



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



Кафедра биологии растений и химии

ХИМИЯ

**Теоретический раздел
Лекция
Альдегиды и кетоны**

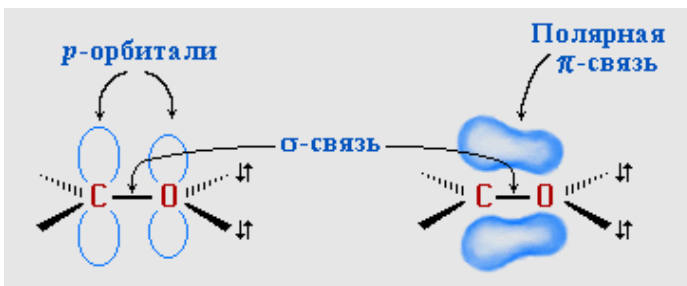
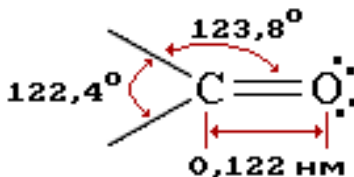


АЛЬДЕГИДЫ И КЕТОНЫ

1. Альдегиды и кетоны: их номенклатура и изомерия

Альдегидами и кетонами называются производные углеводородов, содержащие карбонильную группу, или оксогруппу >C=O . В альдегидах, как правило, карбонильная группа связана одной из своих свободных валентностей с атомом водорода, другой – с каким-либо углеводородным радикалом. Все альдегиды содержат группу COH , называемую альдегидной. В кетонах карбонильная группа двумя своими валентностями соединена с какими-либо углеводородными радикалами. Альдегиды и кетоны бывают насыщенными, ненасыщенными и ароматическими. Предельные альдегиды и кетоны с одинаковым числом углеродных атомов изомерны друг другу и имеют одну и ту же суммарную формулу.

Строение карбонильной группы

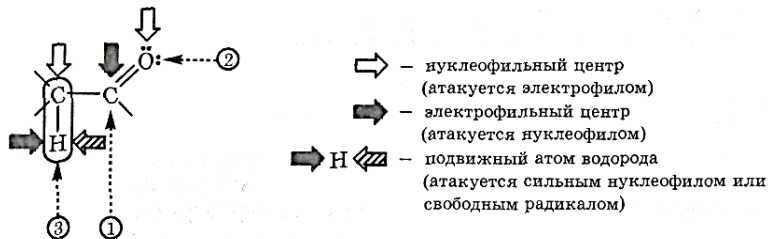


Альдегиды называют или по кислотам, в которые они переходят при окислении (тривиальная номенклатура), или по названию предельных углеводородов с добавлением окончания *-аль* (систематическая номенклатура IUPAC). Кетоны по рациональной номенклатуре называют по названию радикалов, входящих в их молекулу, с добавле-

нием окончания *-кетон*. По систематической номенклатуре ИУРАС кетоны называют по названию соответствующего углеводорода с добавлением окончания *-он* и с указанием местонахождения карбонильной группы.

Наличие карбонильной группы обуславливает высокую реакционную активность альдегидов и кетонов и определяет их способность к многочисленным и разнообразным реакциям.

π -связь образована p -электронами атомов углерода и кислорода. Реакционные центры альдегидов и кетонов обусловлены наличием в их молекулах карбонильной группы. Группа содержит атомы углерода и кислорода в состоянии sp^2 -гибридизации, поэтому их σ -связь и две другие σ -связи, образованные карбонильным атомом углерода, лежат в одной плоскости, а π -связь, образованная за счет бокового перекрытия негибридизованных p -орбиталей атомов углерода и кислорода, перпендикулярна ей. Двойная связь $C=O$ по сравнению со связью $C=C$ является одновременно и более реакционноспособной, и более прочной, что обусловлено ее высокой полярностью. В то же время карбонильная группа имеет и высокую поляризуемость. Это означает, что имеющиеся на атомах карбонильной группы значительные эффективные заряды могут быть дополнительно увеличены под действием внешних факторов, включая воздействие атакующих реагентов. Вызванное электроноакцепторным влиянием атома кислорода смещение электронной плотности в молекулах альдегидов и кетонов способствует формированию в них трех реакционных центров, представленных на схеме:



