



Учреждение образования
«Белорусская государственная
ордена Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Углеводы. Моносахариды.**



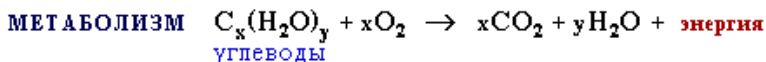
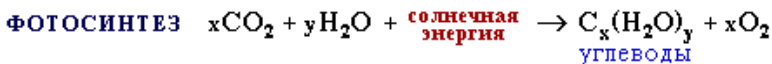
УГЛЕВОДЫ. МОНОСАХАРИДЫ.

1. Классификация. Распространение в природе и биологическая роль

Углеводы составляют до 80% сухого вещества растений и около 2% сухого вещества животных. Следовательно, они принадлежат к наиболее распространенным природным органическим соединениям. Углеводы являются одной из главных составных частей пищевого рациона людей (до 650 г углеводов в день) и многих животных. Они образуются в растениях за счет фотосинтеза в зеленом листе.

Углеводы (сахара) – органические вещества, состав которых выражается формулой $C_x(H_2O)_y$, где x и $y > 3$. Углеводы содержатся в клетках растительных и животных организмов и по массе составляют основную часть органического вещества на Земле. Эти соединения образуются растениями в процессе фотосинтеза из углекислого газа и воды.

Животные организмы не способны синтезировать углеводы и получают их с растительной пищей. Фотосинтез можно рассматривать как процесс восстановления CO_2 с использованием солнечной энергии. Эта энергия освобождается в животных организмах в результате метаболизма углеводов, который заключается с химической точки зрения в их окислении.



Важнейшими органическими производными являются альдегидо- и кетопроизводные многоатомных спиртов, так называемые углеводы общей формулы $C_n(H_2O)_m$. Они являются теми кирпичиками, из которых построен весь растительный мир, и незаменимыми элементами многих биосистем животных и человека, в частности, нуклеиновых кислот. Они же являются основным источником физической и духовной энергии живого организма. Название углеводы происходит от того, что все альдегидо- и кетоспирты, начиная от простейших, таких как гликолевый альдегид $HO-CH_2-OH$ и диоксиацетон $HO-CH_2-CO-CH_2OH$, и до самых сложных полисахаридов имеют состав $C_n(H_2O)_m$ или $C_n(H_2O)_{m-1}$, который показывает, что в структуре их молекул нет никаких других сочетаний атомов, кроме углерода и воды. Из-за сладкого вкуса многих углеводов и присутствия среди них таких веществ, как



обычный сахар $C_{12}H_{22}O_{11}$ они получили название сахаров. Целесообразно начать рассмотрение свойств альдегидо- и кетоспиртов с углеводов. Углеводы можно разделить на простые с общей формулой $C_n(H_2O)_m$ и сложные с составом $\{C_n(H_2O)_{m-1}\}_x$, где x изменяется от двух до десятков тысяч. Соединения состава $C_n(H_2O)_m$ носят название моносахаридов и по числу атомов углерода n в молекуле подразделяются на тетрозы $C_4H_8O_4$ (например, эритрозы), пентозы $C_5H_{10}O_5$ (например, рибозы), гексозы $C_6H_{12}O_6$ (например, глюкозы и фруктозы). Соединения состава $\{C_n(H_2O)_{m-1}\}_x$ с $x = 2$ носят название дисахаридов, $x = 3$ – трисахаридов, $x = 4-10$ – олигосахаров. Если x велико, то соединения являются полисахаридами. К их числу относятся энергетические углеводы (крахмал, гликоген) и структурные углеводы (целлюлоза), создающие устойчивую структуру растений.

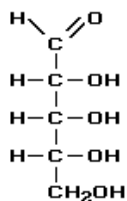
Большинство углеводов, используемых в пищу, под действием ферментов пищеварительного тракта гидролизуются до глюкозы и фруктозы, которые поступают в клетки. По способности к гидролизу углеводы делятся на простые – моносахариды и сложные – олигосахариды и полисахариды. Моносахариды не гидролизуются с образованием более простых углеводов. Сложные углеводы гидролизуются до моносахаридов. В молекулах олигосахаридов содержится от 2 до 10 моносахаридных остатков, в полисахаридах – от 10 до 3000–5000.

2. Моносахариды. Проекционные формулы Фишера. D и L-ряды.

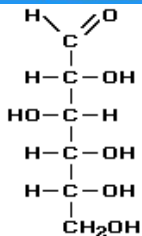
Таутомерия. Пирозная и фуранозная формы

Моносахариды – это простейшие сахаристые вещества, сладкие на вкус, растворимые в воде, оптически активные, которые подвергаются брожению и не подвергаются гидролизу. В зависимости от числа атомов кислорода, в большинстве случаев, равного числу углеродных атомов, моносахариды делятся на тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы и т. д. По химическому строению моносахариды относятся к многоатомным оксиальдегидам или оксикетонам. Поэтому различают альдозы и кетозы.

