

# **Организация подготовки к ЕГЭ по химии: окислительно-восстановительные реакции с участием органических веществ**

**Сероштанова Наталья Георгиевна**  
учитель химии МАОУ СОШ № 5 Ленинградский округ

# Вопросы...

- Какие **продукты** образуются при окислении органических веществ **в зависимости от условий** протекания реакции?
- Как влияют на направление процесса **температура, кислотность среды?**
- Как быстро и правильно **расставить коэффициенты** в уравнении реакции с участием органических веществ?



# Основные принципы организации подготовки обучающихся к экзамену

Подготовка к экзамену должна осуществляться в процессе преподавания учебного предмета.

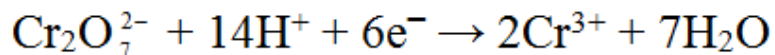
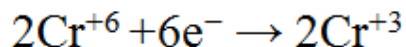
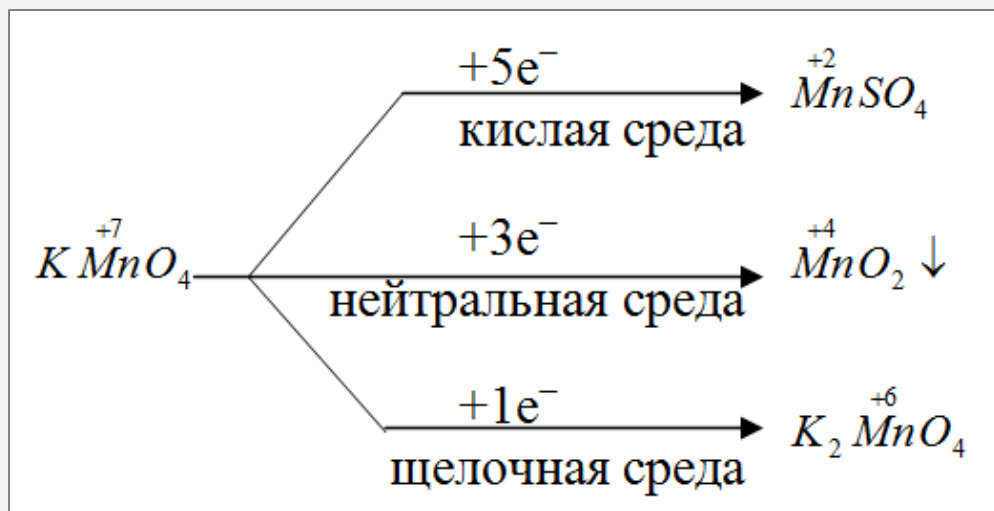
**Нельзя сводить подготовку к экзамену только к тренировке в выполнении заданий, аналогичных заданиям экзаменационной работы!**

Главная задача подготовки к экзамену — целенаправленная работа по повторению, систематизации и обобщению изученного материала, по приведению в систему знаний ключевых понятий курса химии.

**Необходим опыт проведения реального химического эксперимента!**

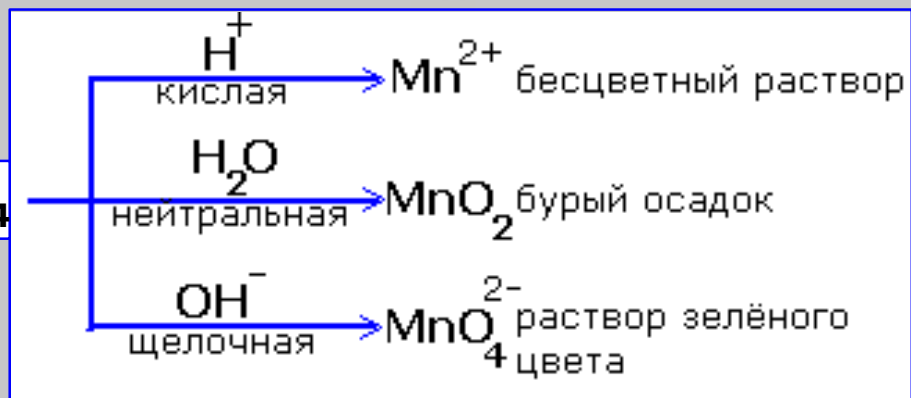
# Важнейшие окислители

- Кислород, озон, галогены
- Соединения переходных металлов:  $\text{KMnO}_4$  в различных средах,  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в кислой среде, раствор  $\text{CrO}_3$  в разбавленной серной кислоте (реактив Джонса); для окисления альдегидов —  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ , реактив Толленса  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{OH}$



# Основные окислители

**KMnO<sub>4</sub>**

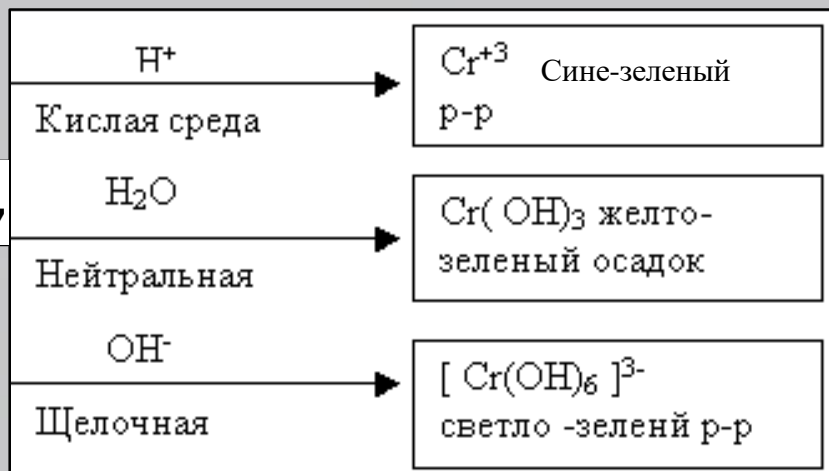


**MnSO<sub>4</sub>**

**MnO<sub>2</sub>**

**K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>**

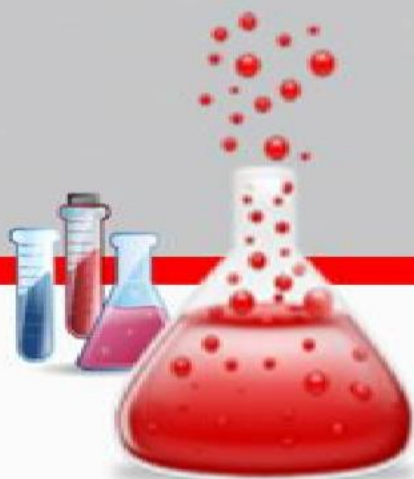
**K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>**



**Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>**

**Cr(OH)<sub>3</sub>**

**K<sub>3</sub>[Cr(OH)<sub>6</sub>]**



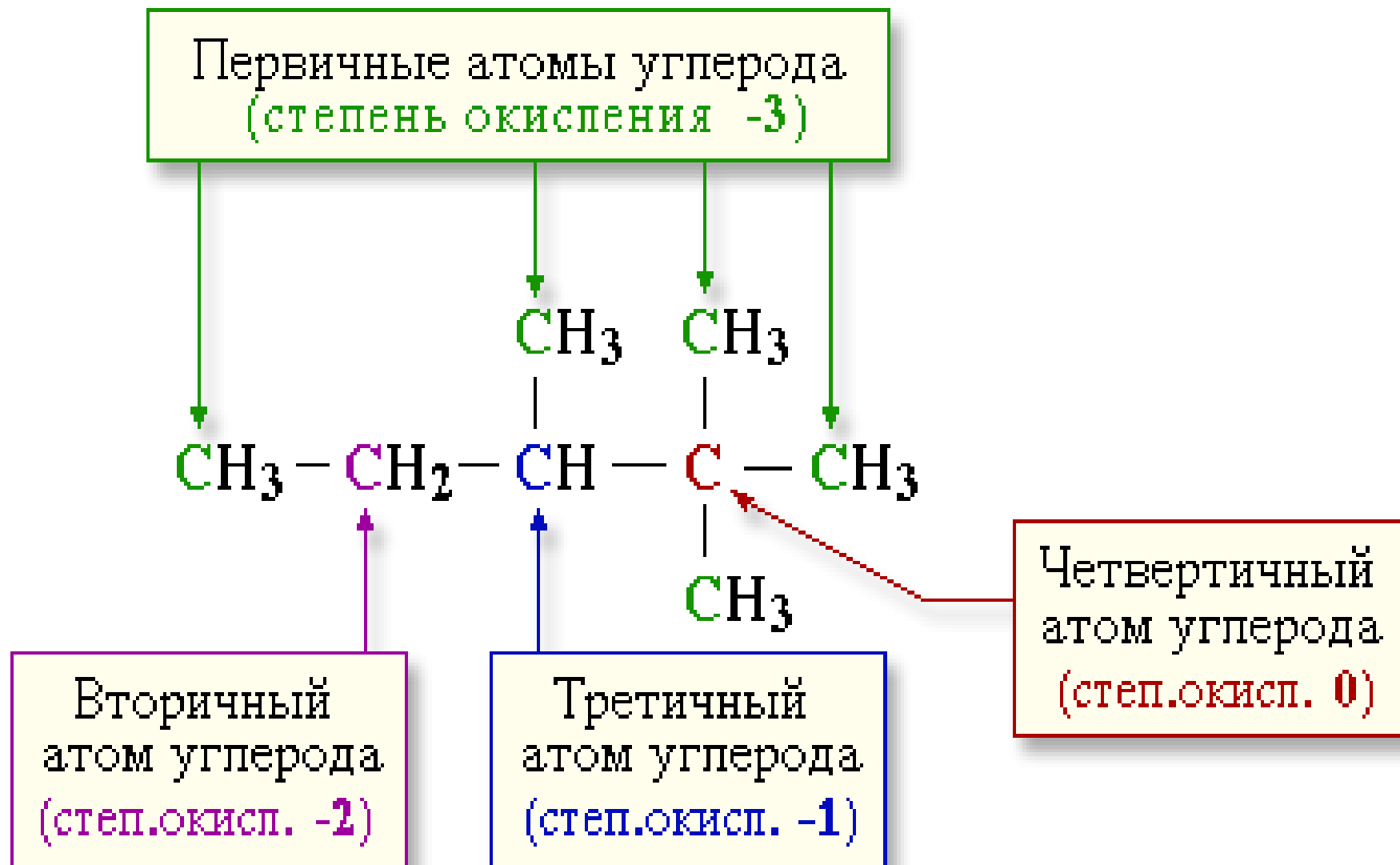
**O<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>**

Среда	$\text{H}_2\text{O}_2$ – окислитель
В кислой среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\tilde{\text{e}} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
В щелочной среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\tilde{\text{e}} \rightarrow 2\text{OH}^-$
В нейтральной среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\tilde{\text{e}} \rightarrow 2\text{OH}^-$

Окислители	Кислая среда ( $\text{H}^+$ )	Нейтральная среда ( $\text{H}_2\text{O}$ )	Щелочная среда ( $\text{OH}^-$ )
Озон, $\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	$\text{OH}^- + \text{O}_2$	



# Степени окисления атома углерода



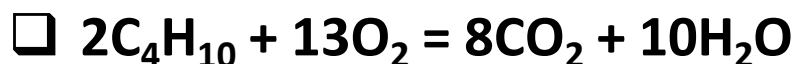
# Изменение степени окисления атомов углерода в молекулах органических соединений

Класс органических соединений	Степень окисления атома углерода							
	-4/-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
Алканы	$\text{CH}_4$ $\text{CH}_3\text{-CH}_3$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$	$\text{CH}_3$ $\text{C H}_3\text{-C H-CH}_3$	$\text{CH}_3$ $\text{C H}_3\text{-C -CH}_3$ $\text{CH}_3$	-	-	-	-
Алкены	-	$\text{CH}_2\text{=CH}_2$	$\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$		-	-	-	-
Алкины	-	-	$\text{CH}\equiv\text{CH}$	$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$	-	-	-	-
Спирты	-	-	$\text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-OH}$	$\text{H}_3\text{C-C H-CH}_3$ $\text{OH}$	$\text{CH}_3$ $\text{H}_3\text{C-C -CH}_3$ $\text{OH}$	-	-	-
Галогеналканы	-	-	$\text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-Cl}$	$\text{H}_3\text{C-C H-CH}_3$ $\text{Cl}$	$\text{CH}_3$ $\text{H}_3\text{C-C -CH}_3$ $\text{Cl}$	-	-	-
Альдегиды и кетоны	-	-	-	-	$\text{H}_3\text{C-CH=O}$	$\text{H}_3\text{C-CO-CH}_3$	-	-
Карбоновые	-	-	-	-	-	-	$\text{H}_3\text{C-COOH}$	-

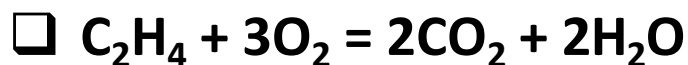


# Горение органических веществ

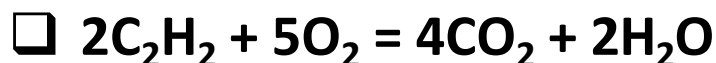
➤ **Реакция горения** приводит к **полному окислению** органических веществ, в результате чего образуются **CO<sub>2</sub>** и **H<sub>2</sub>O**:



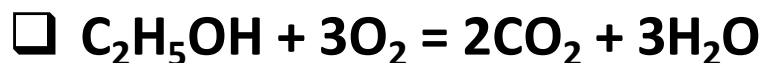
бутан



этен



этин



этанол



➤ При сгорании **азотсодержащих** веществ выделяется также **N<sub>2</sub>**:



метиламин

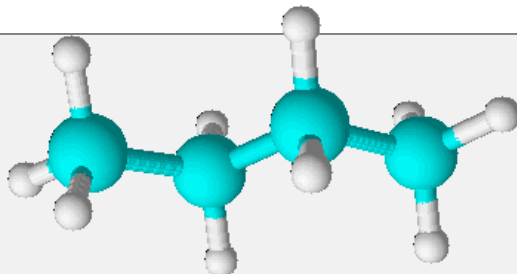
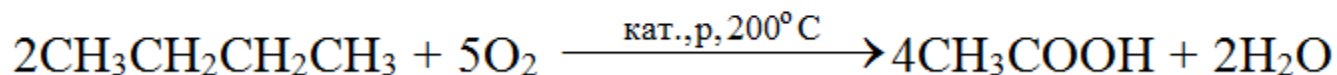
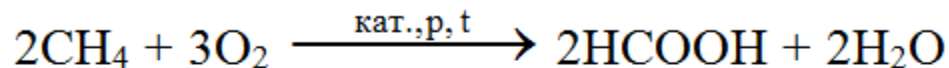
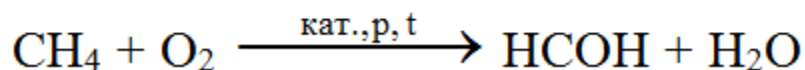
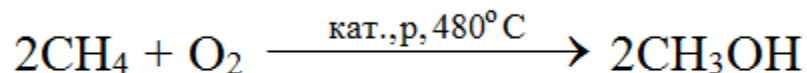
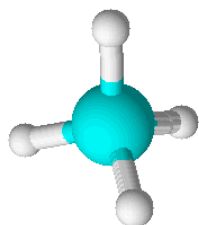
➤ Горение **хлорпроизводных углеводов** сопровождается выделением **HCl**:



хлорэтан

# Окисление алканов

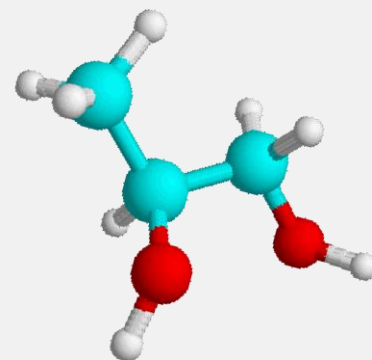
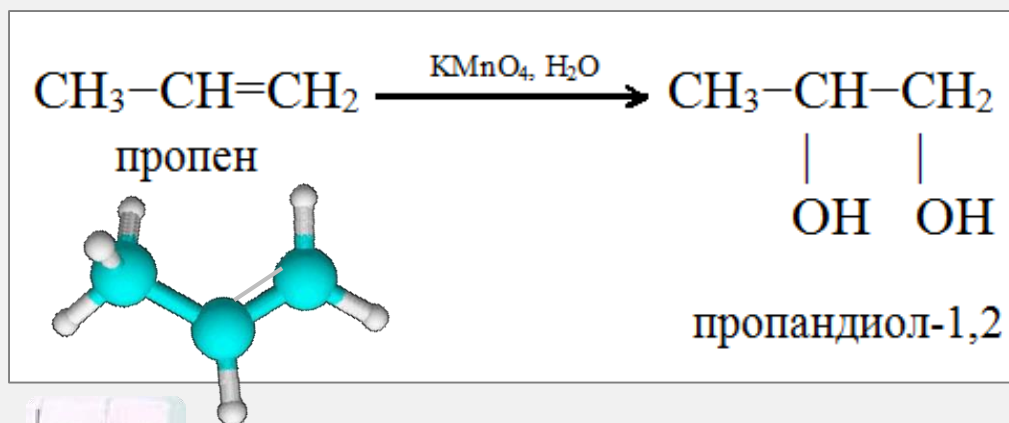
- При обычных условиях **устойчивы к действию окислителей** (растворы  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )
- В результате **контролируемого каталитического окисления кислородом** можно получить **спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты**:



# Окисление алкенов

Алкены в зависимости от строения, природы окислителя и условий реакции окисляются до **двухатомных спиртов, эпоксидов, альдегидов, кетонов, карбоновых кислот**

- При окислении водным раствором  $\text{KMnO}_4$  при комнатной температуре происходит разрыв  $\pi$ -связи и образуются **двухатомные спирты** (реакция Вагнера):

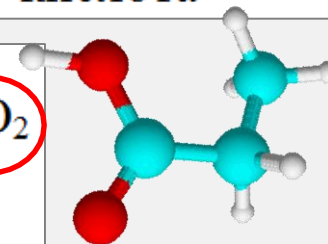
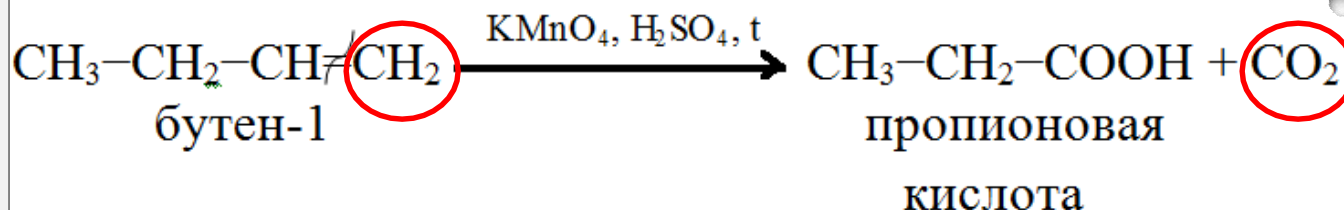
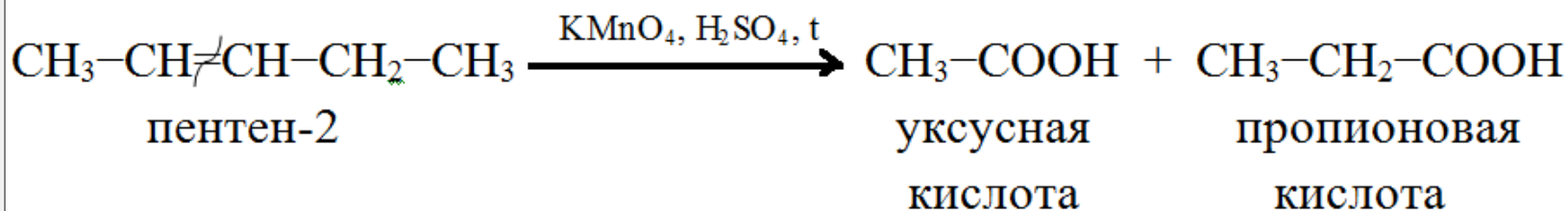
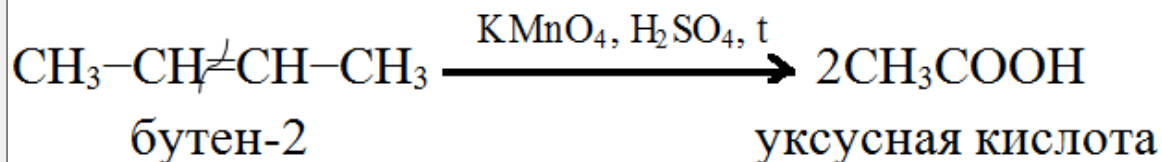
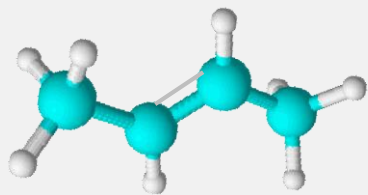


**Обесцвечивание раствора перманганата калия — качественная реакция на кратную связь**

# Окисление алкенов

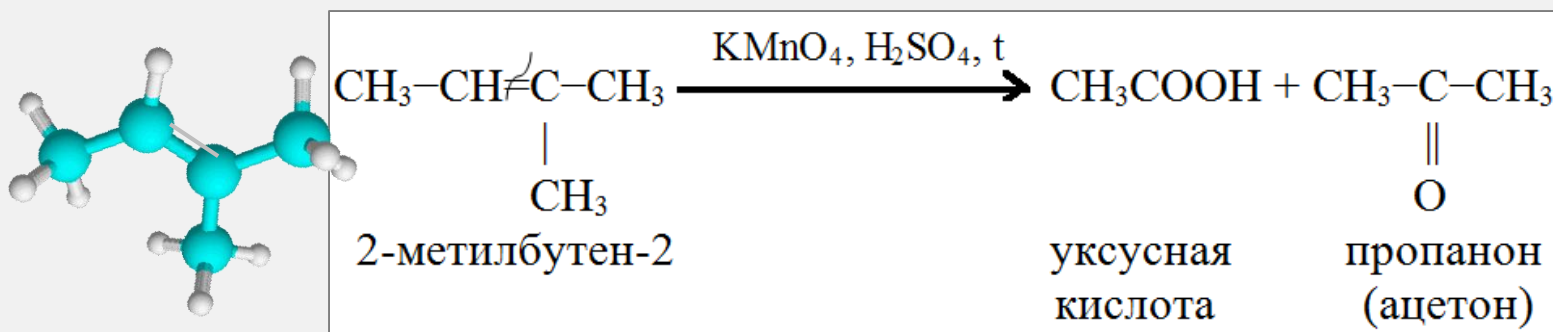
Окисление алкенов концентрированным раствором перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  или бихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в кислой среде сопровождается разрывом не только  $\pi$ -, но и  $\sigma$ -связи

- Продукты реакции – **карбоновые кислоты** и **кетоны** (в зависимости от строения алкена)
- По продуктам окисления алкена можно **определить положение двойной связи** в его молекуле:

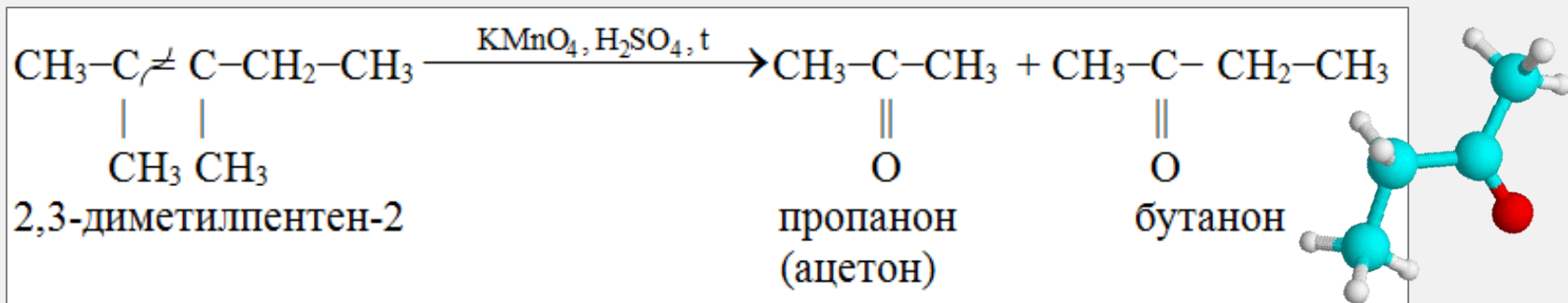


# Окисление алкенов

- Алкены **разветвленного строения**, содержащие углеводородный радикал у атома углерода, соединенного двойной связью, при окислении образуют **смесь карбоновой кислоты и кетона**:

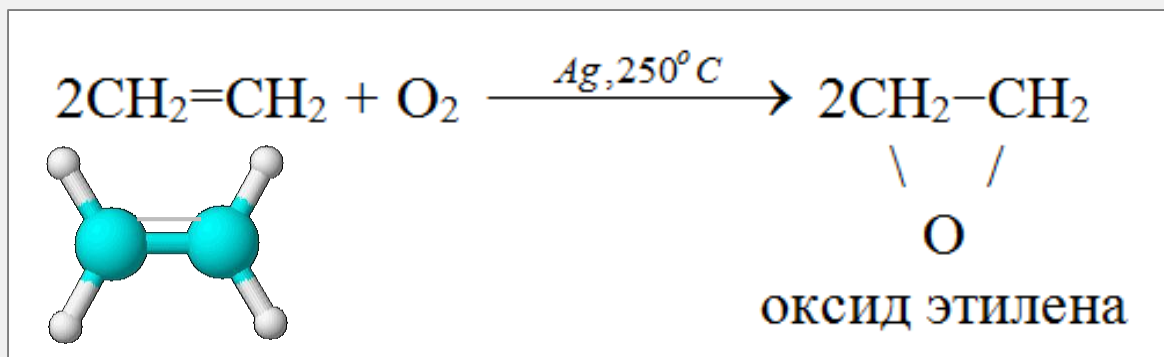


- Алкены **разветвленного строения**, содержащие углеводородные радикалы у **обоих** атомов углерода, соединенных двойной связью, при окислении образуют **смесь кетонов**:

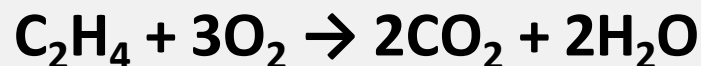


# Окисление алкенов

- При каталитическом окислении алкенов кислородом воздуха получают **эпоксиды**:

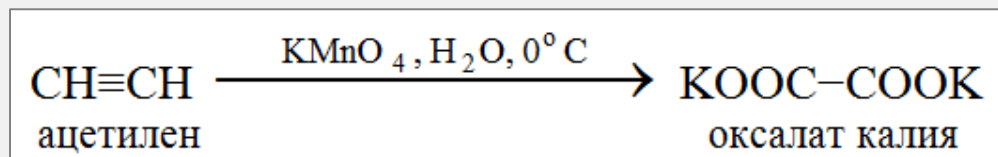


В жестких условиях при сжигании на воздухе алкены сгорают с образованием **углекислого газа** и **воды**:

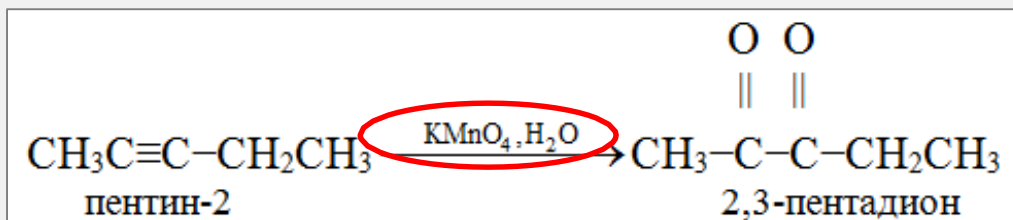


# Окисление алкинов

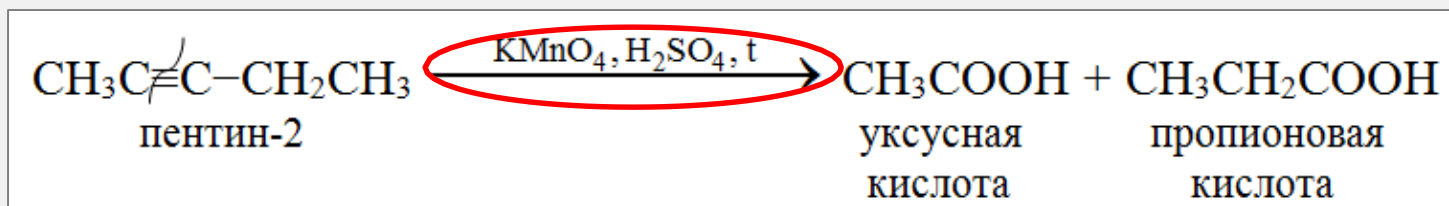
- Ацетилен окисляется **водным раствором  $\text{KMnO}_4$**  до **оксалата калия  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$** :



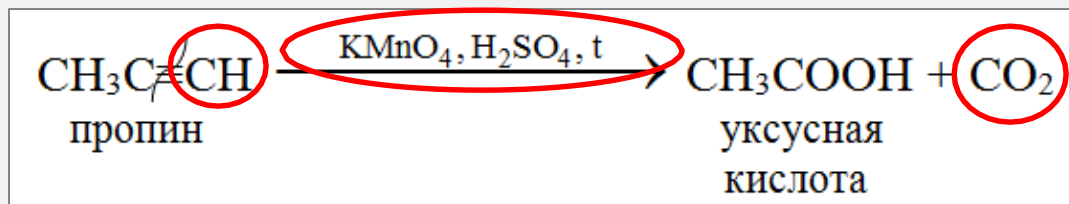
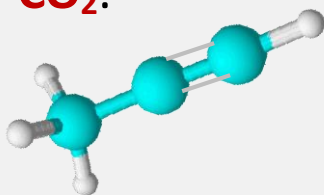
- В мягких условиях алкины с **неконцевой тройной связью** окисляются до  **$\alpha$ -кетонов**:



- В жестких условиях алкины с **неконцевой тройной связью** окисляются до **карбоновых кислот**:

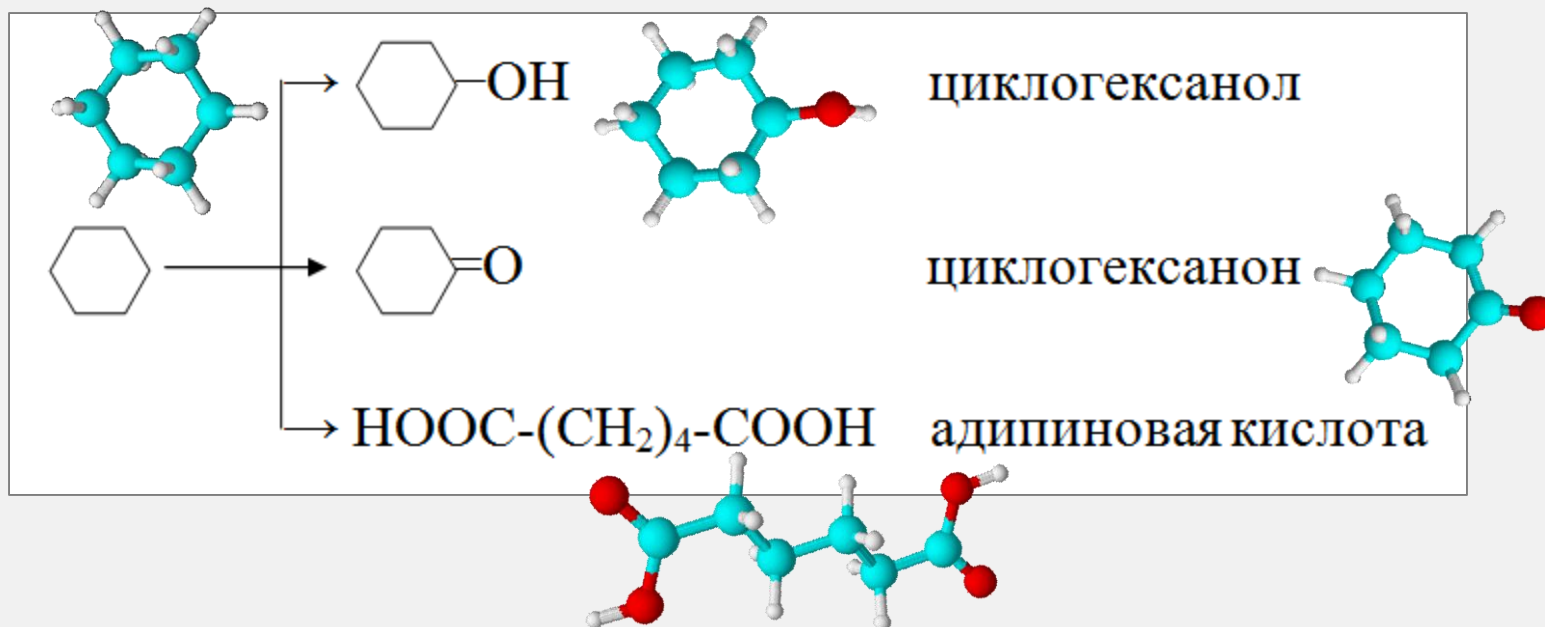


- Алкины, содержащие **тройную связь у крайнего атома углерода**, окисляются в **жестких условиях** с образованием **карбоновой кислоты** и  **$\text{CO}_2$** :