Наличие электронодефицитного углеродного атома карбонильной группы формирует *электрофильный центр* (1), склонный к нуклеофильной атаке реагента. Местом электрофильной атаки служит *нуклеофильный (основный) центр* (2) на кислородном атоме карбонильной группы. Кроме того, в альдегидах и кетонах имеется *слабый кислотный центр* (3) в α -положении к карбонильной группе, содержащий водородный атом со слабой протонной подвижностью и склонный к



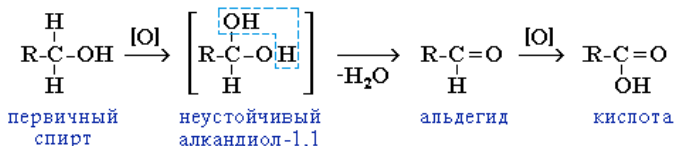
атаке свободным радикалом. Реакционная способность альдегидов, как правило, выше, чем кетонов, так как у них больше пространственная доступность реакционного центра на карбонильном атоме углерода, больше эффективный положительный заряд на этом атоме, а в то же время степень его окисления меньше, чем в кетонах. Последнее обстоятельство повышает его склонность к окислительно-восстановительным превращениям, включая его дисмутацию.

2. Способы получения карбонильных соединений

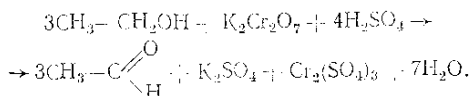
Получают альдегиды и кетоны чаще всего окислением и дегидрированием спиртов, омылением дигалогензамещенных, гидратацией ацетиленовых углеводородов по реакции М. Г. Кучерова, при сухой перегонке кальциевых солей карбоновых кислот и оксосинтезом.

1. Окисление спиртов.

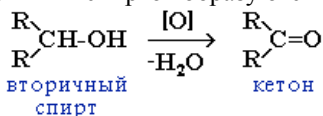
Первичные спирты при окислении образуют альдегиды, которые затем легко окисляются до карбоновых кислот.



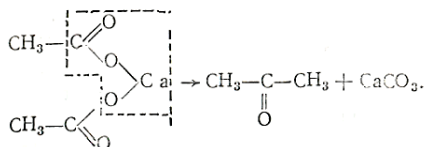
Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта



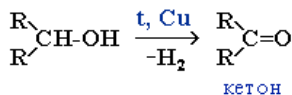
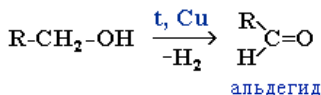
При окислении вторичных спиртов образуются кетоны.



Ацетон получают сухой перегонкой ацетата кальция по схеме:

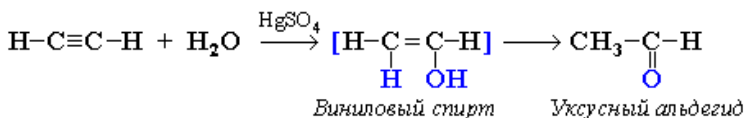


В промышленности альдегиды и кетоны получают дегидрированием спиртов, пропуская пары спирта над нагретым катализатором (Cu, соединения Ag, Cr или Zn).

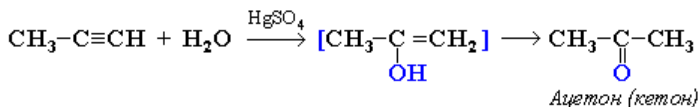


Этот способ позволяет получать карбонильные соединения, в особенности альдегиды, без побочных продуктов окисления. Гидратация алкинов (реакция Кучерова).