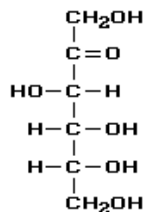
В природе наиболее распространены моносахариды, в молекулах которых содержится пять углеродных атомов (пентозы) или шесть (гексозы). Моносахариды – гетерофункциональные соединения, в состав их молекул входит одна карбонильная группа (альдегидная или кетонная) и несколько гидроксильных. Например:



Рибоза
(пентоза)



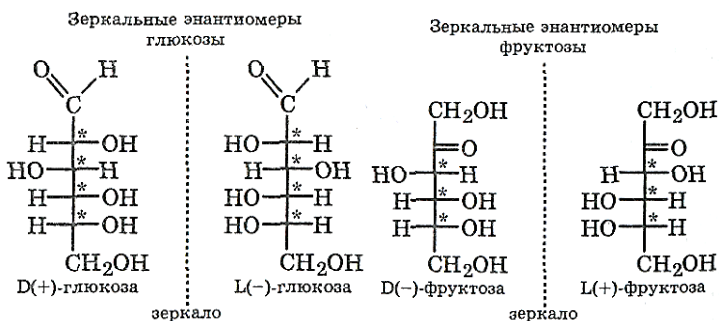
Глюкоза
(гексозы)



Фруктоза

Таким образом, моносахариды – это полигидроксиальдегиды (рибоза, глюкоза) или полигидроксикетоны (фруктоза).

Простая формула $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ изображает только одну из нескольких изомерных форм молекулы глюкозы. В молекуле глюкозы имеется 4 асимметрических атома углерода C^* , следовательно, этой формуле отвечает $2^4 = 16$ стереоизомеров. Абсолютная пространственная конфигурация глюкозы, находящейся в простой альдегидной форме, была установлена Э. Фишером еще в прошлом веке. Он предложил для записи оптических изомеров очень удобные проекционные формулы. Ниже приведена проекционная формула D-глюкозы.



Моносахариды $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$, содержащие шестичленный цикл, называют пиранозами, пятичленный – фуранозами. В зависимости от расположения полуацетального гидроксила различают α - и β -формы.

Изомерия моносахаридов определяется положением карбонильной группы, наличием асимметрических атомов углерода и существованием циклоцепной таутомерии. По современным воззрениям моносахариды в кристаллическом состоянии представляют собой внутренние циклические полуацетали многоатомных альдегидо-или кетонспиртов. В растворах циклические формы находятся в динамическом рав-

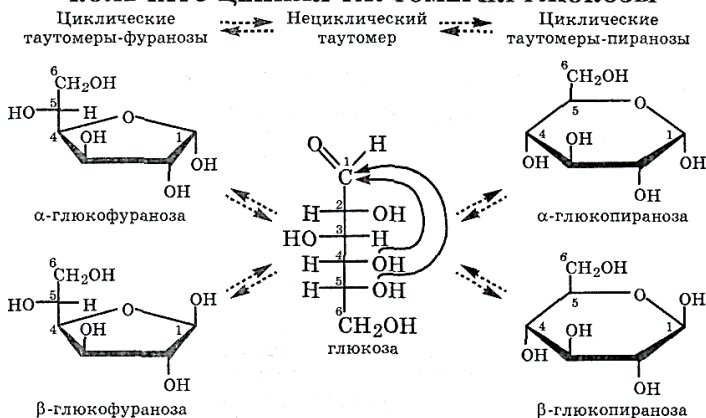


новесии со своими нециклическими (оксикарбонильными) формами. У моносахаридов, имеющих циклическое строение, появляется новая гидроксильная группа из карбонильного кислорода, которая называется полуацетальным, или гликозидным гидроксилом. От остальных гидроксильных групп она отличается большей реакционной способностью.

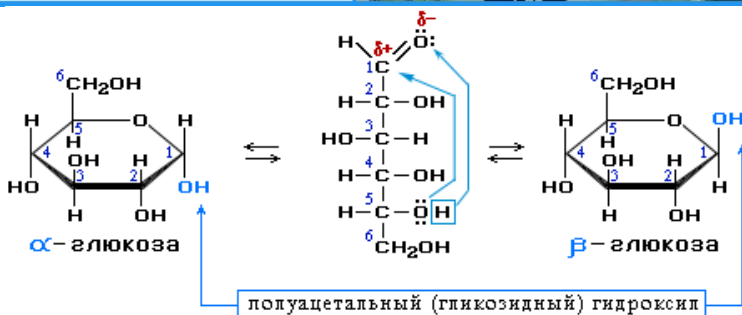
Однако не все свойства моносахаридов согласуются с таким строением. Так, моносахариды не участвуют в некоторых реакциях, типичных для карбонильной группы. Одна из гидроксигрупп отличается повышенной реакционной способностью и ее замещение на группу $-OR$ приводит к исчезновению свойств альдегида (или кетона). Это приводит к выводу, что моносахаридам, кроме приведенных формул, свойственна также иная структура, возникающая в результате внутримолекулярной реакции между карбонильной группой с одним из спиртовых гидроксидов.

Реакция присоединения спирта к альдегиду внутри одной молекулы сопровождается ее циклизацией, т. е. образованием циклического полуацетала. Известно, что наиболее устойчивыми являются пяти- и шестичленные циклы. Поэтому, как правило, происходит взаимодействие карбонильной группы с гидроксилом при 4-м или 5-м углеродном атоме (нумерация начинается с карбонильного углерода или ближайшего к нему конца цепи). Таким образом, в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных моносахариды могут существовать в двух формах: линейной (оксо-форме) и циклической (полуацетальной).

