



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



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Углеводы. Ди-и полисахариды.**



УГЛЕВОДЫ. ДИ-и ПОЛИСАХАРИДЫ.

1. Олигосахариды (дисахариды).

Восстанавливающие дисахариды: мальтоза, лактоза, целлобиоза.

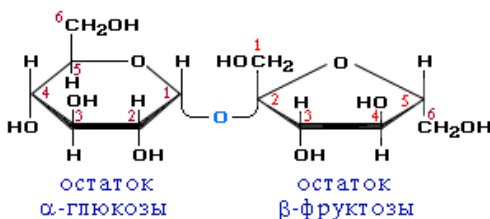
Их образование, строение.

Невосстанавливающие дисахариды (сахароза).

Образование и строение. Гидролиз

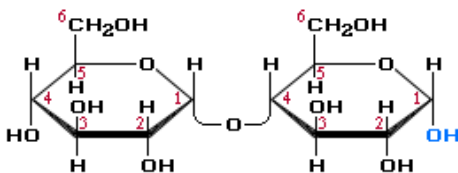
Дисахариды – это углеводы, молекулы которых состоят из двух остатков моносахаридов, соединенных друг с другом за счет взаимодействия гидроксильных групп (двух полуацетальных или одной полуацетальной и одной спиртовой). Примером наиболее распространенных в природе дисахаридов является сахароза (свекловичный или тростниковый сахар).

Молекула сахарозы состоит из остатков глюкозы и фруктозы, соединенных друг с другом за счет взаимодействия полуацетальных гидроксиллов.



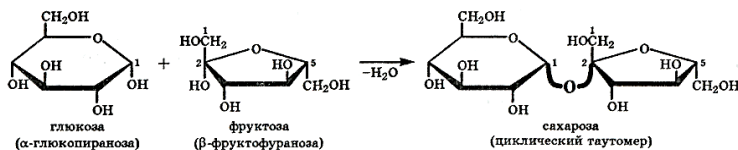
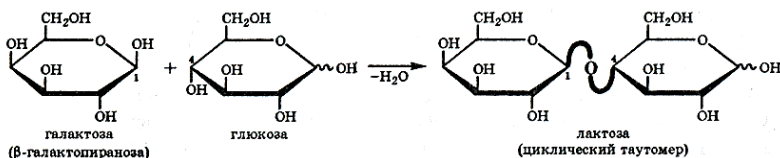
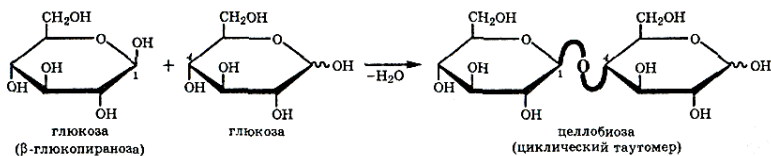
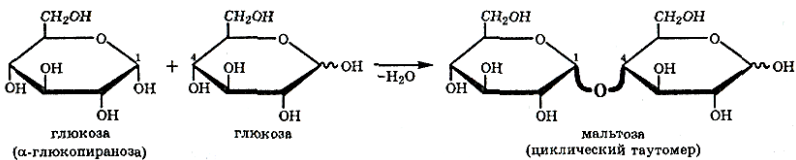
Сахароза, находясь в растворе, не вступает в реакцию «серебряного зеркала», так как не способна образовывать открытую форму. Подобные дисахариды называют невосстанавливающими, т. е. не способны окисляться.

Существуют дисахариды, в молекулах которых имеется свободный полуацетальный гидроксил, в водных растворах таких сахаров существуют равновесие между открытой и циклической формами молекул. Такие дисахариды легко окисляются, т. е. являются восстанавливающими, например, мальтоза.

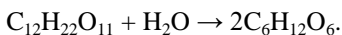




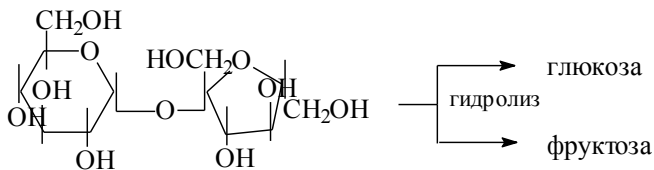
Синтез дисахаридов



Для дисахаридов характерна реакция гидролиза, в результате которой образуются две молекулы моносахаридов:



Сахарозу называют также *тростниковым* или *свекловичным сахаром*. Сахароза отличается от других дисахаридов тем, что содержит фруктофуранозное кольцо и гликозидная связь соединяет аномерные центры обоих сахаров в молекуле сахарозы.