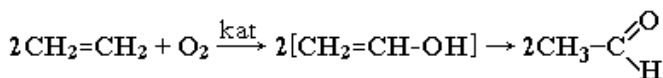
Присоединение воды к ацетилену в присутствии солей ртути(II) приводит к образованию ацетальдегида:



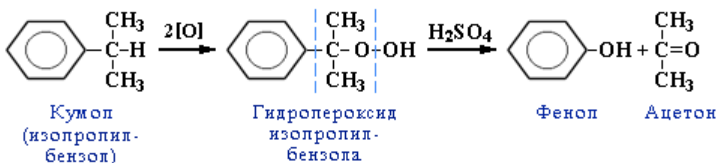
Кетоны получают при гидратации других гомологов ряда алкинов:



Окисление алкенов (катализаторы - хлориды Pd и Cu)



Этот способ более перспективен, чем гидратация алкинов, при которой используются токсичные ртутные катализаторы. Кумольный способ получения ацетона (наряду с фенолом)

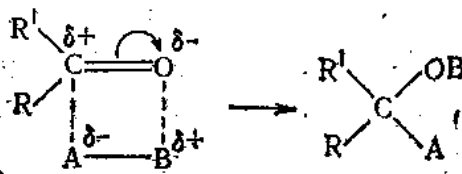


3. Химические свойства альдегидов и кетонов

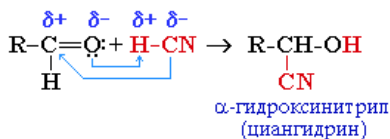
Кетоны и особенно альдегиды – весьма реакционноспособные соединения, вступающие в реакции самого различного типа.



Реакции присоединения. Реакции присоединения к альдегидам и кетонам обусловлены тем, что двойная связь между атомами кислорода и углерода в карбонильной группе сильно поляризована и легко переходит в простую связь при действии полярных агентов:

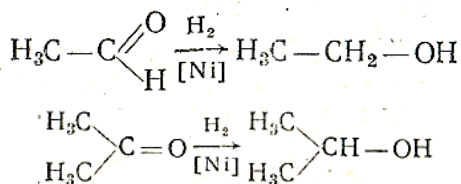


1. Альдегиды и кетоны присоединяют синильную кислоту в присутствии следов щелочей с образованием *оксинитрилов* (циангидринов):



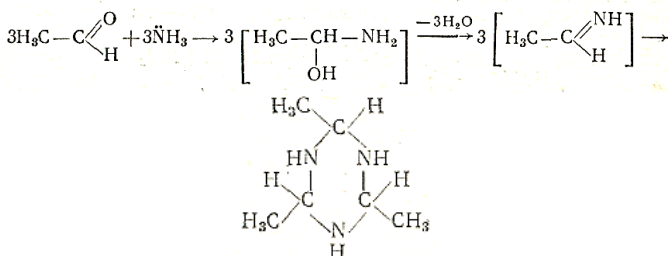
Роль щелочи заключается в том, что она повышает концентрацию ионов CN^- , которые и атакуют атом углерода карбонильной группы: $\text{OH}^- + \text{HCN} \leftrightarrow \text{HOH} + \text{CN}^-$. Оксинитрилы легко могут быть превращены в α -оксикислоты и α -аминокислоты.

2. Альдегиды и кетоны способны присоединять водород (восстанавливаться) по двойной связи, альдегиды дают при этом первичные спирты, кетоны – вторичные:



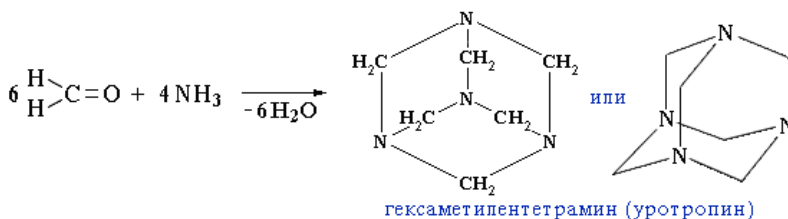
Эту реакцию можно осуществить, пропуская над мелкоизмельченным никелем, платиной или палладием смесь водорода с парами альдегида или кетона или действуя водородом в момент выделения.

3. С аммиаком альдегиды образуют кристаллические соединения – *альдегидаммиаки*:



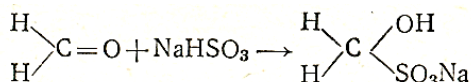
При действии разбавленных кислот альдегидаммиаки дают исходные альдегиды и аммониевые соли. Кетоны с аммиаком в более жестких условиях дают продукты сложных превращений.