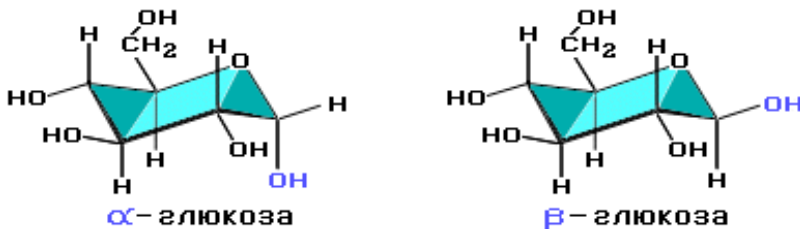
КОЛЬЧАТО-ЦЕПНАЯ ТАУТОМЕРИЯ ГЛЮКОЗЫ



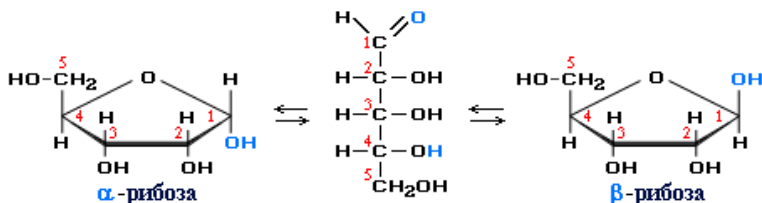
В растворах моносахаридов эти формы находятся в равновесии друг с другом. Например, в водном растворе глюкозы существуют следующие структуры:



Циклические α - и β -формы глюкозы представляют собой пространственные изомеры, отличающиеся положением полуацетального гидроксильного атома относительно плоскости кольца. В α -глюкозе этот гидроксил находится в цис-положении к гидроксильной группе при C_2 , в β -глюкозе – в транс-положении. С учетом пространственного строения шестичленного цикла формулы этих изомеров имеют вид:



Аналогичные процессы происходят и в растворе рибозы:



В кристаллическом состоянии моносахариды имеют циклическое строение.

3.Химические свойства глюкозы

Наибольшее значение в жизненно важных структурах и процессах играют альдопентозы и особенно альдогексозы, например, глюкоза.



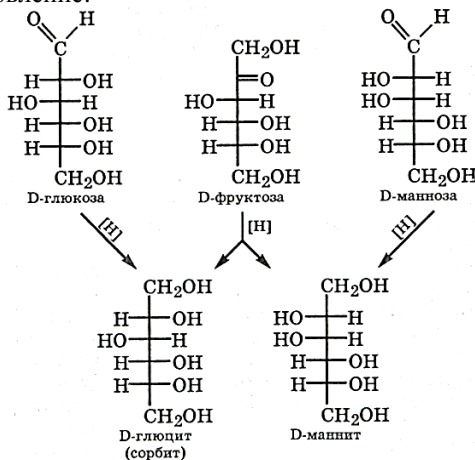
Она входит в состав свекловичного (тростникового) сахара, крахмала, гликогена и целлюлозы. Основные химические реакции, доказывающие строение глюкозы, приведены на схеме.

Циклическая форма строения легко объясняет ряд особенностей моносахаридов, а именно: неспособность образовывать дисульфитные соединения с дисульфитом натрия и давать характерную окраску с фуксинсернистой кислотой, образование метилгликозидов и явление мутаротации.

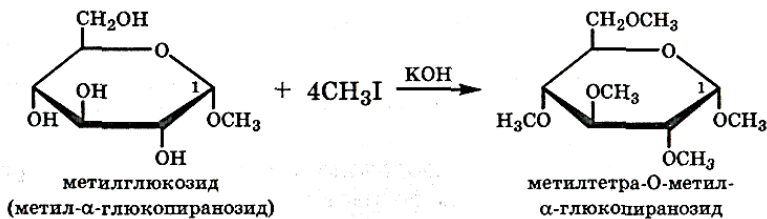
Химические свойства моносахаридов обуславливаются наличием карбонильной группы (окисление, восстановление, присоединение и замещение), спиртовых групп (образование сахаратов, простых и сложных эфиров, дегидратация) и гликозидного гидроксила в полуацетальной форме (образование сложных сахаров и гликозидов).

Реакция восстановления глюкозы с HI указывает на наличие 6С-атомов, реакции окисления $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$ и присоединения HCN на присутствие альдегидной группы, реакции с диметилсульфатом $(\text{CH}_3)_2\text{SO}_4$ и укусным ангидридом на наличие 5ОН-групп. Из этих реакций следует, что глюкоза – пятиатомный альдегидоспирт с нормальным строением углеродной цепи.