сахароза

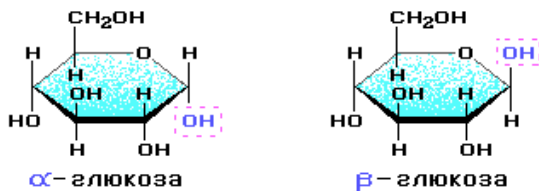
Поскольку в образовании ацеталя участвуют оба аномерных атома углерода, сахароза не относится к восстанавливающим сахарам. Она не реагирует ни с реактивом Толленса, ни с раствором Бенедикта.

По типу дисахаридов построены молекулы других олигосахаридов и полисахаридов.

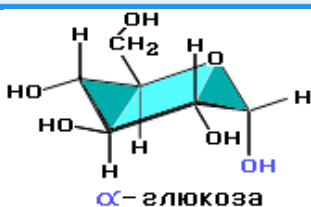
2. Полисахариды

Полисахариды – это природные высокомолекулярные углеводы, макромолекулы которых состоят из остатков моносахаридов. Основные представители – крахмал и целлюлоза – построены из остатков одного моносахарида – глюкозы. Крахмал и целлюлоза имеют одинаковую молекулярную формулу: $(C_6H_{10}O_5)_n$, но совершенно различные свойства. Это объясняется особенностями их пространственного строения.

Крахмал состоит из остатков α -глюкозы, а целлюлоза – из β -глюкозы, которые являются пространственными изомерами и отличаются лишь положением одной гидроксильной группы (выделена цветом):

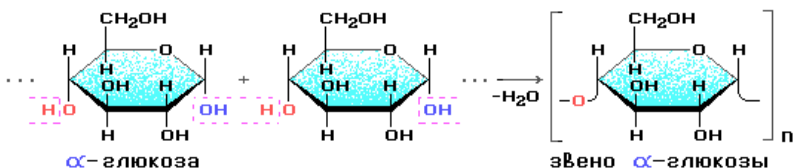


С учетом пространственного строения шестичленного цикла формулы этих изомеров имеют вид:



Крахмал

Крахмалом называется смесь двух полисахаридов, построенных из остатков циклической α -глюкозы.

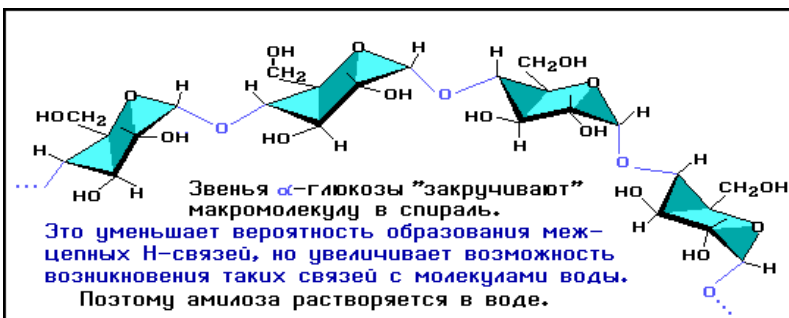


В его состав входят:

амилоза (внутренняя часть крахмального зерна) – 10–20 %;

амилопектин (оболочка крахмального зерна) – 80–90 %.

Цепь амилозы включает 200–1000 остатков α -глюкозы (средняя молекулярная масса 160 000) и имеет неразветвленное строение.