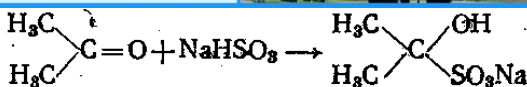
При взаимодействии с метаналем происходит более сложная реакция – конденсации формальдегид-аммиака с образованием полициклического тетрамина, так называемого уротропина:



Уротропин используют в медицине как мочегонное средство и для производства мощных взрывчатых веществ (гексоген). Реакция образования уротропина проходит легко и гладко при комнатной температуре в водном растворе. Реакция была открыта выдающимся русским композитором и химиком А. П. Бородиным, который, сочиняя великие музыкальные творения, много работал в домашней лаборатории.

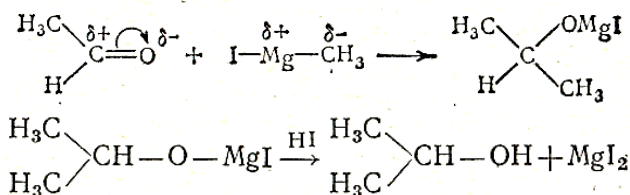
4. Альдегиды, кетоны ациклического ряда – циклогексанон, циклопентанон и те из кетонов, которые содержат метильную группу, связанную с карбонилем, способны присоединять гидросульфит (бисульфит) натрия NaHSO_3 . В результате получают так называемые гидросульфитные (бисульфитные) производные. В этих соединениях углерод непосредственно связан с серой. Реакцию проводят, взбалтывая альдегид или кетон с воз можно более концентрированным раствором NaHSO_3 :





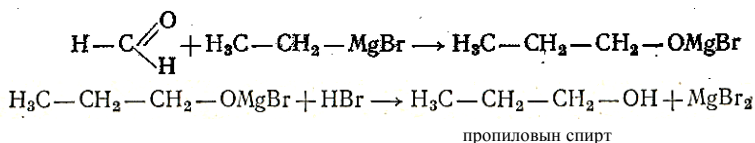
Гидросульфитные соединения – кристаллические вещества, расщепляющиеся при нагревании с раствором соды или разбавленными кислотами с образованием исходных альдегидов и кетонов. Они служат для выделения альдегидов и кетонов из их смесей с другими веществами и получения их в чистом виде.

5. Альдегиды и кетоны способны присоединять магниорганические соединения. Так, при прибавлении уксусного альдегида к эфирному раствору метил-магниодида выделяется осадок продукта присоединения:



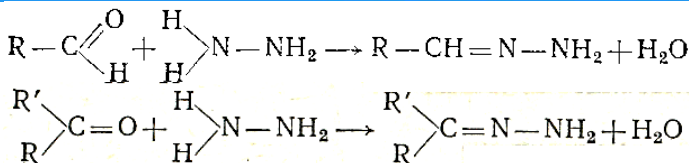
Радикал магниорганического соединения присоединяется к атому углерода, а остальная часть молекулы – к атому кислорода. Продукт реакции присоединения представляет собой алколюлят. При разложении его водным раствором кислоты получается изопропиловый спирт. Эта реакция позволяет, исходя из альдегида, получить вторичный спирт с большим количеством атомов углерода в молекуле.

Если взять муравьиный альдегид, в результате реакции образуется первичный спирт:

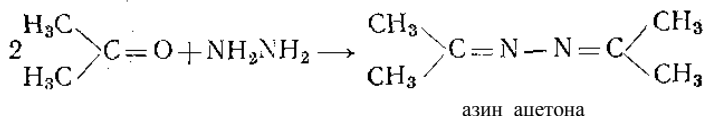


Аналогично идут реакции с кетонами с образованием третичных спиртов.