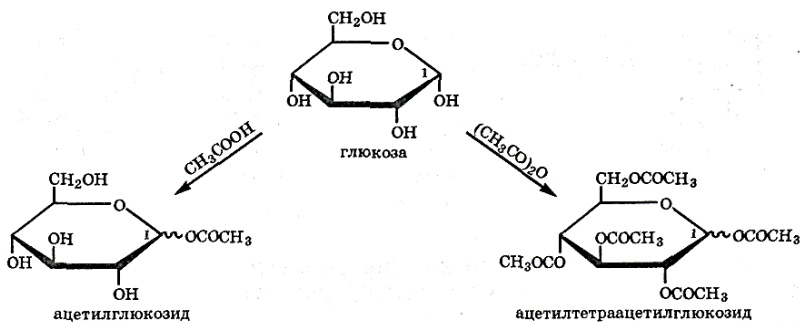
1. Восстановление:



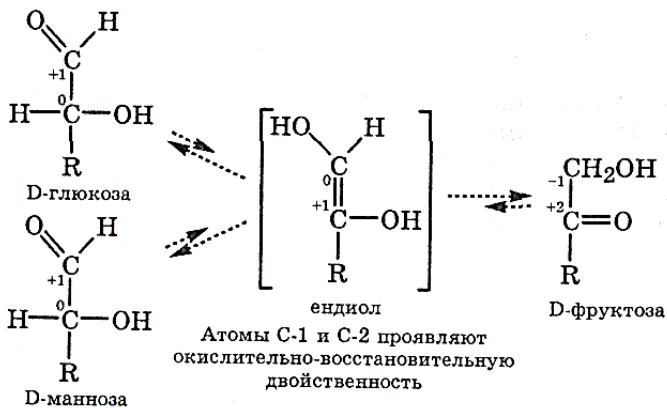
2. Алкилирование (метилирование):

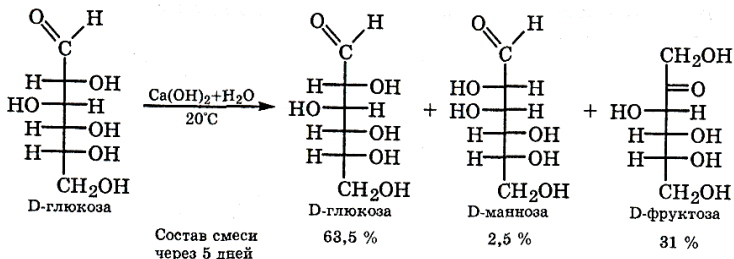


3. Ацилирование:



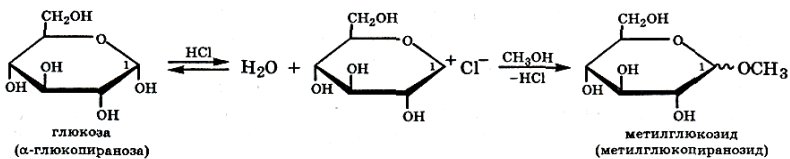
4. Эпимеризация в щелочной среде:



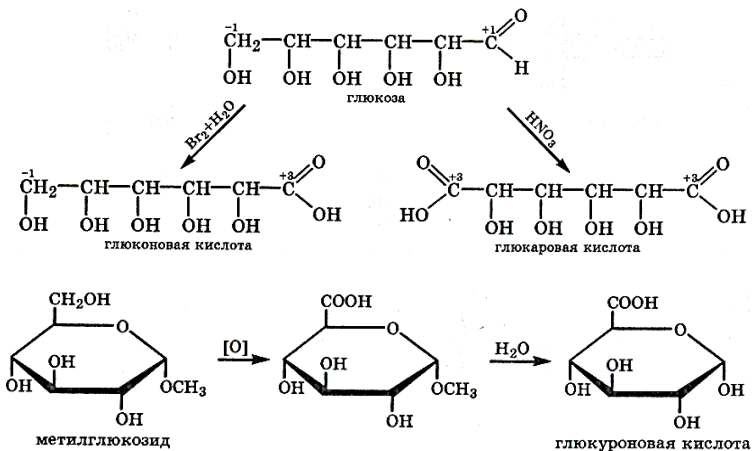


При действии щелочи альдозы могут превращаться в кетозы. Так, глюкоза с известковой водой через 5 суток дает смесь глюкозы (63%), фруктозы (31%) и маннозы (6%):

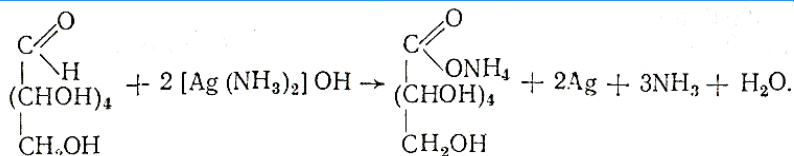
5. Образование гликозидов:



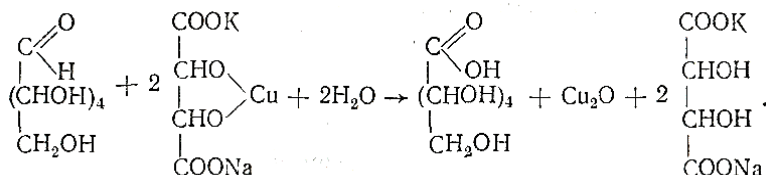
6. Окисление глюкозы:



Образование серебряного зеркала:

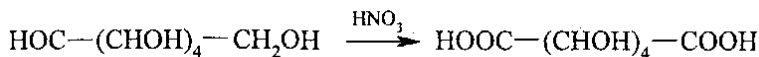


Реакция глюкозы с фелинговой жидкостью протекает весьма сложно, но сводится к окислению глюкозы и образованию оксида меди(I). Реактив Фелинга, так же как и аммиачный раствор оксида серебра, служит для обнаружения карбонильной группы в сахарах:



Качественную реакцию с фелинговой жидкостью можно применять и при количественных определениях содержания углеводов.

