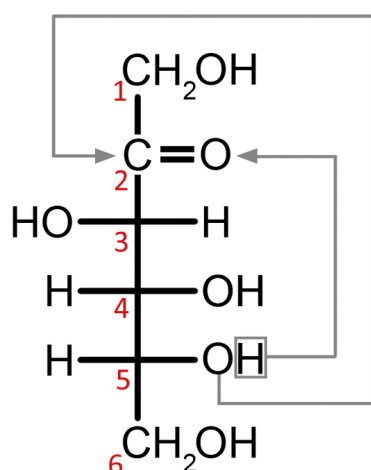
Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DZyOXHVkN>

Cyklizacja glukozy – pierścień powstaje w wyniku reakcji grupy aldehydowej przy atomie węgla C-1 z grupą hydroksylową przy atomie węgla C-5 – tworzy się mostek tlenowy.

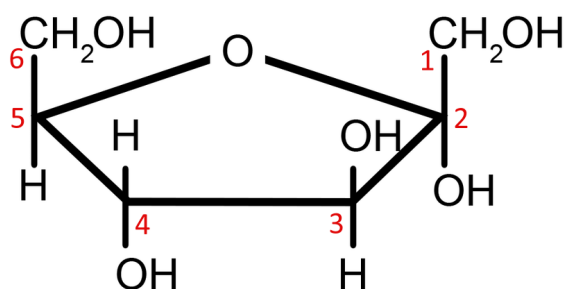
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o. o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Z kolei D-fruktoza cyklizuje do pierścienia pięcioczłonowego, gdy z grupą ketonową przy atomie węgla C-2 reaguje grupa hydroksylowa przy atomie węgla C-5. Taki pierścień nazwano **furanozą**, ze względu na podobieństwo do furanu.

wzór Fischera



wzór taflowy (Hawortha)

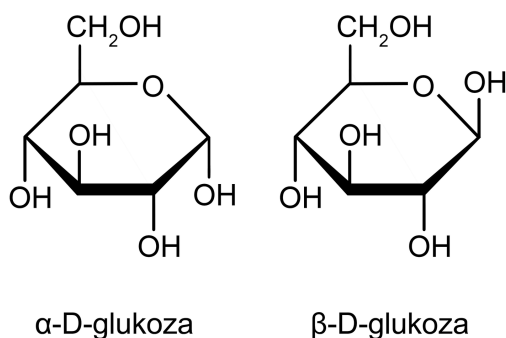


D-fruktofuranaza

Graficzny sposób przedstawienia cyklizacji D-fruktozy. Strzałki pokazują reagujące ze sobą atomy różnych grup, co prowadzi do utworzenia mostka tlenowego pomiędzy atomami węgla C-2 i C-5.

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

Formy cukrów prostych (anomery)



α -D-glukoza

β -D-glukoza

Anomery glukozy.

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

Monosacharydy pierścieniowe mają jeszcze jedną właściwość, która prowadzi do różnic między nimi. Po cyklizacji powstaje nowy asymetryczny atom węgla nazywany węglem anomerycznym. Grupa hydroksylowa przy takim węglu anomerycznym może znajdować się ponad płaszczyznę pierścienia lub pod nią – jeśli płaszczyznę wyobrazimy sobie przestrzennie. Z tego powodu mamy, między innymi, dwie formy

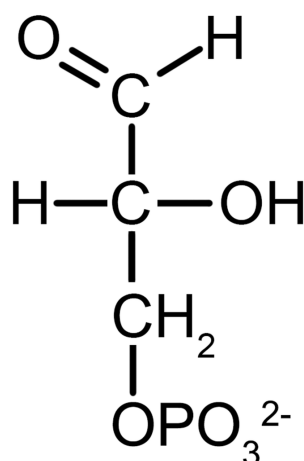
pierścieniowe D-glukozy: [anomer](#) alfa (α -D-glukozę), kiedy grupa -OH przy atomie

węgla C-1 leży poniżej płaszczyzny pierścienia, i anomer beta (β -D-glukozę), gdy grupa -OH przy atomie węgla C-1 leży powyżej płaszczyzny pierścienia.