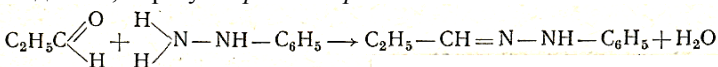
6. В присутствии каталитических количеств безводных сильных кислот к альдегидам легко присоединяются спирты с образованием ацеталей:



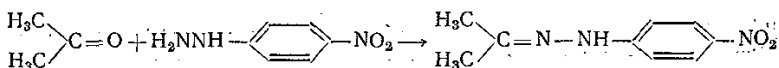
или при других молярных соотношениях – *азины*:



3. Альдегиды и кетоны, взаимодействуя с фенилгидразином или его производными, образуют *фенилгидразоны*:

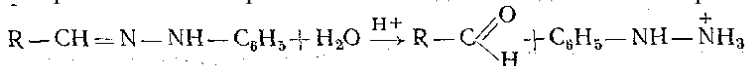


фенилгидразон пропионового альдегида

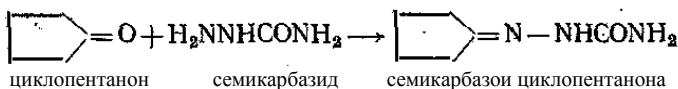


p-нитрофенилгидразон ацетона

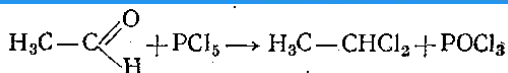
Оксимы, гидразоны и фенилгидразоны гидролизуются водными растворами кислот с образованием исходных соединений. Например,



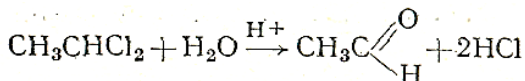
Оксимы и фенилгидразоны – большей частью кристаллические вещества с характерными температурами плавления. Реакцией их образования пользуются для идентификации того или иного альдегида или кетона или для того, чтобы выделить альдегиды и кетоны из смеси с веществами других классов. Часто для этих целей используют и семикарбазид:



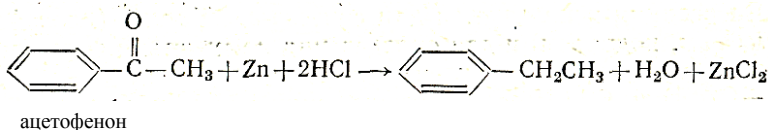
4. При действии пятихлористого или пятибромистого фосфора атом кислорода в молекуле альдегида или кетона замещается двумя атомами галогена:



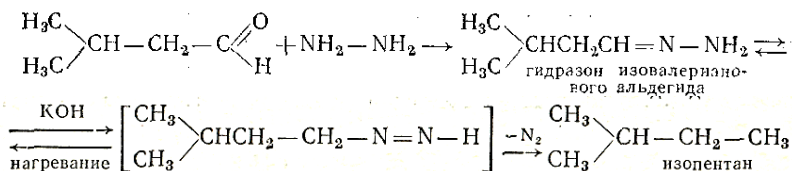
Таким образом, получают геминальные галогенпроизводные углеводородов с двумя атомами галогена при одном атоме углерода. Такие дигалогенпроизводные, реагируя с водой в присутствии кислот, способны опять давать исходные альдегиды или кетоны.



5. К реакциям замещения кислорода относится и восстановление карбонильных соединений до углеводородов. Оно осуществляется или **по Клеменсену** (главным образом для ароматических кетонов) водородом в момент выделения:



или **по реакции Кижнера-Вольфа** с использованием реакции незамещенных гидразонов с едкими щелочами:

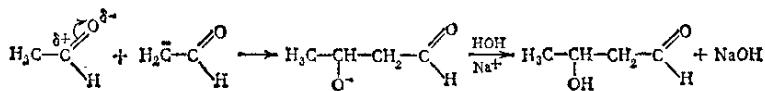


Реакции с участием водородного атома в α -положении к карбонильной группе.

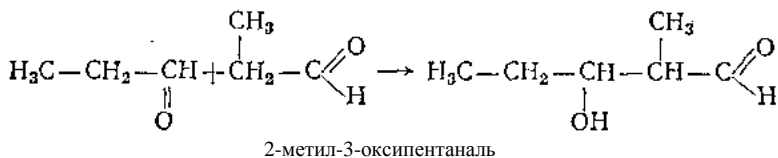
1. Сильно поляризованная карбонильная группа в альдегидах и кетонах оказывает очень большое влияние на водородные атомы, находящиеся у соседнего с карбонильной группой атома углерода; в результате пониженной электронной плотности (δ^+) на этом углеродном атоме они приобретают повышенную реакционную способность. Так, эти атомы легко замещаются при действии хлора или брома:



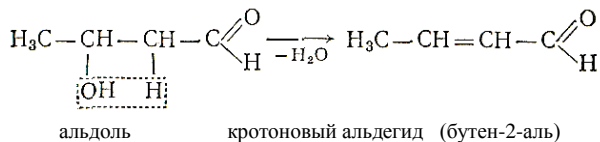
Последний присоединяется к двойной связи $>C=O$ второй молекулы:



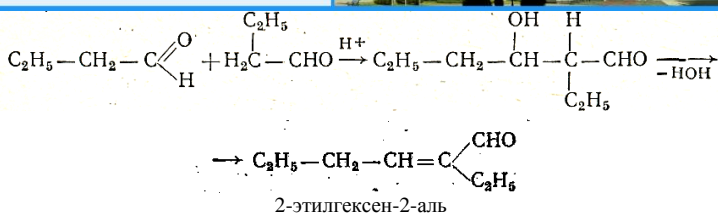
Реакция может катализироваться и кислотами. Роль протона состоит в том, что он присоединяется к молекуле карбонильного соединения, образуя карбокатион. Последний присоединяется ко второй енолизованной (также за счет действия протона) молекуле карбонильного соединения. Продукт реакции – жидкость, смешивающаяся с водой и перегоняющаяся без разложения только при уменьшенном давлении. Как видно из формулы, это соединение содержит в молекуле как альдегидную группу, так и спиртовую (отсюда название *альдоль*). Аналогичные альдоли получают и из гомологов уксусного альдегида. Такая реакция называется *альдольной конденсацией*. Альдольная конденсация идет за счет атома водорода только в α -положении к карбонильной группе. Для пропионового альдегида реакция выразится следующим уравнением:



Альдоли – малоустойчивые соединения, они легко теряют элементы воды, образуемой в результате отщепления гидроксильной группы и оставшегося α -атома водорода с образованием α , β -ненасыщенного карбонильного соединения:

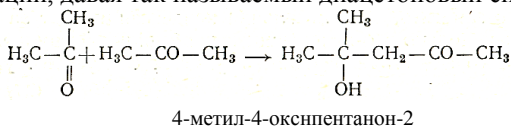


Конденсация альдегидов, протекающая с отщеплением воды, называется *кротовой*. Она легко идет и с гомологами уксусного альдегида, имеющими свободную метиленовую группу $>CH_2$ в соположении к карбонилу. Так, с масляным альдегидом протекает следующая реакция:

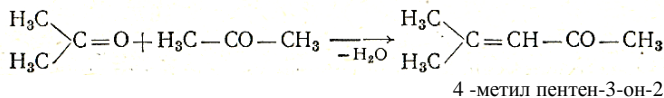


При действии на альдегиды крепких щелочей процесс конденсации проходит очень энергично и приводит к образованию смолообразных продуктов – смеси высокомолекулярных соединений. Это объясняется тем, что при образовании как альдоля, так и кротонового альдегида сохраняются альдегидные группы, которые далее могут вступать во взаимодействие друг с другом и с молекулами исходных альдегидов по типу альдольной и кротоновой конденсации. С кетонами такие процессы происходят с трудом.

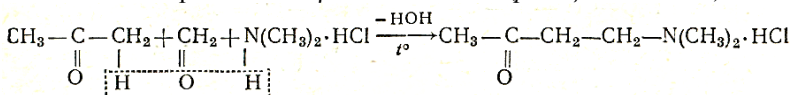
Реакциями конденсации принято называть также реакции, которые приводят к образованию новых углерод-углеродных связей. Реакция может идти без выделения простых молекул (воды, аммиака), как при образовании альдолей, или же с выделением их, как в кротоновой конденсации. Аналогично альдегидам, наиболее активные кетоны тоже способны к альдольной и кротоновой конденсации. Так, например, ацетон при действии гидроокиси бария уплотняется по типу альдольной конденсации, давая так называемый диацетоновый спирт:



Под действием щелочей реакция протекает по типу кротоновой конденсации и приводит к образованию окиси мезитила;



3. Кетоны, а также альдегиды, имеющие подвижный α-атом водорода, конденсируются в присутствии формальдегида с солями вторичных аминов с образованием β-аминокетонов (реакция Манниха):