Окисление хлорной или бромной водой воздействует преимущественно на альдегидную группу, которая окисляется до COOH. Окисление HNO₃ (конц.) воздействует еще и на первичную спиртовую группу CH₂OH и образуется сахарная кислота:

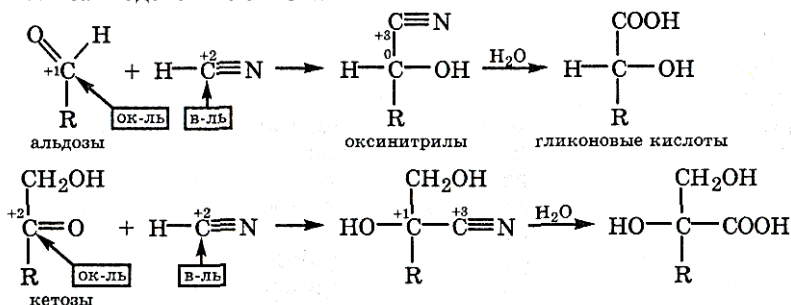


D-Галактоза при окислении азотной кислотой образует слизевую кислоту, широко используемую в синтезе пятичленного ароматического гетероцикла – пиррола:



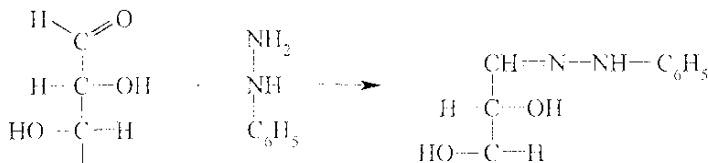


7. Взаимодействие с HCN:



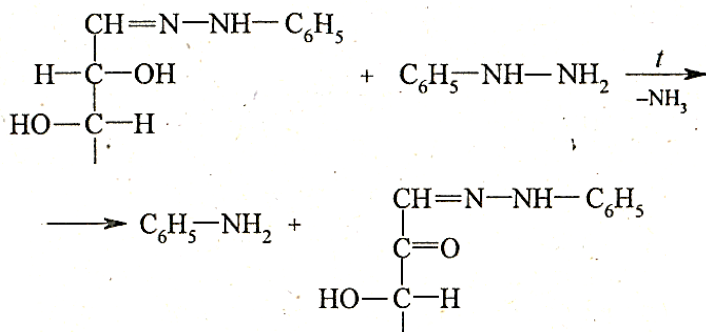
8. Взаимодействие с фенилгидразином.

Альдегидспирты (альдозы) при нагревании с фенилгидразином образуют фенилгидразоны. Реакция идет со сдвигом равновесия изомерных форм глюкозы в сторону открытой альдегидной формы, которая и реагирует:

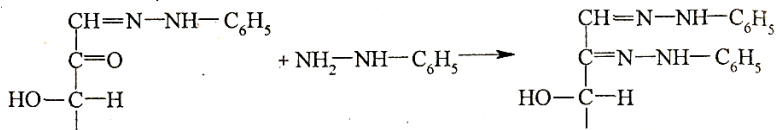


фенилгидразон D-глюкозы

При избытке фенилгидразина происходит дегидрирование соседней группировки:



Затем кетогруппа реагирует со вторым фенилгидразином и образуются желтые кристаллические вещества – озазоны:

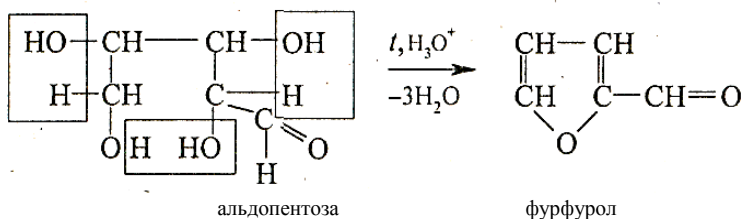


озазон глюкозы

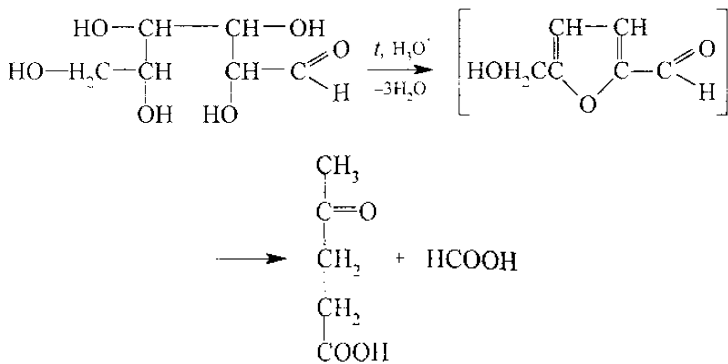
Озазоны имеют четкие температуры плавления и это позволяет использовать их для идентификации сахаров.

9. Нагревание.