Biologiczne znaczenie wybranych monosacharydów

Podstawowym monosacharydem występującym w organizmach jest glukoza. Większość pozostałych cukrów prostych powstaje po chemicznym przekształceniu tego węglowodanu. Cukry proste stanowią też jednostki ([monomerami](#)), z których zbudowane są wielocukry.

Aldehyd 3-fosfoglicerynowy (PGAL)



aldehyd
3-fosfoglicerynowy

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

Trioza; aldehyd glicerynowy z przyłączoną resztą fosforanową. Jest **pierwotnym produktem fotosyntezy** i substratem do tworzenia wszystkich związków organicznych.

Ryboza

Deoksyryboza
Arabinoza
Głukoza
Fruktoza
Galaktoza
Mannoza

Reakcje cukrów prostych

Grupa aldehydowa aldoz może ulegać zarówno [utlenianiu](#) do grupy karboksylowej (w wyniku czego powstaje kwas karboksylowy), jak i [redukcji](#) do grupy hydroksylowej (czego produktem jest alkohol). Właściwości redukujące wykazuje również grupa ketonowa ketoz, dzięki czemu reakcje utleniania cukrów prostych są wykorzystywane do ich wykrywania, o czym przeczytasz w materiale: [Wykrywanie cukrów prostych](#).

Grupa hydroksylowa przy ostatnim atomie węgla może ulegać reakcji estryfikacji m. in. z kwasem fosforowym, tworząc fosforany. Ponadto cukry proste mogą ulegać również polikondensacji, tworząc oligosacharydy i polisacharydy. Więcej informacji na ten temat znajdziesz w materiale: [Fabryka cukrów złożonych](#).

Słownik

anomer

(gr. *ano* – przedrostek oznaczający „w górę”, „w dół”, „w bok”; *meros* – część) izomer przestrzenny, w którym grupa hydroksylowa –OH znajduje się nad (anomer β) lub pod (anomer α) płaszczyznę pierścienia cukru

chiralność

(gr. *cheir* – ręka) cecha cząsteczek chemicznych, określająca, że są one swoim odbiciem lustrzanym i nie są identyczne (jak prawa i lewa ręka)

enancjomery

(gr. *enantios* – położony naprzeciw; *meros* – część) para związków chemicznych o symetrii lustrzanej; izomery przestrzenne

izomery

(gr. *isos* – równy; *meros* – część) związki chemiczne o takim samym składzie atomów pierwiastków (wzorce sumarycznym), różniące się sposobem wiązania, kolejnością lub układem wiązań pomiędzy nimi

krasnorosty

gromada wyspecjalizowanych, w większości wielokomórkowych glonów należących do królestwa roślin, przeważnie morskich, o barwie czerwonej, fioletowej, brunatnej, ciemnozielonej; oprócz chlorofilu wytwarzają inne barwniki: czerwoną fikoerytrynę i niebieską fikocyjaninę

monomer

(gr. *monos* – pojedynczy; *meros* – część) jednostka składowa polimerów, większych cząstek, np. cukrów złożonych

projekcja Fischera

przedstawienie trójwymiarowych konfiguracji wokół chiralnych atomów węgla w cząsteczce na płaszczyźnie

redukcja

w znaczeniu chemicznym proces, w którym atom lub związek przechodzi z wyższego na niższy stopień utlenienia, połączony z przyjęciem elektronu od innego atomu lub związku (który ulega utlenieniu); redukcji musi towarzyszyć utlenienie (reakcja redoks)

utlenianie

proces polegający na oddaniu elektronu (elektronów) przez jon, atom lub grupę atomów, w wyniku czego podwyższa się stopień utlenienia pierwiastka oddającego elektrony

Trwa wczytywanie danych ..



Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne



Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1SBWPQaKK8gn>

Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne.

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

Nagranie filmowe pod tytułem *Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne*.

Polecenie 1

Polecenie 2

Polecenie 3

Stwórz mapę myśli porządkującą twoją wiedzę na temat cukrów prostych.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Z podanych cukrów wybierz pentozy.

fruktoza

ryboza

glukoza

deoksyryboza

galaktoza

Ćwiczenie 2



Zaznacz poprawną odpowiedź. Które z określeń opisuje relację pomiędzy cząsteczką D-glukozy i D-fruktozy?

Są polimerami.

Są enancjomerami.

Są izomerami.

Są anomerami.