# Окисление циклоалканов

- В зависимости от условий каталитическим окислением воздухом **циклогексана** получают **циклогексанол**, **циклогексанон** или **адипиновую кислоту**
- При действии сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и др.) циклоалканы образуют **двухосновные карбоновые кислоты** с тем же числом атомов углерода:

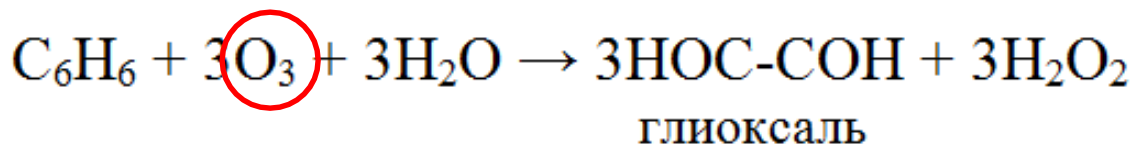
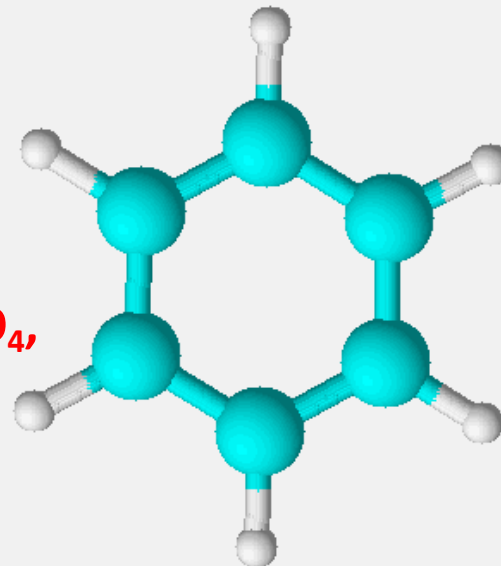




# Окисление аренов

## Бензол

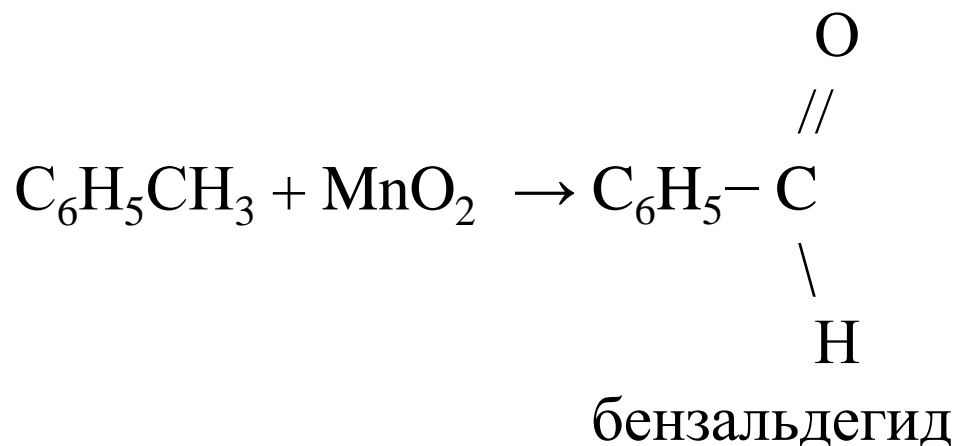
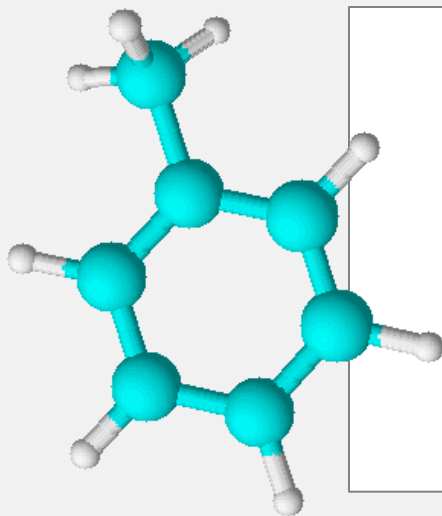
- Устойчив к окислителям при комнатной температуре
- Не реагирует с водными растворами  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и других окислителей
- Можно окислить **озоном** с образованием **диальдегида**:



# Окисление аренов

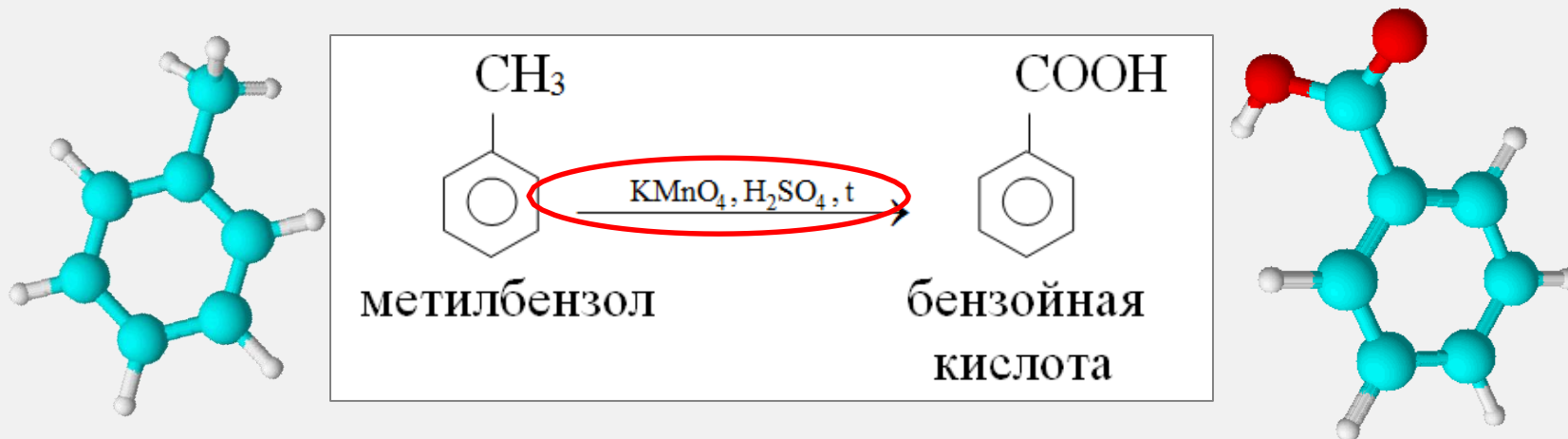
## Гомологи бензола

- Окисляются относительно легко
- Окислению подвергается боковая цепь
- Мягкие окислители ( $\text{MnO}_2$ ) окисляют метильную группу до альдегидной группы:

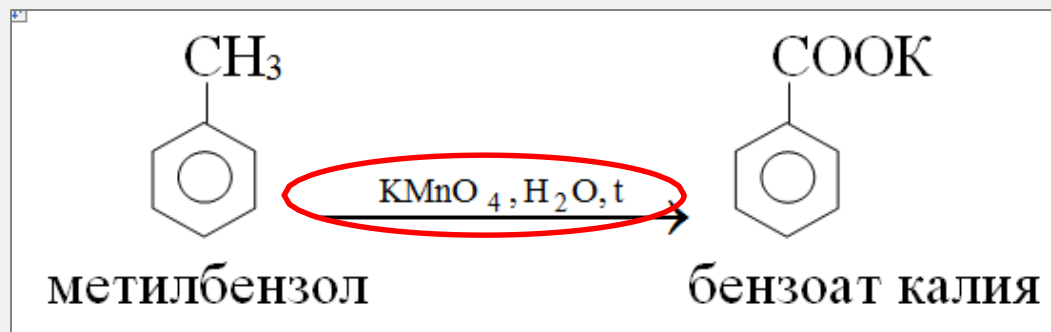


# Окисление аренов

- Более сильные окислители –  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде или хромовая смесь при нагревании окисляют метильную группу до **карбоксильной**:



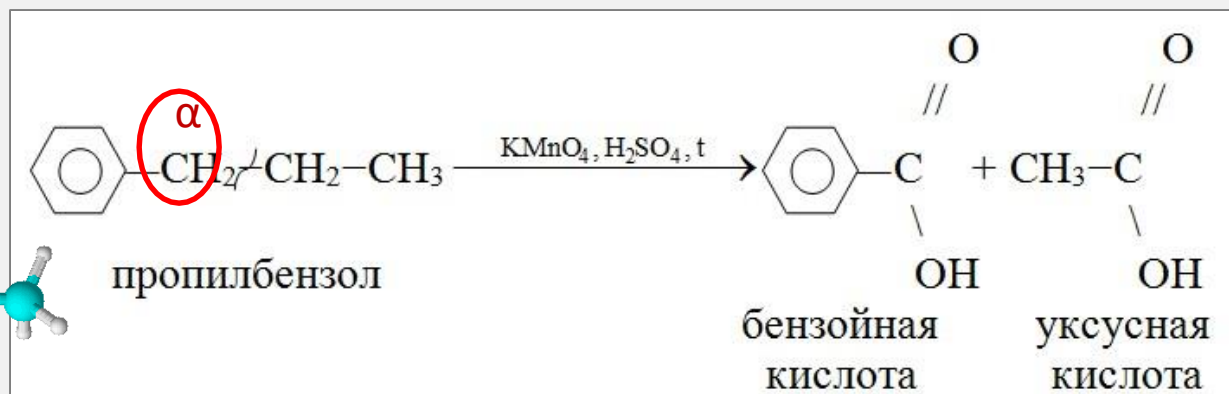
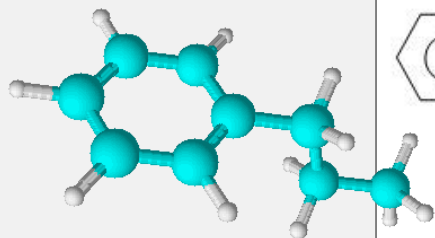
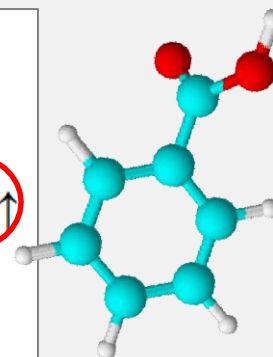
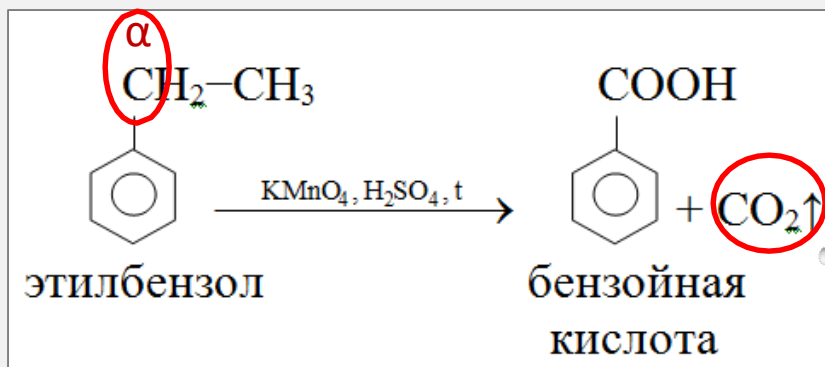
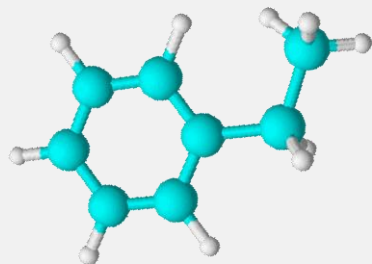
- В нейтральной или слабощелочной среде образуется не сама бензойная кислота, а ее соль - **бензоат калия**:



# Окисление аренов

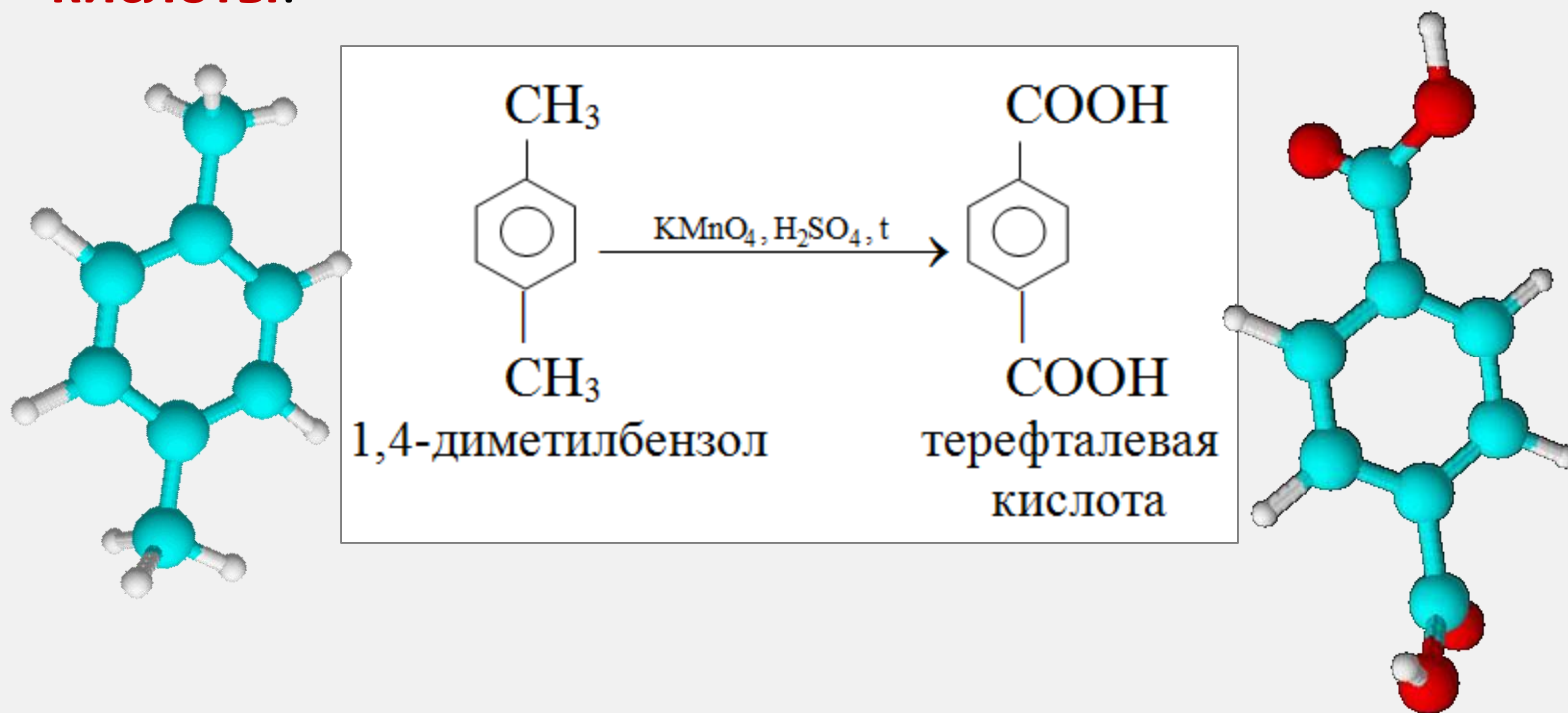
Под действием **сильных окислителей** ( $\text{KMnO}_4$  в кислой среде или **хромовой смеси**) окисление идет по  $\alpha$ -углеродному атому с образованием **бензойной кислоты**