Пентозы при нагревании с минеральными кислотами отщепляют воду и образуют фурфурол:



Альдогексозы при этом образуют левулиновую и муравьиную кислоты:



4-оксиметилфурфурол (левулиновая кислота)

Фурфурол с флороглюцином и соляной кислотой дает вишнево-красное окрашивание. Эта реакция является качественной на альдопентозы и на образуемые ими полисахариды – пентозаны (C₅H₈O₄)_x. Пентозаны на 25 % составляют основу лиственных деревьев, входят в состав сена (15 %), растительных камедей (вишневый клей, гуммиарабик) и др.



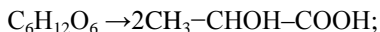
10. Реакции брожения.

Глюкоза как восстановитель переводит уксусный альдегид в этанол:



Если к бродильной жидкости добавить NaHSO_3 , то уксусный альдегид выпадает в виде гидросульфитного соединения, на который ферменты дрожжей не действуют и этанол не образуется. Сбраживанию подвергаются D-глюкоза, D-манноза, D-фруктоза и D-галактоза. На другие гексозы, в том числе L-изомеры перечисленных D-гексоз, а также на пентозы дрожжи не действуют. Другие виды ферментативного брожения имеют свои специфические схемы:

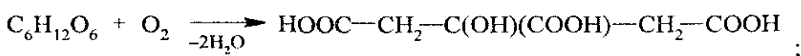
молочно-кислое брожение



масляно-кислое брожение



лимонно-кислое брожение



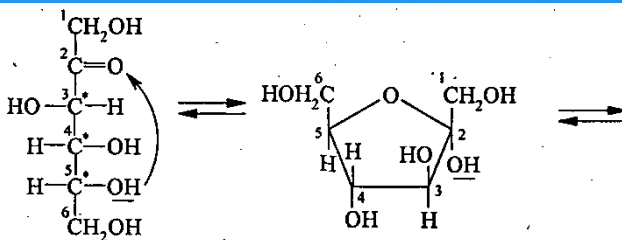
ацетонбутанольное брожение



Общим для всех этих видов брожения является то, что все они протекают как ферментативные процессы с участием биокатализаторов: оксигеназ (окислительных ферментов), гидрогеназ (восстановительных ферментов), декарбоксилаз (ферментов декарбоксилирования) и т. д. Специфичность протекания реакций разложения одних и тех же гексоз до тех или иных продуктов определяется природой ферментов, которые имеют различную пространственную структуру белка, разные реакционные центры (металлические или неметаллические, комплексные или простые и т. д.), пространственное экранирование реакционных центров и каналы в структуре белка для движения реагентов.

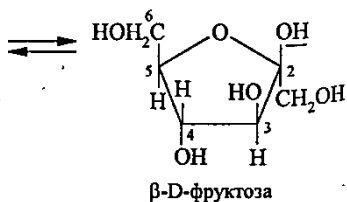
4. Фруктоза как представитель кетоз

Строение и свойства, отличие от глюкозы. Структурная изомерия (положения карбонильной группы).

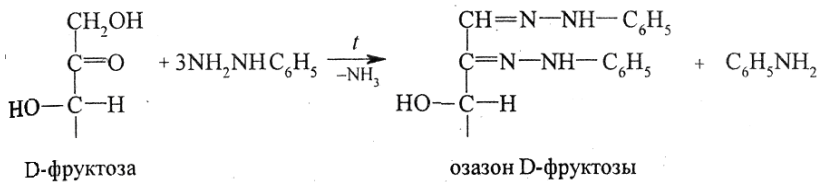


D-фруктоза (открытая форма)

α -D-фруктоза



β -D-фруктоза



D-фруктоза

озазон D-фруктозы



Учреждение образования
«Белорусская государственная
ордена Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Мерой полярности связи является *электрический момент диполя* – ЭДМ- μ , представляющий собой произведение длины диполя l на абсолютный эффективный заряд g : $\mu = g \cdot l$. Электрический момент диполя обычно выражают в дебаях (D): $1D = 3,33 \cdot 10^{-30}$ Кл·м.)

Некоторые характеристики простейших связей

Связь	Энергия, кДж/моль	Длина, нм	Полярность μ		Поляризуемость $a \cdot 10^{-24}, \text{см}^3$
			$10^{30} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м}$	D	
C–C	339	0,154	0	0	1,3
C=C	611	0,133	0	0	4,2
C≡C	833	0,120	0	0	6,2
H–C	414	0,109	1,33	0,4	1,7
C–N	305	0,147	4,00	1,2	1,5
C=N	595	0,127	4,34	1,3	3,8
C≡N	888	0,115	13,36	4,0	4,8
C–O	368	0,143	5,34	1,6	1,5
C=O	724	0,121	10,68	3,2	3,3
C–F	427	0,140	7,68	2,3	1,7
C–Cl	326	0,176	7,68	2,3	6,5
C–Br	272	0,191	7,34	2,2	9,6
C–I	238	0,212	6,68	2,0	14,6
H–O	460	0,096	5,01	1,5	1,9
H–N	389	0,101	4,34	1,3	1,8
N–N	160	0,147			
N≡N	946	0,110			
N=O	678	0,115			

Приложение 2

Номенклатура органических соединений

В настоящее время международный союз теоретической и прикладной химии (ИЮПАК) рекомендовал для использования номенклатуру, получившую название *номенклатура ИЮПАК*.