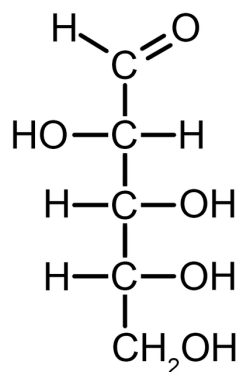
Ćwiczenie 3



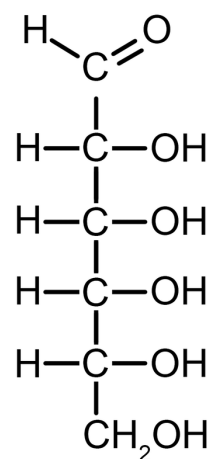
Uzupełnij tekst, zaznaczając prawidłowe sformułowania.

Cukry proste składają się z łańcuchów węglowych z licznymi nielicznymi grupami hydroksylowymi (-OH) karboksylowymi (-COOH) i pojedynczą inną grupą funkcyjną: aldehydową i lub ketonową. Cukry, zawierające grupę aldehydową -C=O -CHO na początku łańcucha zwane są aldozami, a te z grupą ketonową -C=O -CHO przy drugim trzecim węglu to ketozy. Numerację atomów wodoru węgla zaczyna się od tego końca łańcucha węglowego, przy którym występuje grupa aldehydowa lub ketonowa który znajduje się najwyżej .

Ćwiczenie 4



cukier A



cukier B

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

Na podstawie wzorów określ cechy każdego z cukrów, przenosząc odpowiednie elementy do komórek tabeli.

Cecha	Cukier A	Cukier B
Liczba atomów węgla	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grupa funkcyjna	aldehydowa	<input type="text"/>
Konfiguracja	<input type="text"/>	D

D

heksoza

aldehydowa

ketonowa

L

pentoza

Ćwiczenie 5



Określ poprawność poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Enancjomery skręcające światło w prawo oznacza się znakiem (-), natomiast te, które skręcają światło w lewo - znakiem (+).	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Galaktoza wchodzi w skład dwucukru laktozy oraz pektyn.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cukry o co najmniej sześciu atomach węgla w roztworze wodnym mogą tworzyć struktury pierścieniowe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aldehyd glicerynowy oraz dihydroksyaceton są izomerami strukturalnymi.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Ćwiczenie 6



Glukoza jest formą transportową cukrów u zwierząt i ludzi. Zmierzono poziom glukozy we krwi w żyłę wrotnej, prowadzącej krew z jelit do wątroby, i w żyłę wątrobowej, wychodzącej z wątroby. Stwierdzono, że w żyłę wrotnej poziom glukozy był znacznie wyższy niż w żyłę wątrobowej.

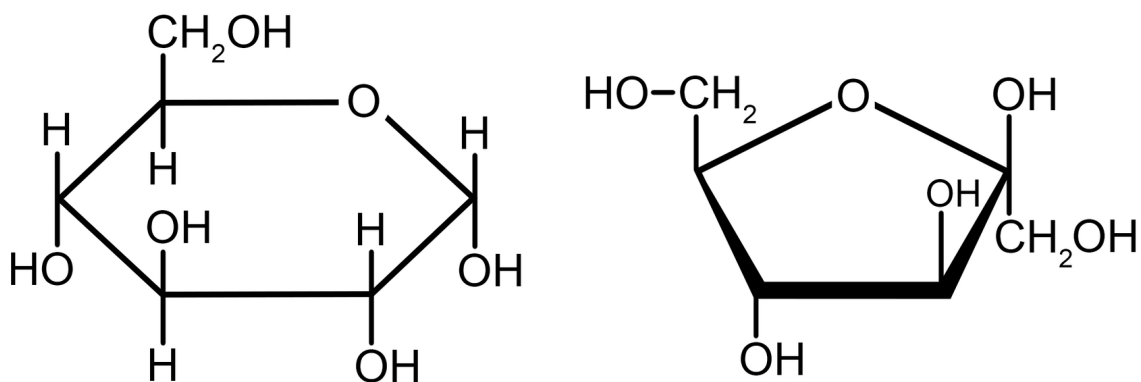
Wiedząc, że rolą wątroby jest magazynowanie cukrów, sformułuj prawdopodobne wyjaśnienie dotyczące różnicy poziomu glukozy w obu badanych żyłach.