- Окисление **гомологов бензола с одной боковой цепью** под действием  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде или хромовой смеси приводит к образованию **бензойной кислоты**:



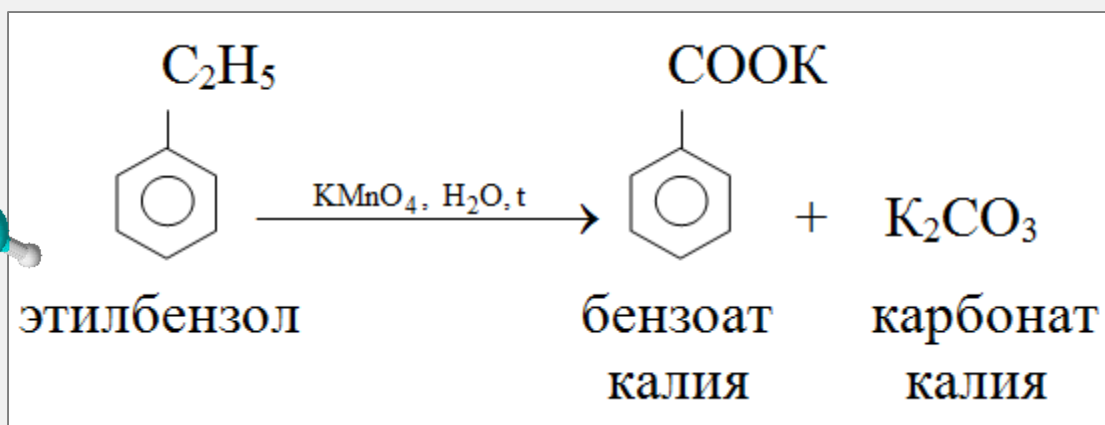
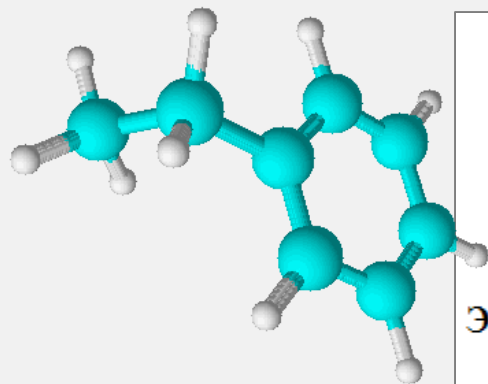
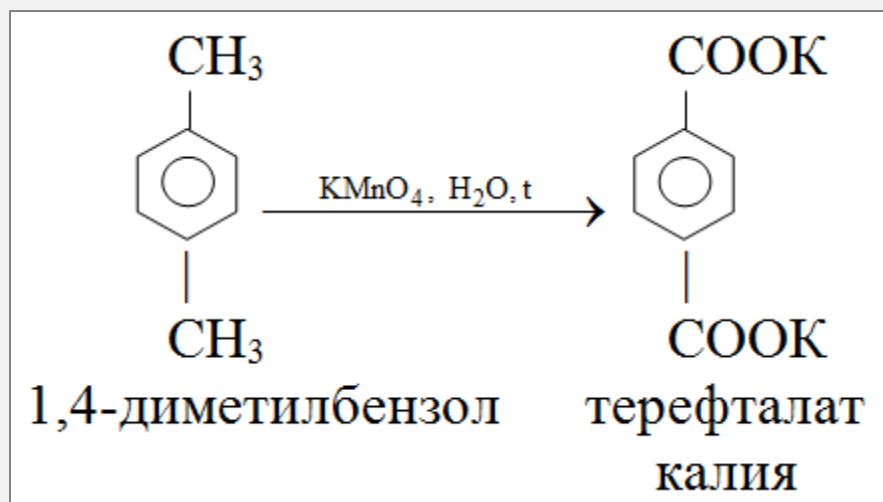
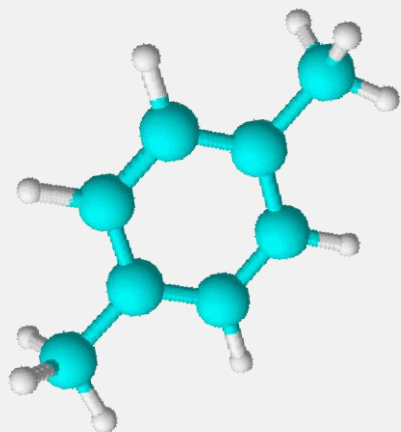
# Окисление аренов

**Гомологи бензола**, содержащие **несколько боковых цепей**, при окислении образуют соответствующие **многоосновные ароматические кислоты**:



# Окисление аренов

- В нейтральной или слабощелочной среде при окислении перманганатом калия  $\text{KMnO}_4$  образуются **соль карбоновой кислоты** и **карбонат калия**:

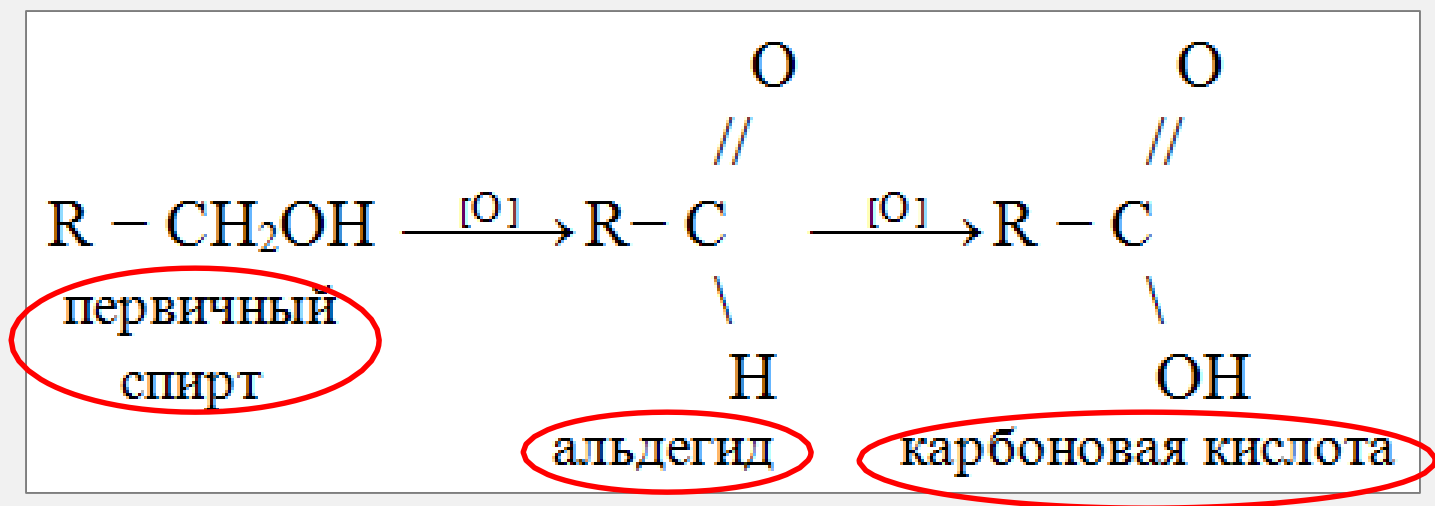


# Окисление спиртов

Окислители для первичных и вторичных спиртов:

$\text{KMnO}_4$ , хромовая смесь,  $\text{O}_2$  в присутствии катализатора,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Br}_2$

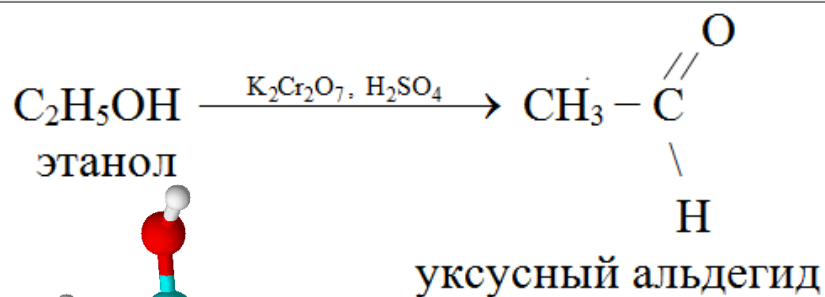
## ➤ Продукты окисления первичных спиртов



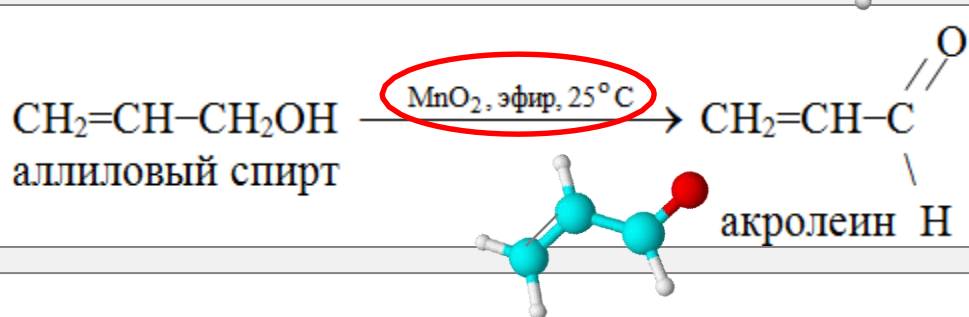
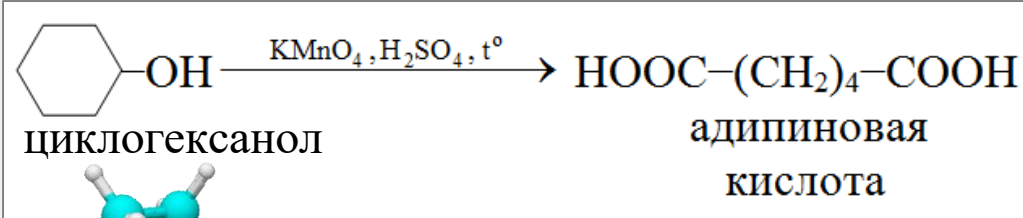
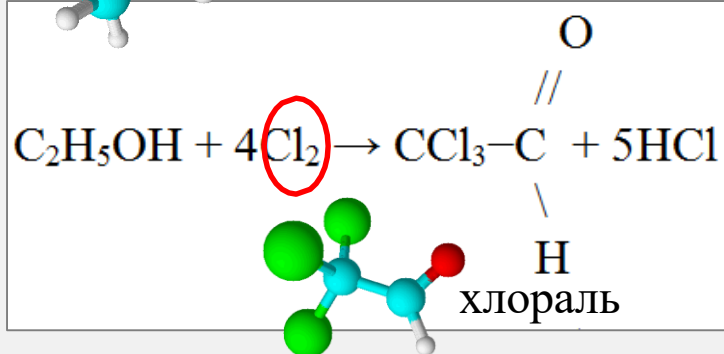
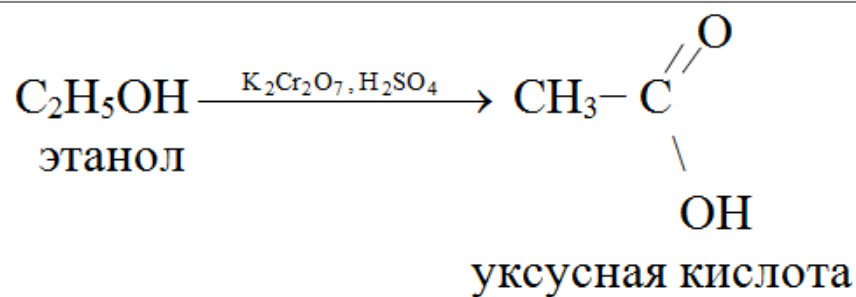
# Окисление спиртов

## Окисление первичных спиртов

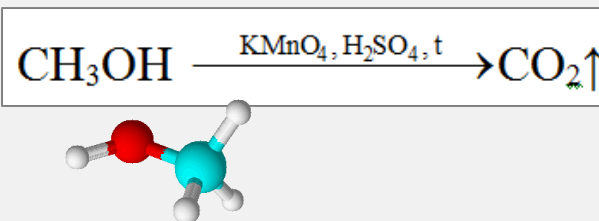
до альдегидов



до карбоновых кислот



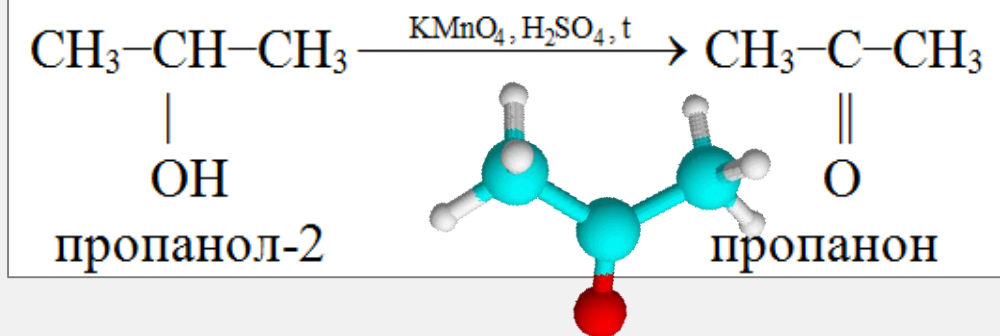
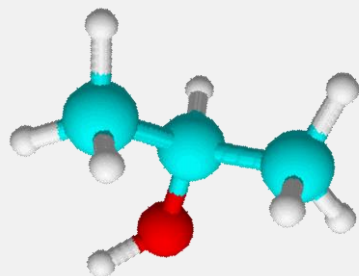
Метанол окисляется до CO<sub>2</sub>:





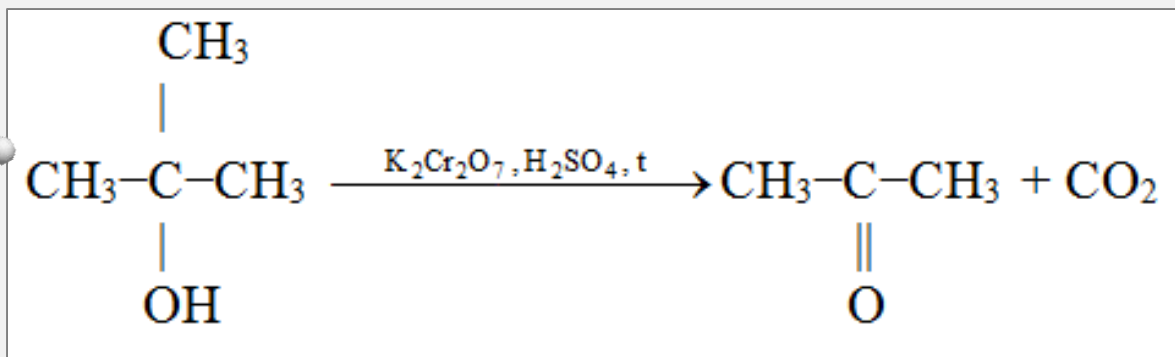
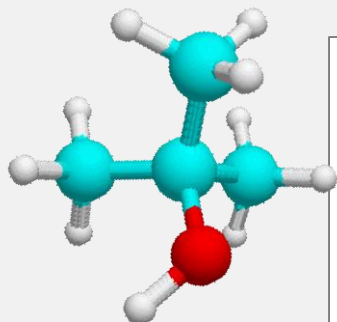
# Окисление спиртов

➤ **Вторичные спирты** окисляются до **кетонов**:



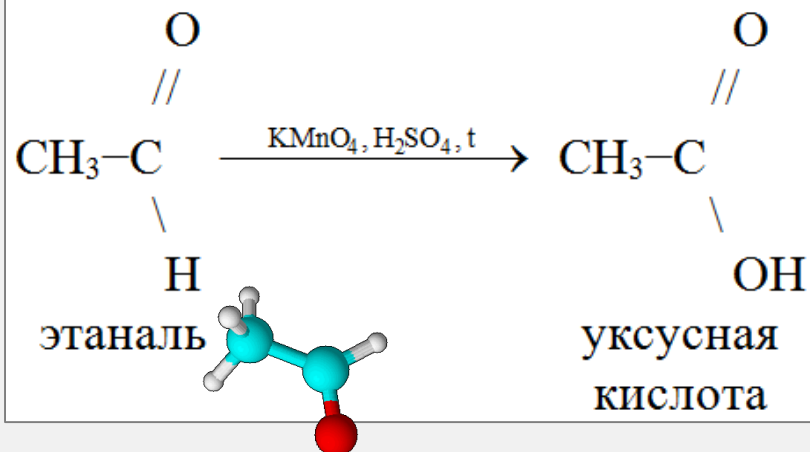
➤ **Третичные спирты** устойчивы к окислению!