Таблица 1. Названия предельных углеводородов

Формула углеводорода	Название	Формула углеводорода	Название
C_5H_{12}	Пентан	$C_{11}H_{24}$	Ундекан
C_6H_{14}	Гексан	$C_{12}H_{26}$	Додекан
C_7H_{16}	Гептан	$C_{13}H_{28}$	Тридекан
C_8H_{18}	Октан	$C_{14}H_{30}$	Тетрадекан
C_9H_{20}	Нонан
$C_{10}H_{22}$	Декан	$C_{20}H_{42}$	Эйкозан



Таблица 2. Названия важнейших заместителей

Заместитель	Название	Заместитель	Название
CH_3-	метил	CH_3	
CH_3-CH_2-	этил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	неопентил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	н-пропил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	изопропил (пропил-2)	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-пентил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	н-бутил втор-бутил		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изобутил (2-метил-пропил-1)	$\text{CH}_2=$	метилен
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-бутил	$\text{CH}\equiv$	метин
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		$\text{CH}_3-\text{CH}=$	этилиден
$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-$	н-пентил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	этилен
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изопентил	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	триметилен
C_6H_5-	фенил	$\text{CH}_2=\text{CH}-$	винил
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)	$\text{HC}\equiv\text{C}-$	этинил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$\text{CH}_2=\text{C}-$	изопропенил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$	1-бутенил
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	2-бутенил
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2-$	винилиден	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$	
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	метилаллил (металлил)
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	пропенил	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$	ацетил
$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$	ацетонил	$\begin{array}{c} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	
$\text{CH}_3-\text{O}-$	метокси	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O}$	бензоил
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-$	этокси	$\begin{array}{c} \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{O}- \end{array}$	метилендиокси



Простейшие спирты можно называть по соответствующему радикалу: метиловый спирт CH_3OH , изопропиловый спирт $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ (но не изопропанол), трет-бутиловый спирт $(\text{CH}_3)_3\text{COH}$.

За некоторыми спиртами сохраняются тривиальные названия:

Аллиловый спирт	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH}$;
Бензиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2\text{OH}$;
Фенилэтиловый спирт	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$;
Этиленгликоль	$\text{HOCH}_2-\text{CH}_2\text{OH}$;
Пропиленгликоль	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2\text{OH}$;
Глицерин (глицерол)	$\text{CH}_2(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2(\text{OH})$.

Для альдегидов допускаются тривиальные названия, если соответствующая кислота имеет тривиальное название:

Формальдегид	CH_2O ;
Ацетальдегид	CH_3-CHO ;
Пропиональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Бутиральдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Изобутиральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CHO}$;
Валеральдегид	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CHO}$;
Изовалеральдегид	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CHO}$;
Акролеин (акриальдегид)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$;
Кротональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$;
Бензальдегид	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CHO}$.

Имеются исключения, например глиоксаль $\text{O}=\text{CH}-\text{CH}=\text{O}$.

Для некоторых кетонов допускаются тривиальные названия:

ацетон	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$;
окись мезитила	$(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CH}-\text{CO}-\text{CH}_3$;
диацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CO}-\text{CH}_3$;
бензил (или дибензоил)	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5$.

Сохраняются тривиальные названия заместителей:

ацетонил $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-$, фенацил $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{CH}_2-$.

Таблица 3. Названия некоторых кислот и их радикалов

Название кислоты		Название радикала	Формула радикала
тривиальное	систематическое		
1	2	3	4
Предельные алифатические монокарбоновые кислоты			
Метановая	Муравьиная	Формил	$\text{HCO}-$
Этановая	Уксусная	Ацетил	$\text{CH}_3-\text{CO}-$
Пропановая	Пропионовая	Пропионил	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Бутановая	Масляная	Бутирил	$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}-$
2-Метилпропановая	Изомасляная	Изобутирил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CO}-$
Пentanовая	Валериановая	Валерил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-$
3-Метилбутановая	Изовалериановая	Изовалерил	$(\text{CH}_3)_2\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Гептановая*	Энантовая	Энантоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-$
Октадекановая	Стеариновая	Стеароил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}-\text{CO}-$
Гексадекановая	Пальмитинов.	Пальмитоил	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}-\text{CO}-$




1	2	3	4
Предельные алифатические дикарбоновые кислоты			
Этандиовая Пропандиовая Бутандиовая Пентандиовая Гександиовая	Шавелевая Малоновая Янтарная Глутаровая Адипиновая	Оксалил Малонил Сукцинил Глутарил Адипоил	$-OC-OC-$ $-OC-CH_2-CO-$ $-OC-(CH_2)_2-CO-$ $-OC-(CH_2)_3-CO-$ $-OC-(CH_2)_4-CO-$
Непредельные алифатические кислоты			
Пропеновая	Акриловая	Акрилоил	$CH_2=CH-CO-$
Пропиновая	Пропиоловая	Пропиолоил	$CH\equiv C-CO-$
2-Метилпропеновая	Метакриловая	Метакрилоил	$CH_2=C(CH_3)-CO-$
транс-Бутен-2-овая	Кротоновая	Кротоноил	$CH_3CH=CHCO-$
цис-Бутен-2-овая	Изокротоновая	Изокротоноил	— " " —
цис-Октадецен-9-овая	Олеиновая	Олеил	$CH(CH_2)_7CH_3$ $CH(CH_2)_7CO-$
цис-Бутен-2-диовая транс-Бутен-2-диовая	Малеиновая Фумаровая	Малеолил Фумароил	$-OC-CH=CH-CO-$ — " " —
Карбоциклические кислоты			
Бензолкарбоновая	Бензойная	Бензоил	C_6H_5-CO-
Метилбензол- карбоновая 1,2-Бензолди- карбоновая	Толуиловая (о-, м-, п-) Фталевая	Толуил (о-, м-, п-) Фталоил	$CH_3-C_6H_4-CO-$ 
1,4-Бензолдикарбоновая транс-3-Фенилпропеновая	Терефталевая Коричная	Терефталоил Циннамоил	$-OC-C_6H_4-CO-$ $C_6H_5-CH=CH-CO-$