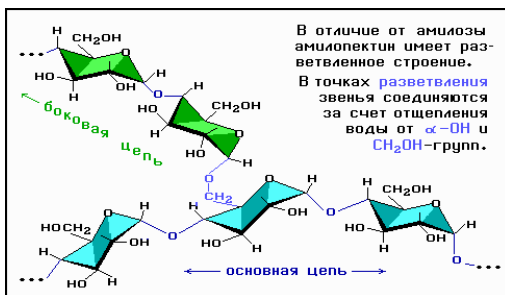


Макромолекула амилозы представляет собой спираль, каждый виток которой состоит из шести звеньев α -глюкозы. При взаимодействии амилозы с иодом в водном растворе молекулы иода входят во внутренний канал спирали, образуя так называемое соединение включения. Это соединение имеет характерный синий цвет. Данная реакция ис-



пользуется в аналитических целях для обнаружения как крахмала, так и иода (иодкрахмальная проба).

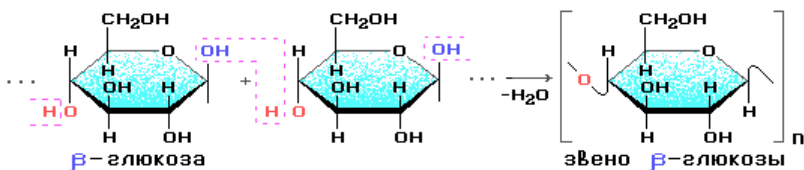
Амилопектин состоит из разветвленных макромолекул, молекулярная масса которых достигает 1–6 млн.



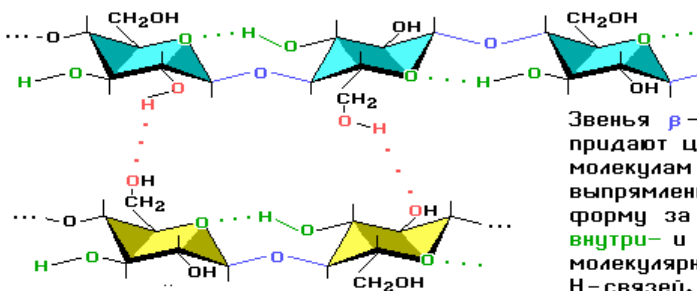
Подобно амилопектину построен гликоген (животный крахмал). Полисахарид *гликоген* снабжает организм животных глюкозой при повышенных физических нагрузках, а также в промежутках между приемами пищи. Он запасается преимущественно в печени и скелетной мускулатуре. Гликоген очень напоминает амилопектин, но в гликогене степень разветвления значительно выше. Гликоген можно рассматривать как структурный и функциональный аналог растительного крахмала у животных.

Целлюлоза (клетчатка) – наиболее распространенный растительный полисахарид. Этот биополимер обладает большой механической прочностью и выполняет роль опорного материала растений, образуя стенку растительных клеток. Используется в производстве волокон и бумаги.

В большом количестве целлюлоза содержится в древесине и хлопке. Цепи целлюлозы построены из остатков β -глюкозы и имеют линейное строение.

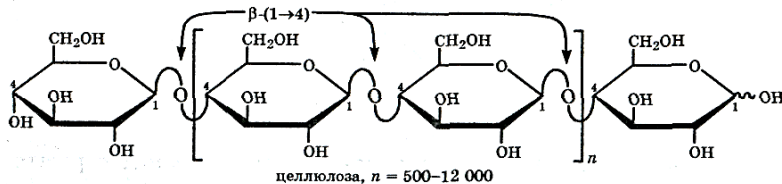


Молекулярная масса целлюлозы – от 400 тыс. до 2 млн. Целлюлоза относится к наиболее жесткоцепным полимерам.



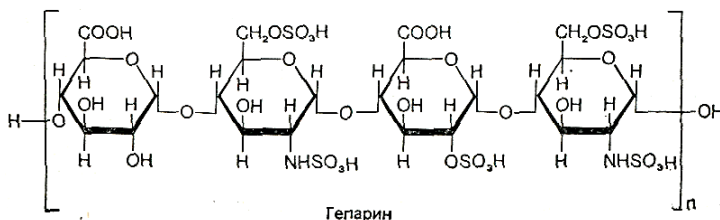
Звенья β -глюкозы
придают цепным
молекулам
выпрямленную
форму за счет
внутри- и меж-
молекулярных
H-связей.

Поэтому целлюлоза имеет волокнистую структуру и нерастворима.