Окисление *трет*-бутанола в «жёстких» условиях:

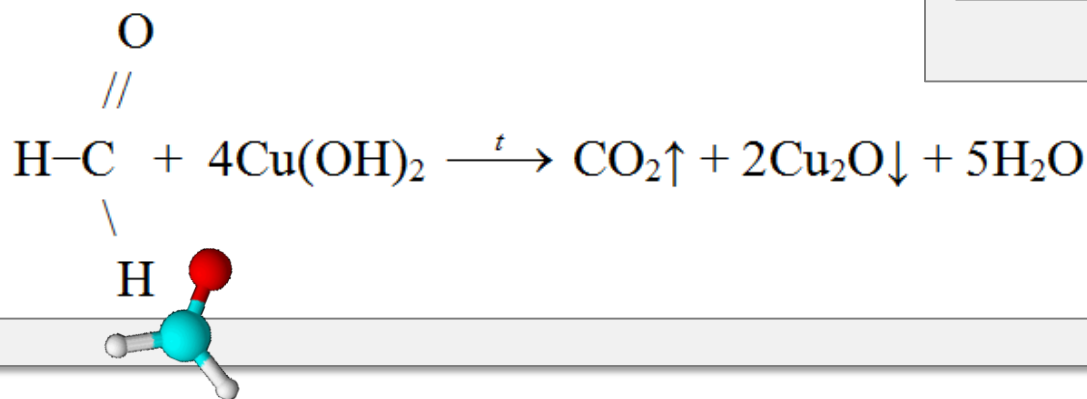


# Окисление альдегидов и кетонов

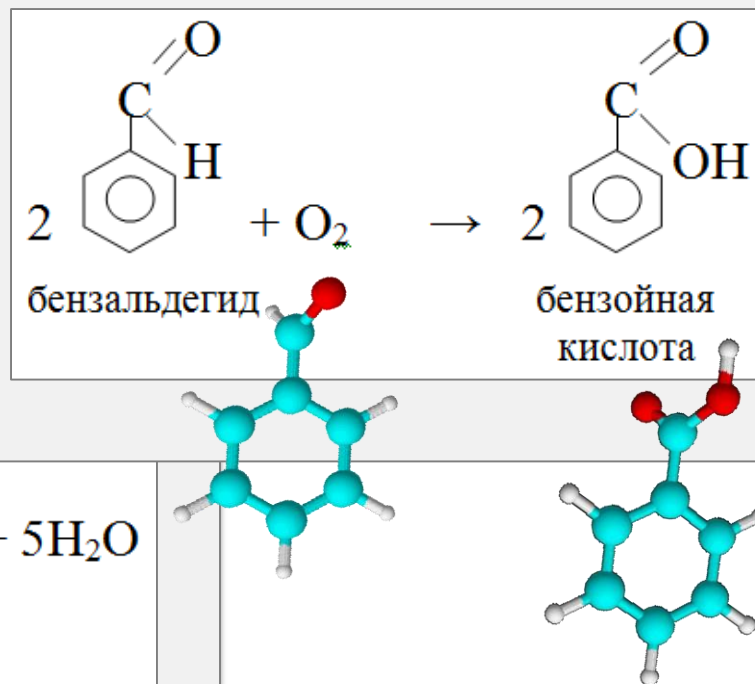
**Альдегиды** легко окисляются  
до **карбоновых кислот**:



**Метаналь** окисляется до **CO<sub>2</sub>**:



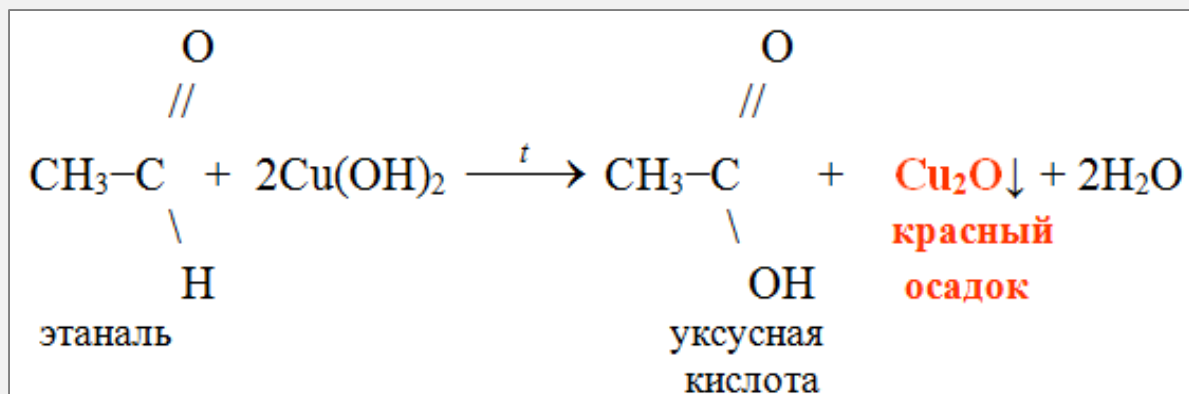
**Ароматические альдегиды**  
легко окисляются даже  
кислородом воздуха:



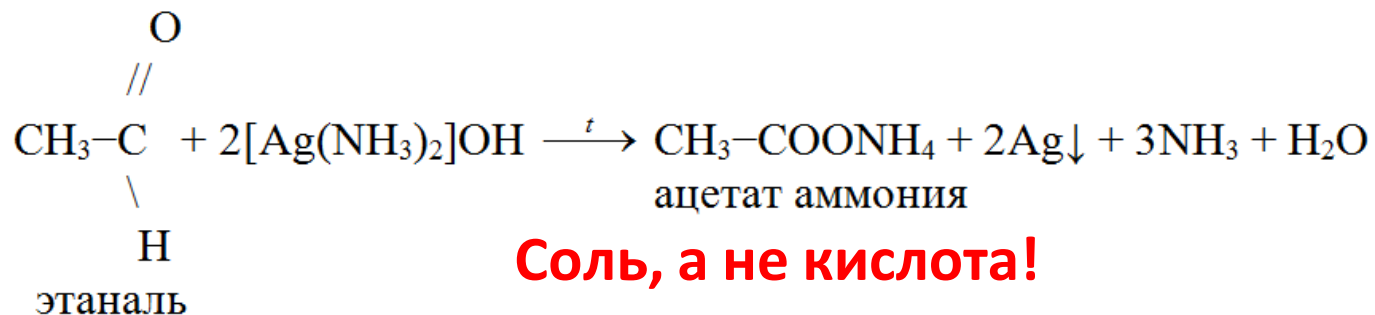
# Окисление альдегидов и кетонов

## Качественные реакции на альдегиды

### ➤ Окисление гидроксидом меди(II)



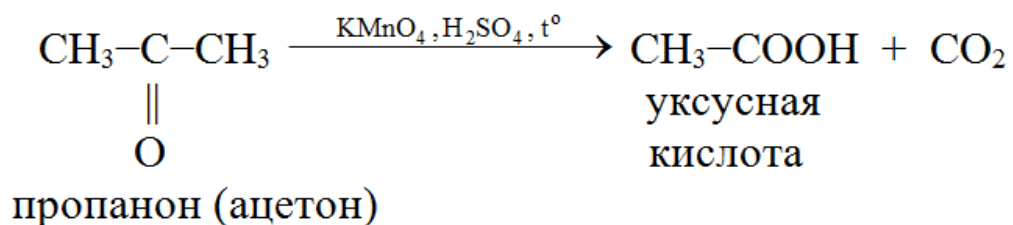
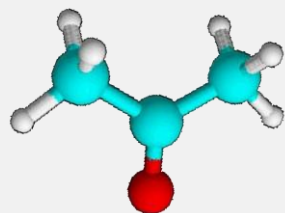
### ➤ Реакция «серебряного зеркала»



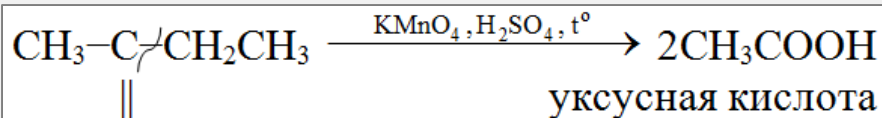
# Окисление альдегидов и кетонов

**Кетоны** окисляются с трудом, слабые окислители на них не действуют

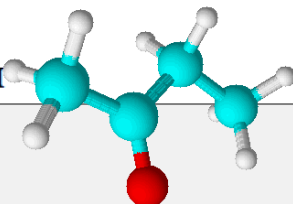
- Под действием **сильных окислителей** происходит разрыв C—C связей по обе стороны карбонильной группы с образованием **кислот**:



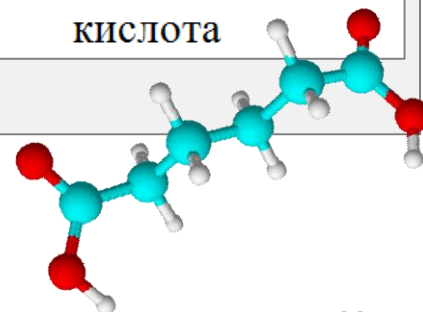
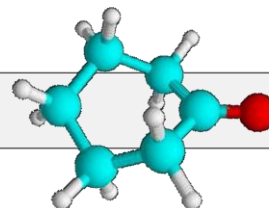
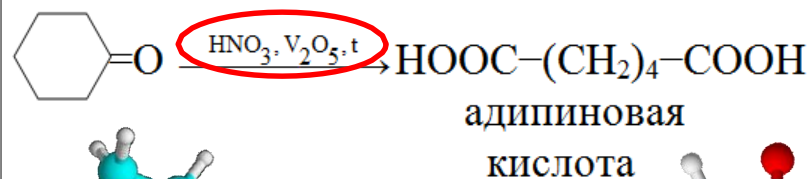
- Кетоны **несимметричного** строения преимущественно окисляются со стороны **менее гидрированного атома углерода** при карбонильной группе (правило Попова – Вагнера):



бутанон

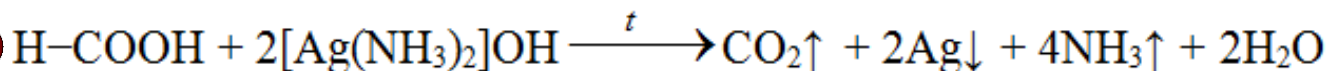
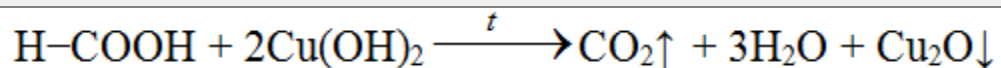
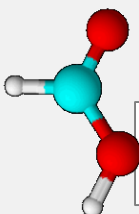
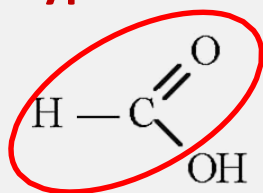


- Окисление **циклических кетонов**:

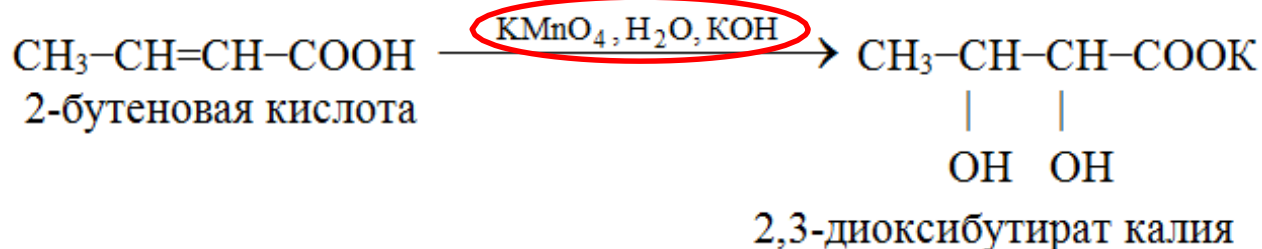
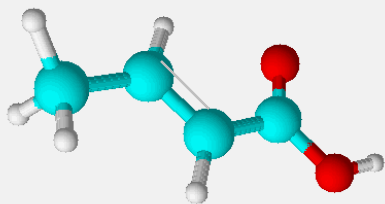


# Окисление карбоновых кислот

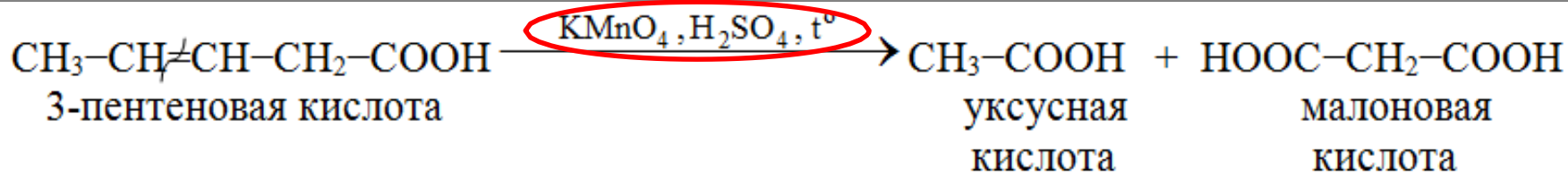
Среди **одноосновных карбоновых кислот** легко окисляется только **муравьиная кислота**:



**Непредельные карбоновые кислоты** окисляются **водным раствором KMnO<sub>4</sub> в слабощелочной среде** с образованием **дигидрооксикислот и их солей**:



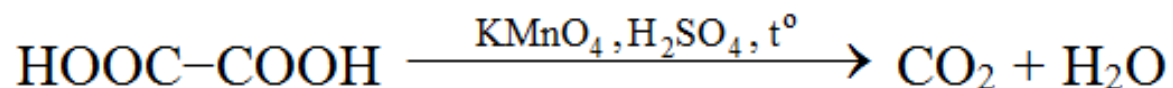
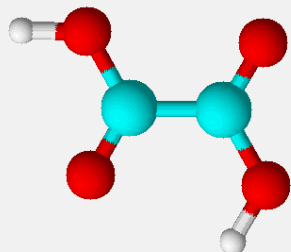
В **кислой** среде происходит разрыв углеродного скелета по месту двойной связи C=C с образованием **смеси кислот**:



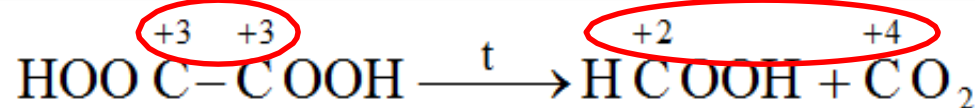
# Окисление карбоновых кислот

## Особые свойства щавелевой кислоты

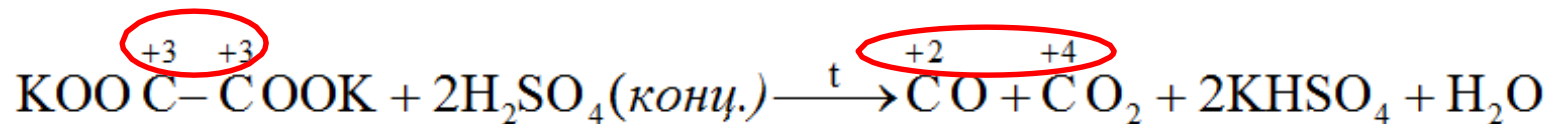
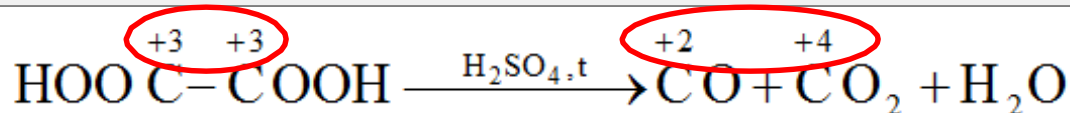
- Легко окисляется под действием  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде при нагревании до  $\text{CO}_2$  (метод перманганатометрии):