Таблица 4. Старшинство основных функций,
обозначаемых суффиксами (по убывающему старшинству)

№п/п	Класс	Префикс	Суффикс
1	Катионы	онио-	-оний (но –карбений $^+CH_3$)
2	Карбоновые кислоты $-COOH$	карбокси-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы $-C\equiv N$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды $-CHO$	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>C=O$	оксо-	-он
6	Спирты $-OH$	гидрокси-	-ол
7	Тиолы $-SH$	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь (=)	—	-ен
10	Тройная связь (\equiv)	—	-ин
11	Группы всегда вы- ступающие в каче- стве заместителей	$-Br, -I, -Cl, -F, -NO,$ $-NO_2, -O-R, -S-R,$ $-N_3, -S-S-R,$ $-SO_2R, -O-S-R, -OOH.$	



ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743. .
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: Учеб. пособие/ Е. В. Барковский. – Мн.: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Барковский, Е. В. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пос./ Е. В. Барковский, С. В. Ткачев и др. – М.: Высш. шк., 1997. –126 с.
4. Болдырев, А. И. Физическая и коллоидная химия. – М.: Высш. шк., 1983.
5. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие/ З. Е. Гольбрайх.–М.:ОО «Издательство Астрель»,2004.–383с
6. Грандберг, И.И. Органическая химия: Учеб. для студ. вузов обучающихся на агрономических специальностях/ И. И. Грандберг. – М.: Дрофа, 2004. –672 с.
7. Князев Д. А. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Д. А. Князев, С. Н. Смаыгин. – М.: Высш. шк., 1990. – 430 с.
8. Руководство к изучению курса “Общая и неорганическая химия”: Пособие для студентов нехимических специальностей / И. Е. Шиманович [и др.]; под ред. И.Е. Шимановича. – 3-е изд. – Минск: РИВШ, 2008. – 112 с.
9. Химия. Курс лекций: учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – 383 с.
10. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие/А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная, И. В. Ковалева, Т. В. Булак.–Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
11. Угай Я. А. Общая и неорганическая химия: Учебник для вузов/ Я. А. Угай. 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.
12. Химия: учебно-методический комплекс: Учебно-методическое пособие / О. В. Поддубная, И.В. Ковалева и др. – Горки: БГСХА, 2011. – 452 с. ISBN 978-985-467-359-2
13. Хмельницкий, Р. А. Физическая и коллоидная химия: Учебник для вузов/ Р. А. Хмельницкий. – М.: Высш. шк., 1988.
14. Цитович, Н. К. Курс аналитической химии: Учебник для вузов/ Н. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1987. – 403 с.
15. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: Учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 236 с.
16. Щербина, А.Э. Органическая химия. Задачи и упражнения: Учеб. пособие / А.Э. Щербина, Л.Г. Матусевич, И.В. Сенько. – Минск : Новое знание, 2007. – 304 с.

Дополнительная

1. Белясова, Н.А. Биохимия и молекулярная биология: Учеб. пособие/ Н.А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: Учеб. пособие / В.В. Свиридов, Г.А.Попкович и др. – Мн : Выш. шк., 2003. – 96 с.
3. Дорохова, Е. Н. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: Учебник для почвенно-агрохимических специальностей / Е. Н. Дорохова, Г. В. Прохорова. – М.: Высш. шк., 1991. – 354 с.
4. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач: Учеб. пособие. – Минск.: Аверсев, 2004. – 397 с.
5. Практикум по общей и биоорганической химии: Учеб. пособие для студ. высш. уч. завед. под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Изд. центр «Академия», 2008. – 240 с.
6. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: Учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб: Химиздат, 2001. – 784 с.
7. Степин, Б. Д. Неорганическая химия: Учебник для вузов/ Б. Д. Степин, А.А. Цветков. – М.: Высш. шк., 1994. – 608 с.

Справочники:

1. Краткий химический справочник. – М.: Химия, 1977.
2. Кольман, Я. Наглядная биохимия: Пер. с нем/ Я.Кольман, К.Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 469 с.
3. Лидин, Р.А. Химические свойства неорганических веществ/ Под ред. Р.А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008, – 480 с.



Учреждение образования
«Белорусская государственная
орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени
сельскохозяйственная академия»



Составители
Поддубная Ольга Владимировна
Ковалева Ирина Владимировна