Мукополисахариды относятся к высокомолекулярным гетерополисахаридам, образующим комплексные соединения с белками. Они являются основными компонентами слизей (слюны, кишечного сока, суставов). Основными представителями этой группы углеводов являются гепарин, гиалуроновая и хондроитинсерная кислоты.

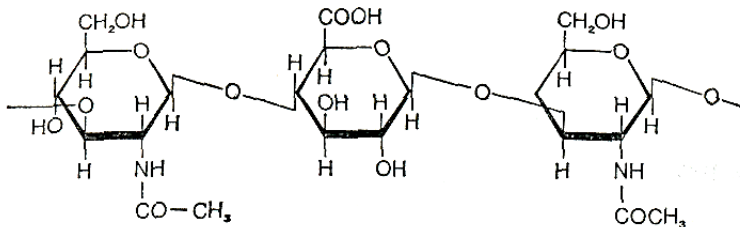
Гепарин является представителем гетерополисахаридов. Это полимер с молекулярной массой 20 000, состоящий из остатков глюкуроновой кислоты, α -D-глюкозамина и сеоной кислоты:



Гепарин препятствует свертыванию крови и поэтому широко используется в качестве антикоагулянта при переливании крови, а также для профилактики и лечения тромбозов.



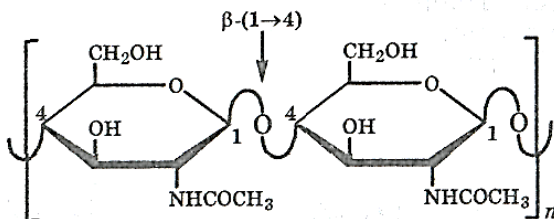
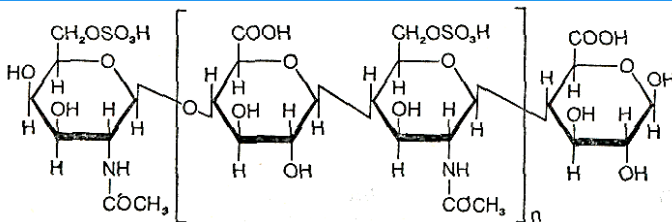
Гиалуроновая кислота – гетерополисахарид, молекула которого образована остатками N-ацетил- β -D-глюкозамина и β -D-глюкуроновой и уксусной кислот. Глюкозамин соединен с кислотой (3-(1,4)-связью. Структура гиалуроновой кислоты имеет вид



Молекулярная масса гиалуроновой кислоты – от 270 до 500 тыс. Благодаря ионизации карбоксильных групп гиалуроновая кислота взаимодействует с молекулами воды, различными ионами, образует высокомолекулярные комплексы с белками, растворы ее обладают большой вязкостью. Гиалуроновая кислота обнаружена в синовиальной жидкости, сухожилиях, в стекловидном теле глаза, пупочном канатике, злокачественных опухолях. В организме человека и животных гиалуроновая кислота играет большую роль в процессах проницаемости клеточных мембран, оплодотворения и в формировании защитных свойств организма от инфекции.

Хондроитинсерная кислота – высокомолекулярный гетерополисахарид (молекулярная масса 40 000–50 000). При его гидролизе образуется N-ацетилгалактозамин, глюкуроновая, уксусная и серная кислоты. В процессе синтеза хондроитинсерной кислоты N-ацетилгалактозамин может соединяться с глюкуроновой кислотой β -1,3 или β -1,4-гликозидными связями.

В зависимости от структуры и составных компонентов хондроитин-сульфаты могут находиться в трех формах – А, В и С. Структурное отличие хондроитинсульфатов А и С определяется положением сульфатных остатков. В хондроитинсульфате А-сульфатная группа соединена сложноэфирной связью с С-4 N-ацетилгалактозамина, а в хондроитинсульфате С она соединена с С-6. В молекуле хондроитинсульфата β -глюкуроновая кислота замещена ее изомером – идуроновой кислотой.



ХИТИН



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



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)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$;
Кронональдегид	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CHO}$;
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 (≡)	—	-ин
11	Группы всегда вы- ступающие в каче- стве заместителей	$-Br, -I, -Cl, -F, -NO,$ $-NO_2, -O-R, -S-R,$ $-N_3, -S-S-R,$ $-SO_2R, -O-S-R, -OON.$	



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