- При нагревании подвергается декарбоксилированию :



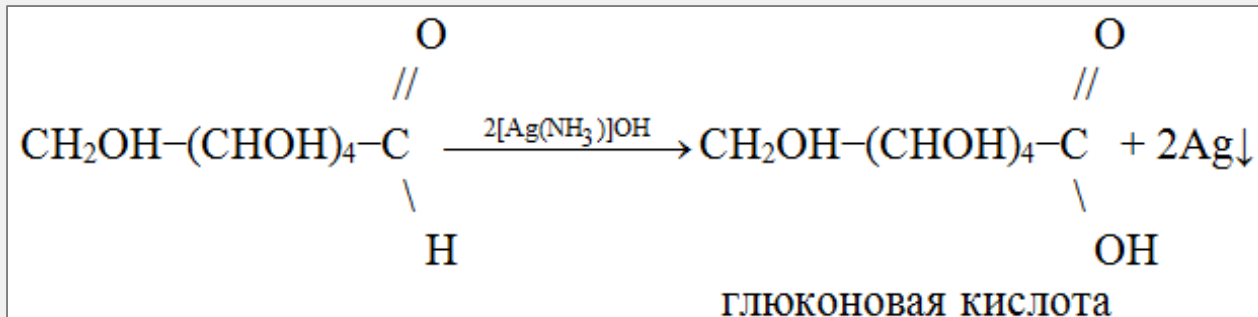
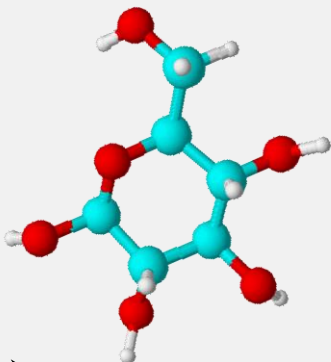
- Под действием **концентрированной**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании щавелевая кислота и ее соли (оксалаты) разлагаются до  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ :



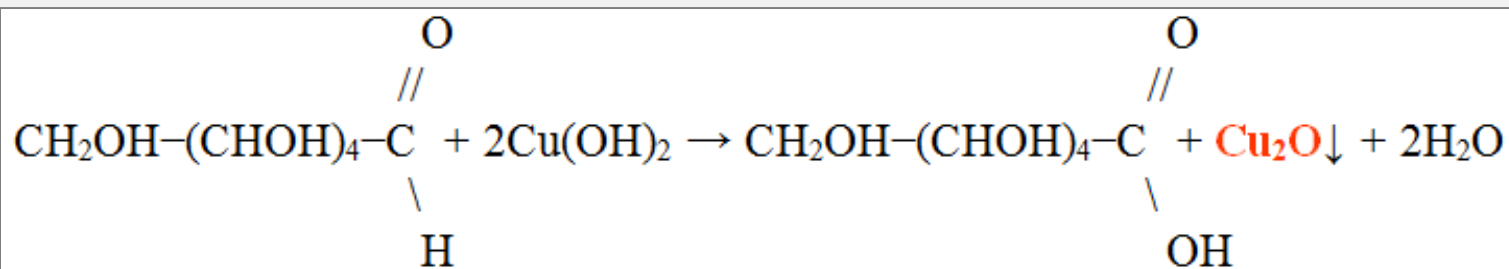
# Окисление моносахаридов

## Окисление глюкозы до глюконовой кислоты

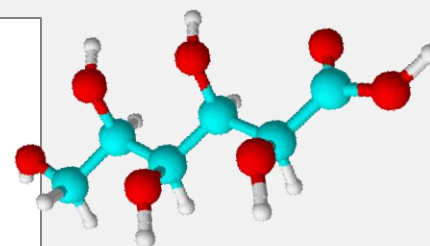
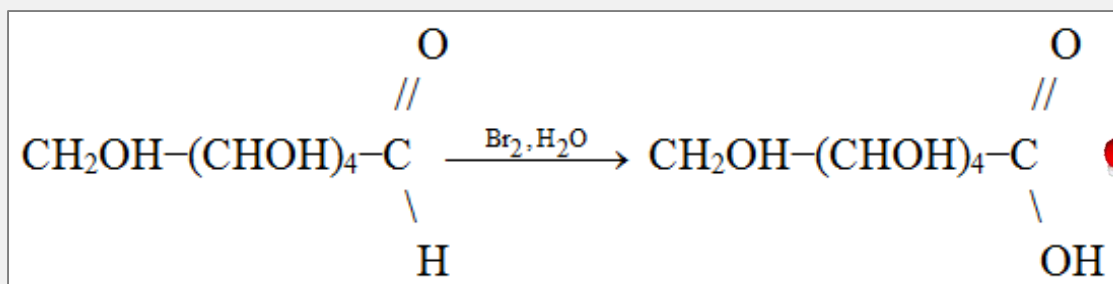
- реактивом Толленса



- гидроксидом меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  в щелочной среде

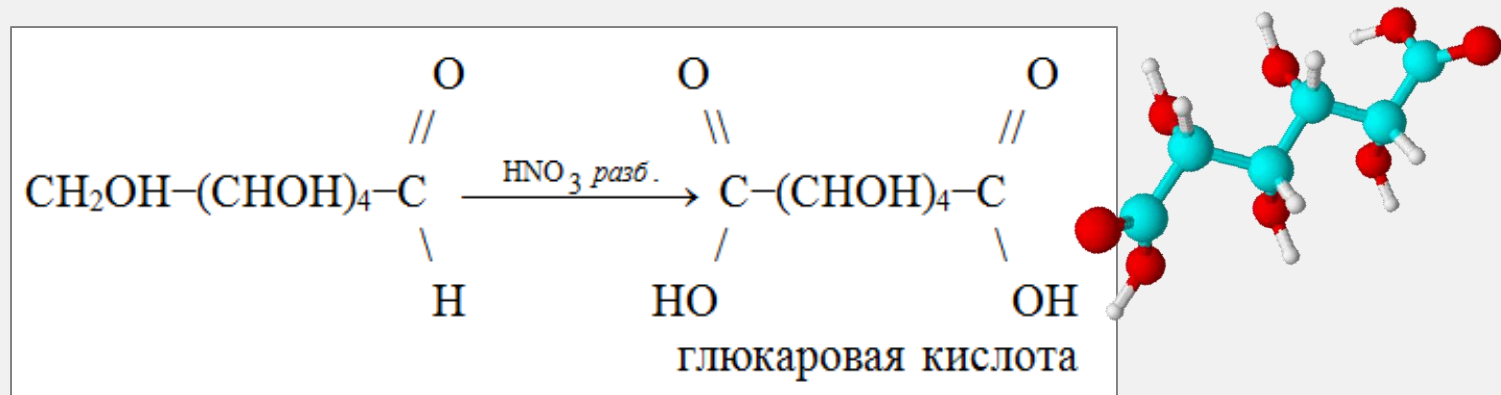


- бромной водой

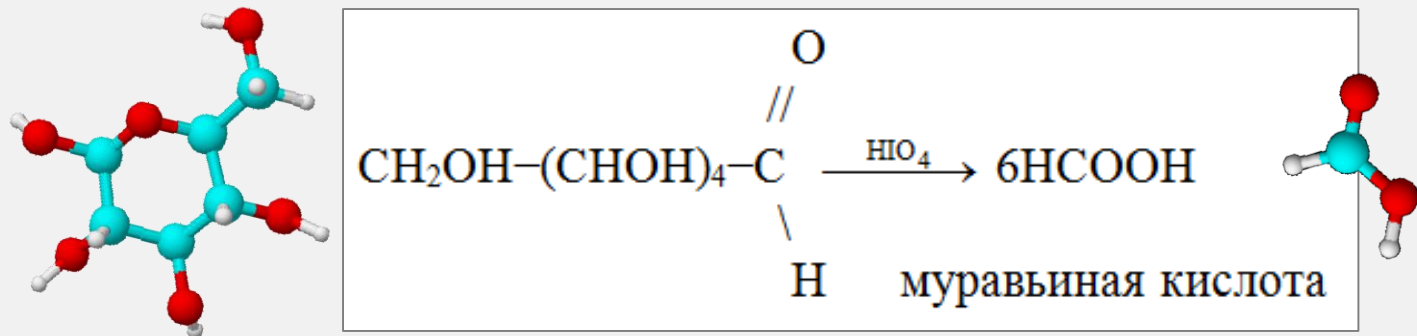


# Окисление моносахаридов

## Окисление глюкозы до глюкаровой кислоты разбавленной азотной кислотой $\text{HNO}_3$



## Окисление глюкозы до муравьиной кислоты под действием иодной кислоты $\text{HIO}_4$ (периодатное окисление)



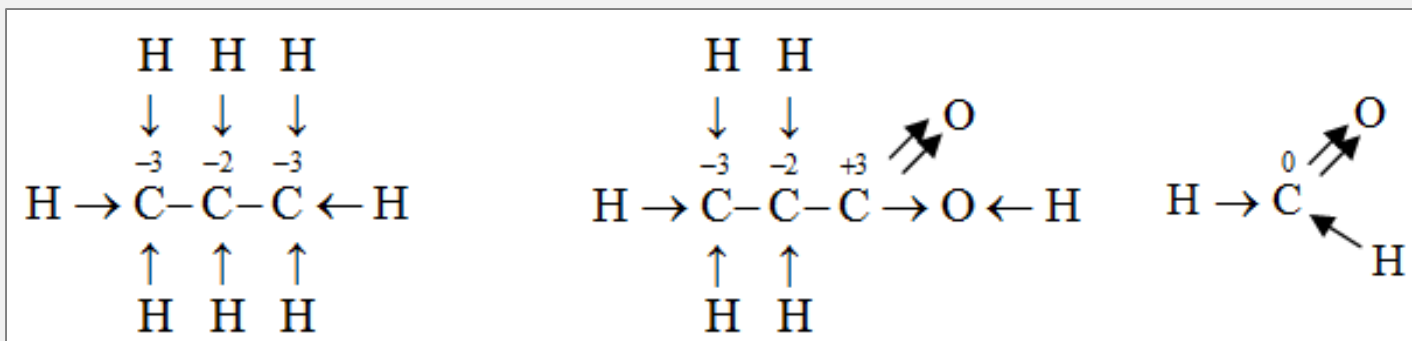
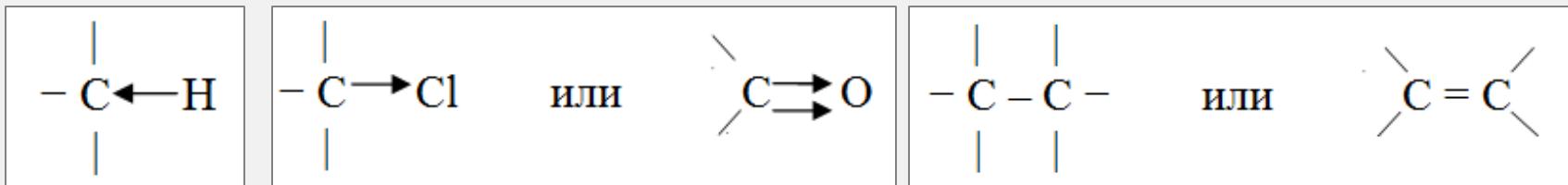


# Расстановка коэффициентов в ОВР.

## Метод электронного баланса

**При определении степени окисления углерода учитываем:**

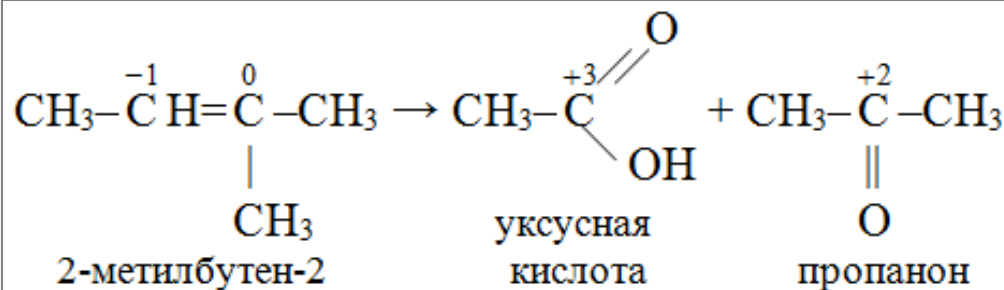
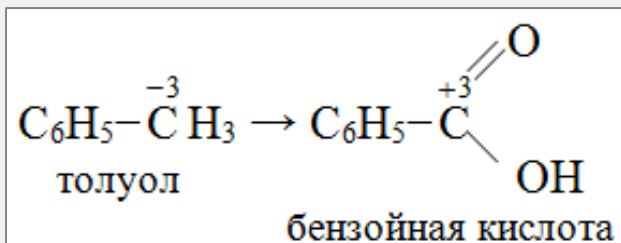
- Валентность углерода равна IV
- Степень окисления углерода принимает значения от  $-4$  до  $+4$
- Степень окисления атома углерода определяется разностью между числом электронных пар, смещенных к атому углерода, и числом электронных пар, оттянутых от него:



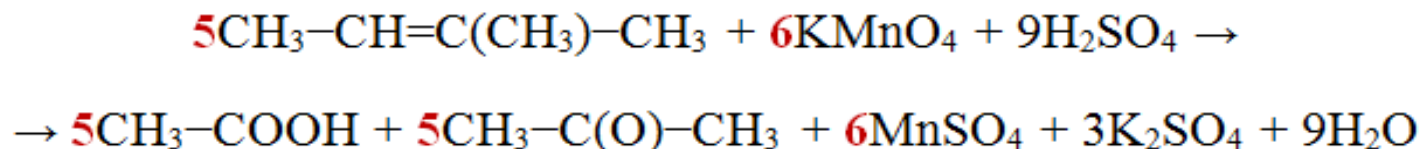
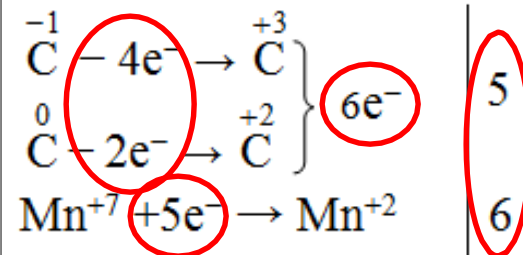
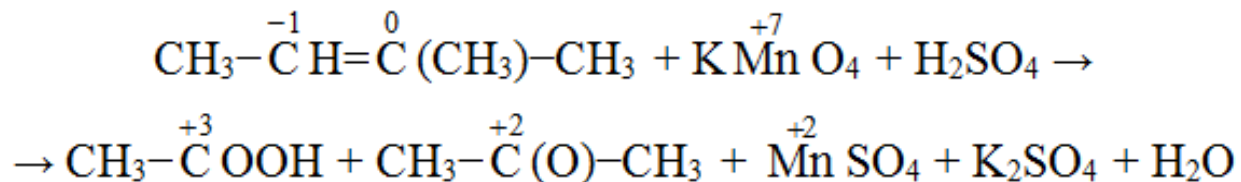
# Расстановка коэффициентов в ОВР.