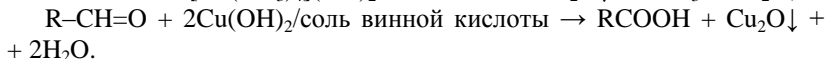
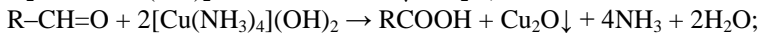
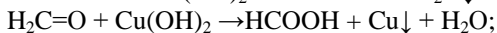
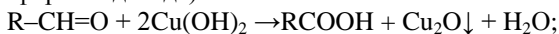


Реакция проходит в водном или спиртовом растворе.

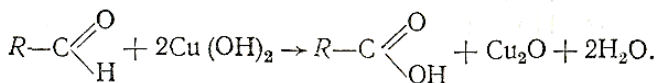


в) в составе комплекса с солью винной кислоты (реактив Фелинга).

При этом образуется красно-кирпичный осадок оксида меди(I) или металлическая медь (реакция «медного зеркала», более характерная для формальдегида):



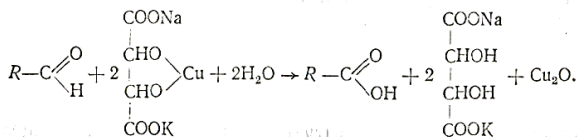
При нагревании наблюдают появление осадка оксида меди(I) желтого цвета, переходящего в красный:



Муравьиный альдегид, в отличие от других альдегидов, восстанавливает оксиды меди, образуя «медное зеркало».

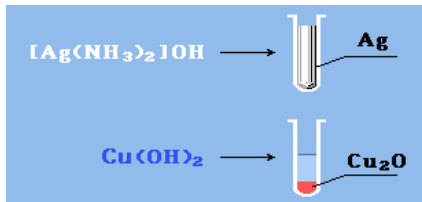
4. Реакция восстановления альдегидами реактива Фелинга.

Реакционную смесь нагревают. При этом раствор сначала окрашивается в зеленый, а затем в желтый цвет, и наконец, выпадает оксид меди(I) красного цвета:



5. Цветная реакция на альдегиды с фуксиксернистой кислотой: наблюдается постепенное появление красно-фиолетовой окраски. Если к смеси муравьиного альдегида с фуксиксернистой кислотой прибавлять концентрированную соляную кислоту, то появляется характерная синяя окраска. В смеси изовалерианового альдегида с фуксиксернистой кислотой под влиянием соляной кислоты окраска сравнительно быстро исчезает.

Данные реакции являются качественными на альдегидную группу





5. Сравнение свойств альдегидов и кетонов

Как альдегиды, так и кетоны могут присоединять водород, синильную кислоту, магниевые органические соединения, гидросульфит натрия. С гидроксиламином и фенилгидразином альдегиды и кетоны реагируют с образованием оксимов и фенилгидразонов; при действии пятихлористого фосфора атом кислорода в молекулах альдегидов и кетонов замещается двумя атомами хлора.

Однако между альдегидами и кетонами имеются и существенные различия. Так, в отличие от альдегидов кетоны не окрашивают бесцветный раствор фуксинсернистой кислоты, в мягких условиях не конденсируются под действием щелочей, за редкими исключениями, и дают со спиртами ацетали только в присутствии кислот Льюиса. Из кетонов с гидросульфитом натрия реагируют только те, которые содержат одну метильную или две метиленовые группы в непосредственном соседстве с карбонилем.

Окисляются кетоны труднее, чем альдегиды, причем при их окислении происходит разрушение молекулы, труднее для кетонов протекают и реакции конденсации.

Применение альдегидов и кетонов

Метаналь (муравьиный альдегид) $\text{CH}_2=\text{O}$:
получение фенолформальдегидных смол;
получение мочевино-формальдегидных (карбамидных) смол;
полиоксиметиленовые полимеры;
синтез лекарственных средств (уротропин);
дезинфицирующее средство;
консервант биологических препаратов (благодаря способности свертывать белок).

Этаналь (уксусный альдегид, ацетальдегид) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$:

производство уксусной кислоты;

органический синтез.