Ćwiczenie 7



Wyjaśnij, co oznacza stwierdzenie: „Czwarty węgiel we wzorze cukru prostego, określany jako C-4, jest asymetryczny” i jakie ma to konsekwencje dla właściwości związku.

Ćwiczenie 8



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

Ilustracja przedstawia dwa cukry proste w projekcji Hawortha (wzór tafłowy). Podaj jedno podobieństwo i jedną różnicę między nimi.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: biologia

Temat: Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

1) przedstawia budowę węglowodanów (uwzględniając wiązania glikozydowe); rozróżnia monosacharydy (glukoza, fruktoza, galaktoza, ryboza, deoksyryboza), disacharydy (sacharoza, laktoza, maltoza), polisacharydy (skrobia, glikogen, celuloza, chityna); określa znaczenie biologiczne węglowodanów, uwzględniając ich właściwości fizyczne i chemiczne; planuje oraz przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność monosacharydów i polisacharydów w materiale biologicznym;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

1) przedstawia budowę węglowodanów (uwzględniając wiązania glikozydowe α , β); rozróżnia monosacharydy (glukoza, fruktoza, galaktoza, ryboza, deoksyryboza), disacharydy (sacharoza, laktoza, maltoza), polisacharydy (skrobia, glikogen, celuloza, chityna) i określa znaczenie biologiczne węglowodanów, uwzględniając ich właściwości fizyczne i chemiczne; planuje oraz przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność monosacharydów i polisacharydów w materiale biologicznym;

Kształowane 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):

- Scharakteryzujesz budowę i właściwości cukrów prostych.
- Podzielisz cukry według różnych kryteriów.
- Przedstawisz związek między budową monosacharydów a ich funkcją.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- odwrócona klasa;
- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;

- praca z filmem samouczkiem;
- mapa myśli;
- gra dydaktyczna.

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

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. Nauczyciel zwraca uwagę, że do tej pory uczniowie poznawali materię nieorganiczną, a teraz będzie mowa o materii organicznej. Zadaje pytania: „Skąd się biorą związki organiczne?”, „Czy cukry proste są potrzebne organizmom? Do

czego?”, „Gdzie występują cukry?”, „Jak są zbudowane?”. Uczniowie odpowiadają na podstawie przeczytanego przed lekcją tekstu.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z filmem samouczkiem pt. „Właściwości fizykochemiczne cukrów prostych i ich znaczenie biologiczne”.** Nauczyciel przedstawia uczniom zadanie maturalne omówione w filmie samouczku. Uczniowie samodzielnie je rozwiązują. Następnie nauczyciel wyświetla film samouczek i uczniowie weryfikują swoją odpowiedź. Prowadzący zajęcia wyjaśnia ewentualne wątpliwości.
2. Uczniowie wykonują w parach polecenie nr 1 („Wykaż, że między cukrami zaliczanymi do aldoz i ketoz istnieją różnice”) oraz polecenie nr 2 („Na podstawie informacji zawartych w filmie samouczku scharakteryzuj utlenianie cukrów prostych”) do filmu samouczka. Następnie porównują rozwiązania z inną parą. Wybrane zespoły przedstawiają odpowiedzi na forum klasy.
3. **Mapa myśli.** Uczniowie dzielą się na 4-osobowe grupy i wykorzystując generator w poleceniu nr 3 do filmu samouczka, tworzą mapę myśli porządkującą wiedzę na temat cukrów prostych. Uwzględniają podział cukrów prostych według różnych kryteriów oraz ich budowę i właściwości.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel zadanie pytanie:
– Jaki jest związek między budową a funkcją monosacharydów?
Wypowiadają się chętni uczniowie.
2. Nauczyciel zadanie pytanie:
– Jaki jest związek między budową a funkcją monosacharydów?
Wypowiadają się chętni uczniowie.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia 1 i 2 oraz od 6 do 8 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Sprawdź na etykietach produktów spożywczych, czy w ich składzie znajdują się cukry proste. Zbierz informacje z różnych źródeł i napisz krótką wypowiedź na

temat: „Syrop glukozy-fruktozy: naturalny, ale czy zdrowy?”

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu samouczka:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z filmem samouczkiem, aby przygotować się do późniejszej pracy na zajęciach.