## Метод электронного баланса

- Степени окисления могут меняться как у одного атома углерода в исходном органическом соединении, так и у нескольких:



**Пример:** окисление 2-метилбутена-2 перманганатом калия в кислой среде



# Расстановка коэффициентов в ОВР. Кислородно-водородный метод

## Метод основан на закономерности:

- **окисление** органических веществ сопровождается **введением в молекулу атомов кислорода** и (или) **удалением атомов водорода**;
- **восстановление** сопровождается **удалением атомов кислорода** и (или) **введением атомов водорода**.

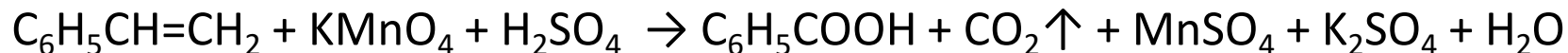
## Правила при расстановке коэффициентов:

- В процессе **окисления** введение в молекулу **одного атома кислорода** равноценно потере **двух** электронов, а отщепление **одного атома водорода** – потере **одного** электрона.
- В процессе **восстановления** отщепление атома кислорода равноценно приобретению **двух** электронов, а присоединение атома водорода – приобретению **одного** электрона.

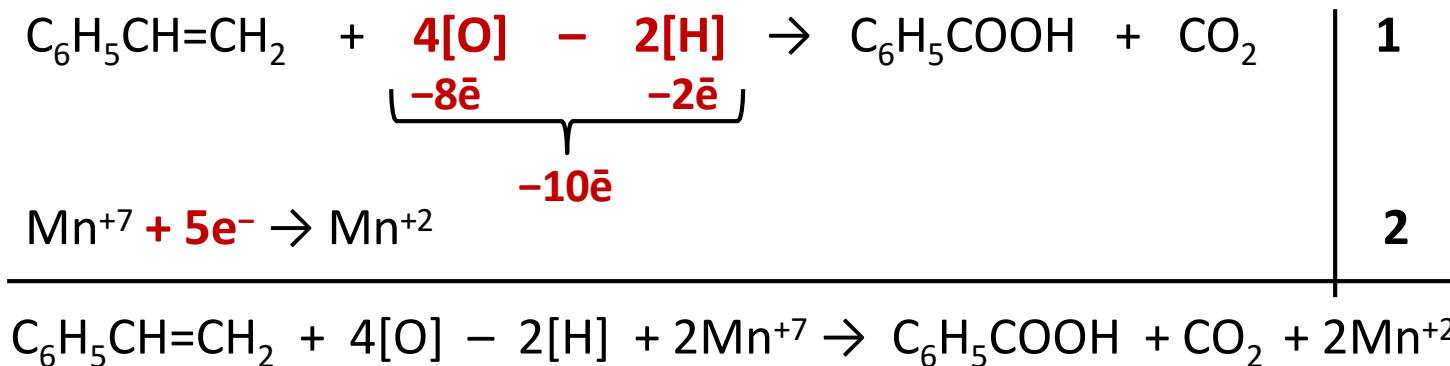
# Расстановка коэффициентов в ОВР. Кислородно-водородный метод

**Пример:** окисление стирола (винилбензола) перманганатом калия в кислой среде

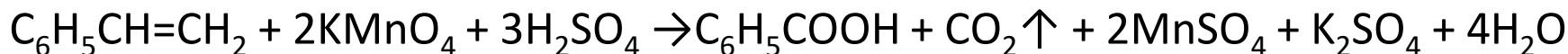
1. Составим схему окислительно-восстановительной реакции:



2. Составим схемы процессов окисления и восстановления:



3. Составим уравнение реакции:



# Расстановка коэффициентов в ОВР.

## Метод полуреакций (ионно-электронный)

- **Нет необходимости нахождения степеней окисления не только атомов углерода, но и всех других элементов.**
- Рассматриваются изменения, происходящие с реально существующими в растворах частицами – молекулами и ионами.
- Можно легко расставить **все стехиометрические коэффициенты** в уравнении окислительно-восстановительной реакции.
- **Ограничения:** метод полуреакций не применяют для расстановки коэффициентов в окислительно-восстановительных реакциях, протекающих в не водной среде.

# Расстановка коэффициентов в ОВР.

## Метод полуреакций (ионно-электронный)

Следует придерживаться той же формы записи, которая принята для уравнений реакций **ионного обмена**, а именно: **малорастворимые, малодиссоциированные и газообразные соединения следует записывать в молекулярной форме.**

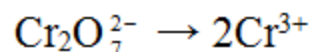
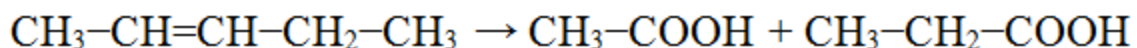
Среда	Баланс кислорода	
	избыток	недостаток
Кислая	Избыток кислорода связывается ионами $\text{H}^+$ с образованием молекул $\text{H}_2\text{O}$ : $\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- = \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	Присоединение кислорода осуществляется за счет молекул $\text{H}_2\text{O}$ с образованием ионов $\text{H}^+$ : $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2\text{O} - 2\text{e}^- \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}^+$
Нейтральная	Избыток кислорода связывается молекулами $\text{H}_2\text{O}$ с образованием ионов $\text{OH}^-$ :	
Щелочная	$\text{MnO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{e}^- = \text{MnO}_2 + 4\text{OH}^-$	Присоединение кислорода происходит за счет ионов $\text{OH}^-$ с образованием молекул $\text{H}_2\text{O}$ : $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 7\text{OH}^- - 6\text{e}^- \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + 5\text{H}_2\text{O}$

# Расстановка коэффициентов в ОВР.

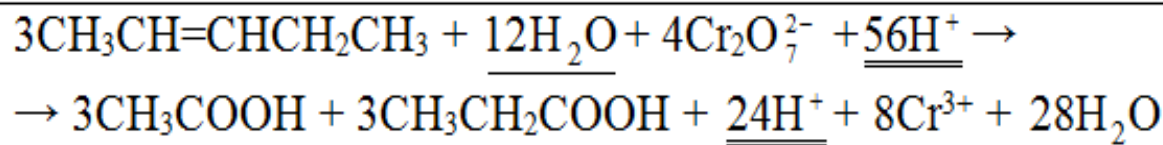
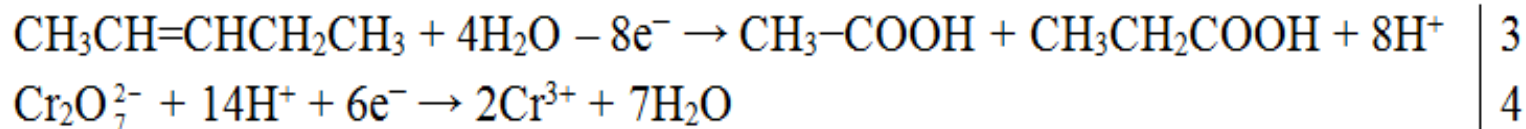
## Метод полуреакций (ионно-электронный)

**Пример:** окисление пентена-2 бихроматом калия в кислой среде

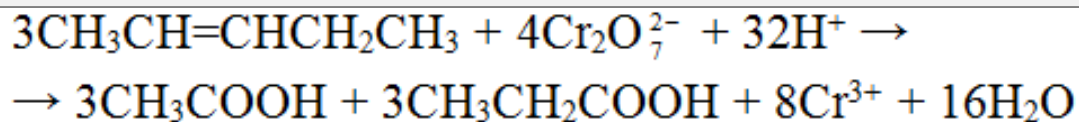
1. Составим схемы процессов окисления и восстановления



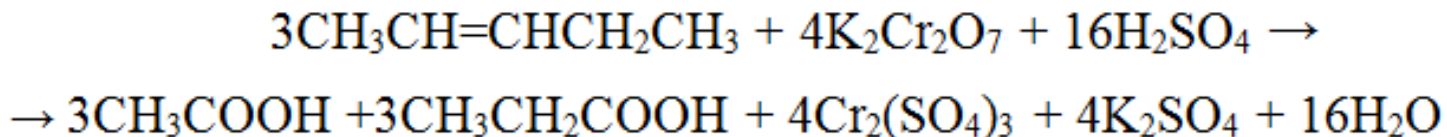
2. Составим уравнения полуреакций окисления и восстановления:



3. Составим уравнение реакции в ионном виде:

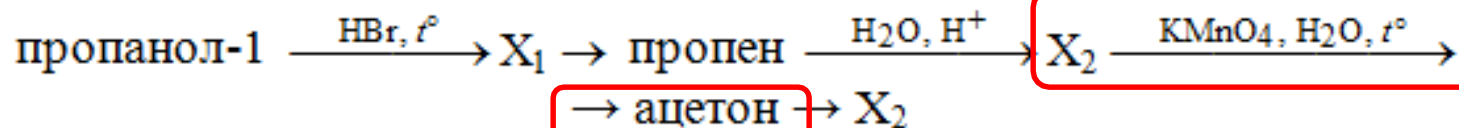


4. Составим уравнение реакции в молекулярном виде:



## Пример 1 задания №32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



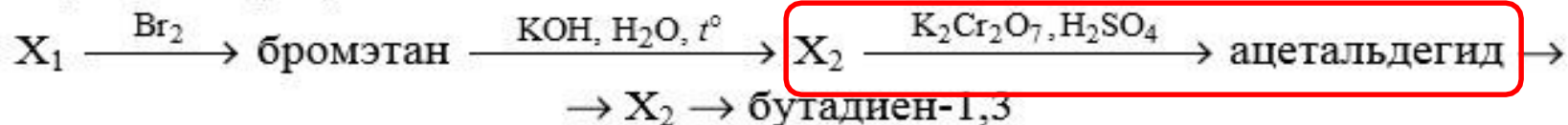
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:</p> <p>1) <math>\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--Br} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>2) <math>\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--Br} + \text{KOH}_{(\text{спирт.})} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_3\text{--CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KBr}</math></p> <p>3) <math>\text{CH}_3\text{--CH=CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CH}_3\text{--CH(OH)--CH}_3</math></p> <p>4) <math>3\text{CH}_3\text{--CH(OH)--CH}_3 + 2\text{KMnO}_4 \xrightarrow{t^\circ} 3\text{CH}_3\text{--CO--CH}_3 + 2\text{MnO}_2 + 2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>5) <math>\text{CH}_3\text{--CO--CH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3\text{--CH(OH)--CH}_3</math></p>	



## Пример 2 задания № 32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

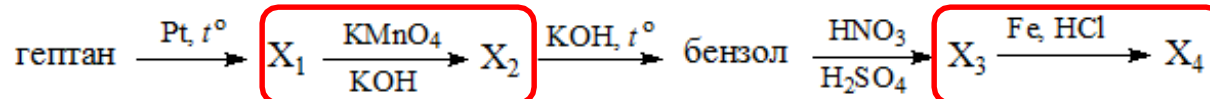
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Элементы ответа:</p> <p>Написаны уравнения реакций, соответствующие схеме превращений:</p> <p>1) <math>\text{CH}_3\text{—CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{h\nu} \text{CH}_3\text{—CH}_2\text{Br} + \text{HBr}</math></p> <p>2) <math>\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{Br} + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{KBr}</math></p> <p>3) <math>3\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>4) <math>\text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}</math></p> <p>5) <math>2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \xrightarrow{\text{кат.}, t^\circ} \text{CH}_2=\text{CH—CH=CH}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}</math></p>	

# Пример 3

## задания

### № 32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

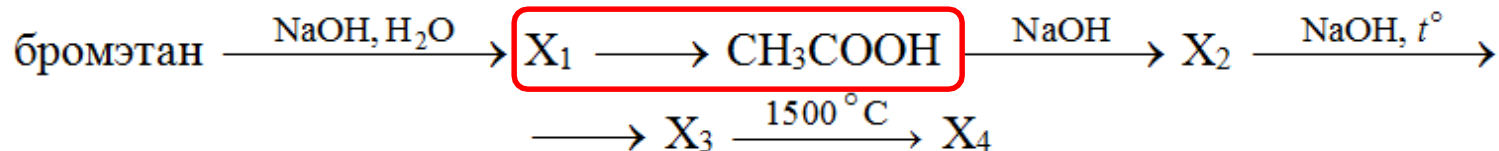


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:</p> <p>1) <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow{\text{Pt}, t^\circ} \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 4\text{H}_2</math></p> <p>2) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3 + 6\text{KMnO}_4 + 7\text{KOH} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{C}(=\text{O})\text{OK} + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>3) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{C}(=\text{O})\text{OK} + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_6\text{H}_6 + \text{K}_2\text{CO}_3</math></p> <p>4) <math>\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>5) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + 3\text{Fe} + 7\text{HCl} \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl} + 3\text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}</math></p>	42

## Пример 4 задания №32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

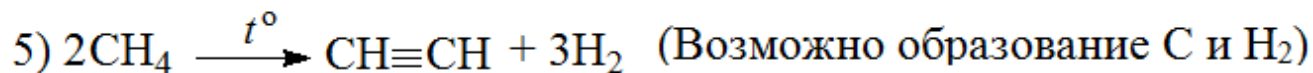
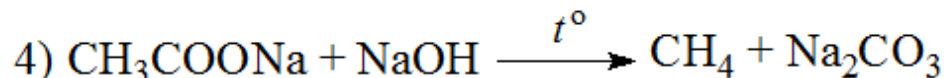
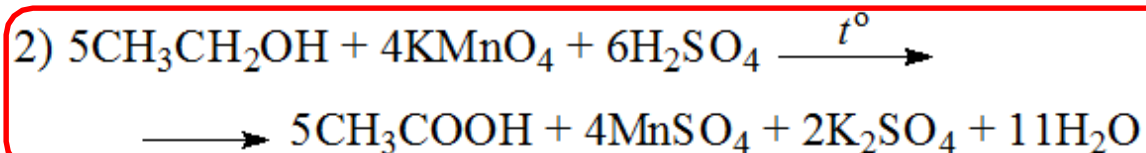
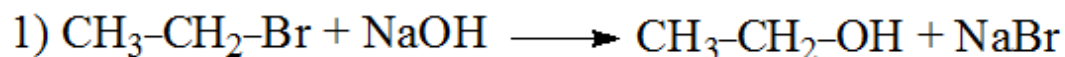


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию  
(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

Баллы

Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:

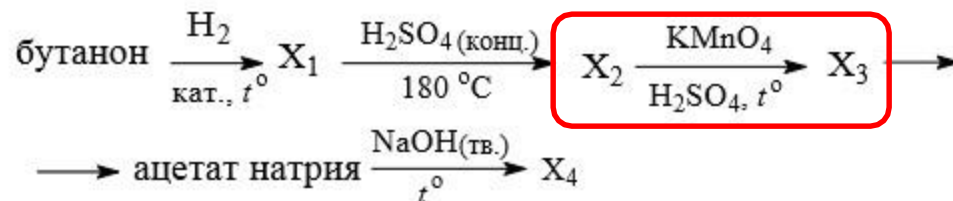


# Пример 5

## задания

### №32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

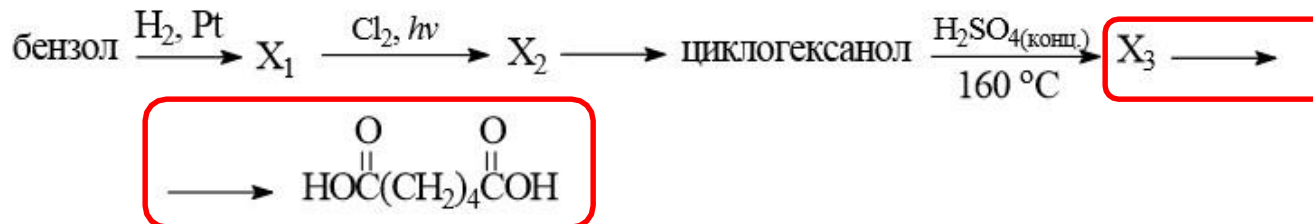


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:</p> <p>1) <math display="block">\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\overset{\parallel}{\text{C}}}\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{кат., } t^{\circ}]{} \text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{CH}_2\text{CH}_3</math></p> <p>2) <math display="block">\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{CH}}}\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4, t^{\circ}]{} \text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>3) <math display="block">5\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow[t^{\circ}]{} 10\text{CH}_3\text{COOH} + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>4) <math display="block">\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>5) <math display="block">\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow[t^{\circ}]{} \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3</math></p>	

## Пример 6 задания №32

Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>1)  + 3H<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{\text{Pt}}</math> </p> <p>2)  + Cl<sub>2</sub> <math>\xrightarrow{h\nu}</math>  + HCl</p> <p>3)  + KOH <math>\xrightarrow{\text{H}_2\text{O}}</math>  + KCl</p> <p>4)  <math>\xrightarrow[160^\circ\text{C}]{\text{H}_2\text{SO}_4}</math>  + H<sub>2</sub>O</p> <p>5) <math>5 \text{  + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 5\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH} + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{MnSO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}</math></p>	

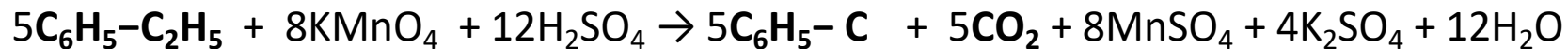
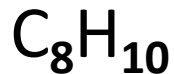
## Пример задания №33

При сгорании **2,65 г** органического вещества получили **4,48 л** углекислого газа (н.у.) и **2,25 г** воды.