Ацетон $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_3$:

растворитель лаков, красок, ацетатов целлюлозы;

сырье для синтеза различных органических веществ.



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	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-пентил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	изопропил (пропил-2)	$\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	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)	$\text{CH}_2=$ $\text{CH}\equiv$ $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2-$ $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ $\text{CH}_2=\text{CH}-$ $\text{HC}\equiv\text{C}-$ $\text{CH}_2=\text{C}-$ $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	метилен метин этилиден этилен триметилен винил этинил изопропенил
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	трет-бутил		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2- \end{array}$	н-пентил		
$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CHCH}_2\text{CH}_2- \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	изопентил	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-$ $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_2-$	1-бутенил 2-бутенил
C_6H_5-	фенил	$\text{CH}_2=\text{C}-\text{CH}_2-$ $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	метилаллил (металлил)
$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-$	толил (п-изомер)	$\text{CH}_3-\text{C}=\text{O}$ $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	ацетил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-$	бензил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}=\text{O}$ $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$	бензоил
$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-$	стирил	$-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$	метилендиокси
$(\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{CH}-$	бензгидрил (дифенил-метил)		
$(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{C}-$	тритил		
$\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-$	винилиден		
$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-$	аллил		
$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-$	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 (акриральдегид)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHO}$;
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	Щавелевая	Оксалил	$-\text{OC}-\text{OC}-$
Пропандиовая	Малоновая	Малонил	$-\text{OC}-\text{CH}_2-\text{CO}-$
Бутандиовая	Янтарная	Сукцинил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_2-\text{CO}-$




Пентандиовая	Глутаровая	Глутарил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-$
Гександиовая	Адипиновая	Адипоил	$-\text{OC}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-$
Непредельные алифатические кислоты			
Пропеновая	Акриловая	Акрилоил	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-$
Пропиновая	Пропиоловая	Пропиолоил	$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CO}-$
2-Метилпропеновая	Метакриловая	Метакрилоил	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-овая	Кротоновая	Кротоноил	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCO}-$
цис-Бутен-2-овая	Изокротоновая	Изокротоноил	— " —
цис-Октадецен-9-овая	Олеиновая	Олеоил	$\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3$ $\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{CO}-$
цис-Бутен-2-диовая	Малеиновая	Малеолил	$-\text{OC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$
транс-Бутен-2-диовая	Фумаровая	Фумароил	— " —
Карбоциклические кислоты			
Бензолкарбоновая	Бензойная	Бензоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-$
Метилбензол- карбоновая	Толуиловая (о-, м-, п-)	Толуил (о-, м-, п-)	$\text{CH}_3-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
1,2-Бензолди- карбоновая	Фталевая	Фталоил	
1,4-Бензолдикробоная	Терефталевая	Терефталоил	$-\text{OC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$
транс-3-Фенилпропеновая	Коричная	Циннамоил	$\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$

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

№п/п	Класс	Префикс	Суффикс
1	Катионы	онио-	-оний (но –карбений $^+\text{CH}_3$)
2	Карбоновые кислоты $-\text{COOH}$	карбокси-	-овая кислота (карбоновая кислота)
3	Нитрилы $-\text{C}\equiv\text{N}$	циано-	-нитрил (карбонитрил)
4	Альдегиды $-\text{CHO}$	формил-	аль- (карбальдегид)
5	Кетоны $>\text{C}=\text{O}$	оксо-	-он
6	Спирты $-\text{OH}$	гидрокси-	-ол
7	Тиолы $-\text{SH}$	меркапто-	-тиол
8	Амины	амино-	-амин
9	Двойная связь (=)	—	-ен
10	Тройная связь (\equiv)	—	-ин
11	Группы всегда вы- ступающие в каче- стве заместителей	$-\text{Br}$, $-\text{I}$, $-\text{Cl}$, $-\text{F}$, $-\text{NO}$, $-\text{NO}_2$, $-\text{O}-\text{R}$, $-\text{S}-\text{R}$, $-\text{N}_3$, $-\text{S}-\text{S}-\text{R}$, $-\text{SO}_2\text{R}$, $-\text{O}-\text{S}-\text{R}$, $-\text{OON}$.	



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