Известно, что при окислении этого вещества сернокислым раствором перманганата калия образуется одноосновная кислота и выделяется углекислый газ.

На основании данных условия задания:

- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите уравнение реакции окисления этого вещества сернокислым раствором перманганата калия.



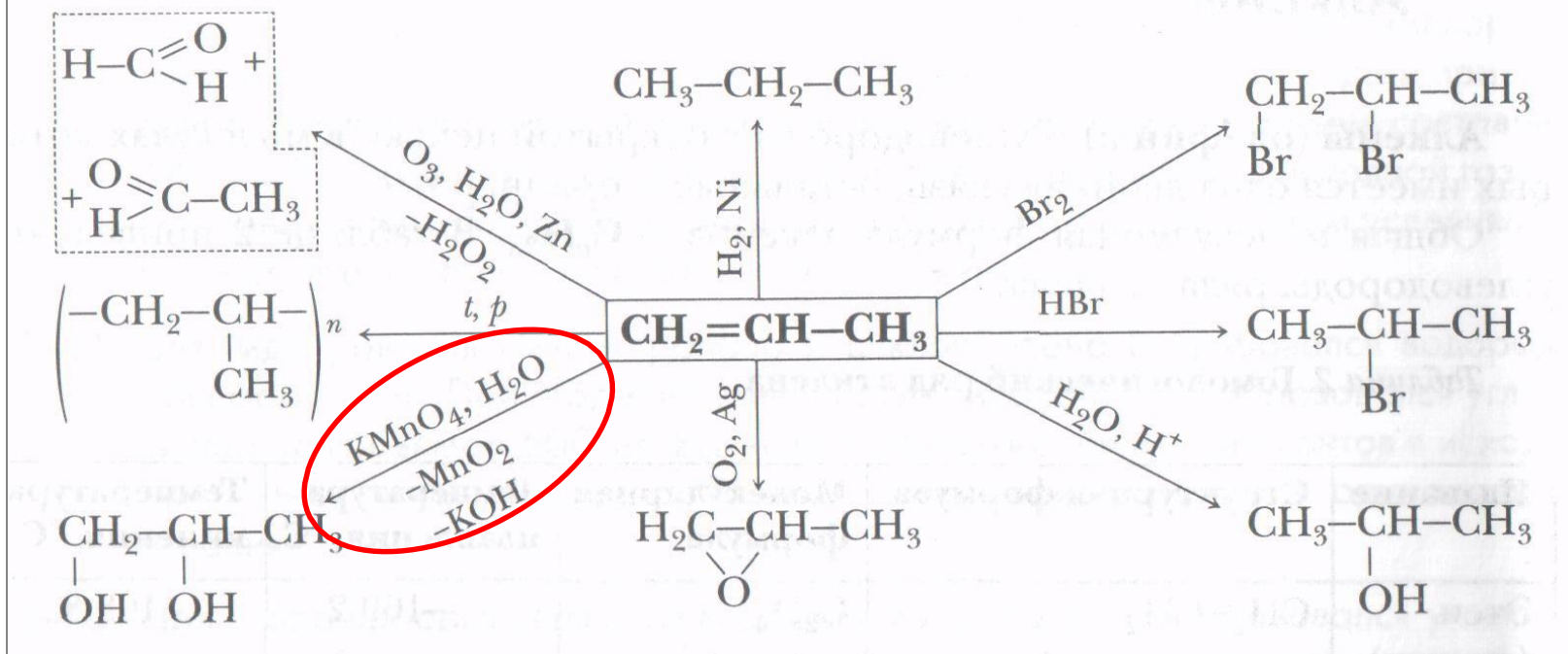
этилбензол

бензойная  
кислота



# Задания для подготовки к экзамену по теме «ОВР»

Схема 3. Химические свойства алкенов на примере пропена



# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «ОВР»

## Приложение 4

### Качественные реакции органических веществ

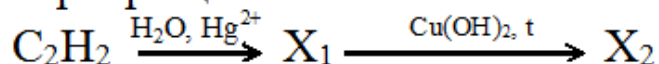
Определяемое вещество или класс веществ	Реагент	Признаки реакции	Пример (уравнение реакции)
Вещества, в молекулах которых имеются кратные связи	Бромная вода	Бромная вода обесцвечивается	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{Br}_2} \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$
	Раствор $\text{KMnO}_4$	Раствор $\text{KMnO}_4$ обесцвечивается или меняет окраску	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow[\text{-MnO}_2, \text{-KOH}]{\text{KMnO}_4, \text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$
Первичные и вторичные спирты	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7, \text{H}_2\text{SO}_4$	Оранжевая окраска меняется на зеленую	$3\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array} + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 7\text{H}_2\text{O}$
	$\text{CuO}$ при нагревании	Окраска меняется с черной ( $\text{CuO}$ ) на розовую ( $\text{Cu}$ )	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH} \xrightarrow[\text{-Cu, -H}_2\text{O}]{\text{CuO, } t} \text{H}_3\text{C}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{array}$

**7–26.** В двух склянках без этикеток находятся бутиловый и *трет*-бутиловый спирты. Как с помощью щелочного раствора перманганата калия можно узнать, какой из спиртов находится в каждой из склянок?



# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

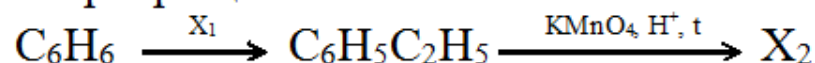
- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$         | 4) $\text{CH}_3\text{OH}$ |
| 2) $\text{CH}_3\text{COOH}$                | 5) $\text{C}_2\text{H}_4$ |
| 3) $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H}$ |                           |

Ответ:

$\text{X}_1$

$\text{X}_2$

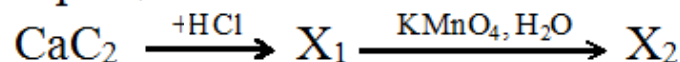
В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ | 4) $\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$ |
| 2) $\text{C}_2\text{H}_6$          | 5) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ |
| 3) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ |                                      |

В схеме превращений



веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  являются соответственно

- |                              |  |
|------------------------------|--|
| 1) $\text{CH}_4$             | 4) $\text{HCOOK}$                              |
| 2) $\text{C}_2\text{H}_2$    | 5) $\text{CH}_2\text{HO}-\text{CH}_2\text{OH}$ |
| 3) $\text{KOOC}-\text{COOK}$ |  |

Ответ:

$\text{X}_1$

$\text{X}_2$

# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

Установите соответствие между схемой реакции и продуктом окисления органического вещества.

СХЕМА РЕАКЦИИ

- А)  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t}$   
Б)  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t}$   
В)  $\text{CH}_3\text{CHO} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t}$   
Г)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{CuO} \xrightarrow{t}$

ПРОДУКТ ОКИСЛЕНИЯ  
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

- 1)  $\text{HCOOH}$   
2)  $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$   
3)  $\text{CH}_2\text{OK}-\text{CH}_2\text{OK}$   
4)  $\text{CH}_3\text{CONH}_2$   
5)  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
6)  $\text{CH}_3\text{COOK}$

**В2.** Соотнесите субстрат с продуктом деструктивного окисления.

СУБСТРАТ

- А)  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_2}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{CH}=\text{CH}_2$   
Б)  $\text{CH}-\text{CH}_2-\overset{\text{CH}_2}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}=\text{CH}_2$   
В)  $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{||}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

ПРОДУКТ

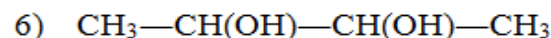
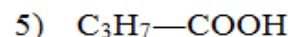
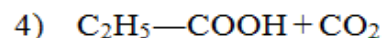
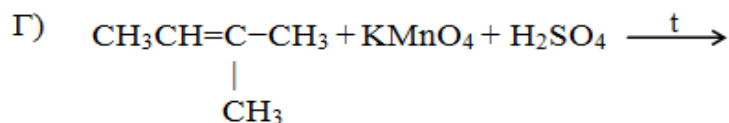
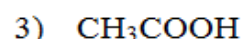
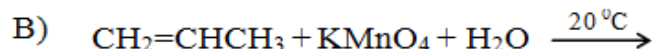
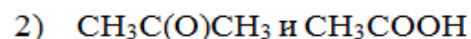
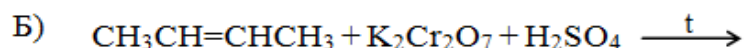
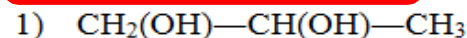
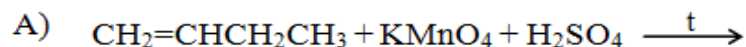
- 1) бутанон  
2) бутандион  
3) бутандиовая кислота  
4) бутановая кислота  
5) 2-оксобутановая кислота  
6) 3-оксобутановая кислота

# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

Установите соответствие между схемой реакции и продуктом (продуктами) окисления алкена, преимущественно образующимся (образующимися) в результате реакции.

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

ПРОДУКТ (ПРОДУКТЫ)  
ОКИСЛЕНИЯ АЛКЕНА



Ответ:

А	Б

Установите соответствие между ароматическим углеводородом и продуктом (продуктами) его окисления перманганатом калия в присутствии серной кислоты.

УГЛЕВОДОРОД

ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ

А) изопропилбензол

1) этиленгликоль

Б) толуол

2) бензойная кислота и углекислый газ

В) *n*-ксилол

3) щавелевая кислота

Г) этилбензол

4) бензиловый спирт

5) терефталевая кислота

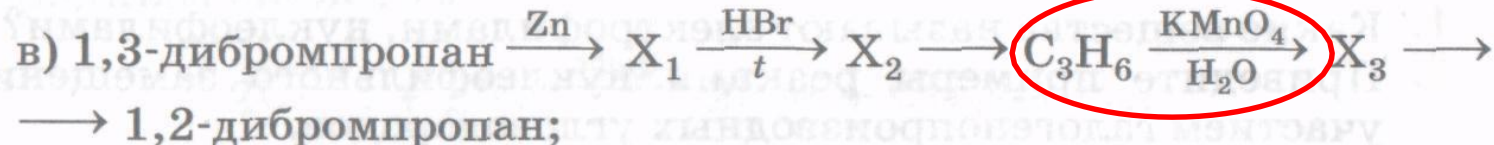
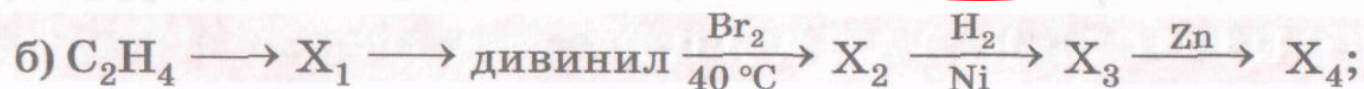
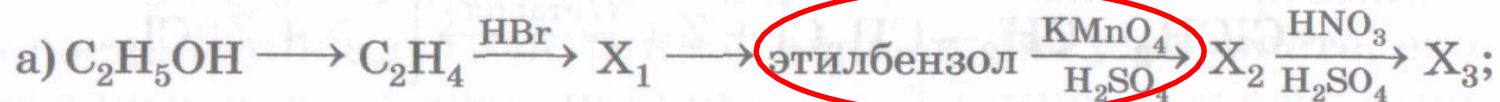
6) бензойная кислота

Ответ:

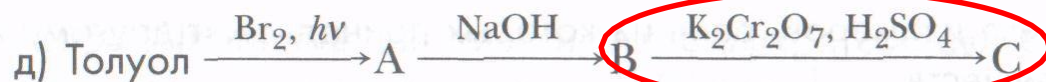
А	Б	В	Г

## Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

16. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующим схемам превращений?

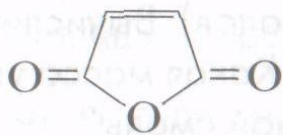


Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  $\text{CH}_3\text{COOK} \xrightarrow{\text{KOH, плавление}} \text{X}_1 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \longrightarrow \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \longrightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow[\text{H}_2\text{SO}_4]{t^\circ} \text{X}_2$



**Применяем знания о закономерностях протекания окислительно-восстановительных реакций при выполнении различных заданий!**

**6–12.** В жестких условиях ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) бензол окисляется кислородом в присутствии оксида ванадия (V) в малеиновый ангидрид:



Побочными продуктами этой реакции являются оксид углерода (IV) и вода. Составьте уравнение этой реакции.

**8–24.** Какие вещества образуются в результате окисления следующих веществ: а) пропаналя, б) пропанона, в) 2-метилбутанона, г) пентанона-3? Напишите уравнения соответствующих реакций, обозначьте условия их осуществления.

**8–26.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: бензальдегид, этанол, перманганат калия, водород. Обозначьте условия осуществления реакций и назовите их продукты.

**8–27.** Напишите уравнения всех возможных реакций между следующими веществами: уксусный альдегид, метанол, аммиачный раствор оксида серебра, хлорид натрия, водород, кислород. Отметьте условия осуществления реакций.



**Применяем знания о закономерностях протекания  
окислительно-восстановительных реакций при выполнении  
различных заданий!**

Для полного обесцвечивания 5%-го водного раствора перманганата калия потребовалось 672 мл (н. у.) этилена. Определите массовую долю щёлочи в полученном растворе.

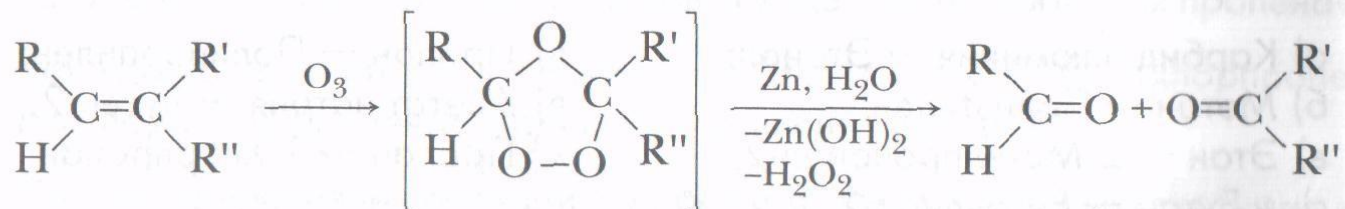
Через горячий 15%-й раствор перманганата калия в сернокислой среде пропускали бутен-2 до полного обесцвечивания раствора. Объём бутена-2 составил 1,12 л (н. у.). Определите массовую долю уксусной кислоты в полученном растворе.

**3–64.** При окислении алкена массой 3,36 г образовался гликоль массой 7,44 г. Выведите молекулярную формулу этого алкена и запишите уравнение реакции его окисления.

**7–40.** При сгорании органического вещества массой 26,4 г образовалось 33,6 л (н. у.) углекислого газа и 32,4 г воды. Пары этого вещества в 2 раза тяжелее пропана. При окислении этого вещества раствором дихромата калия в присутствии серной кислоты образуется альдегид. Найдите молекулярную формулу органического вещества, составьте структурные формулы его изомеров и назовите их.

## Расширяем и углубляем знания об окислительно-восстановительных реакциях ...

**3–36.** Алкены вступают в реакцию озонирования. Алкен обрабатывают озоном  $O_3$  с последующим разложением образовавшегося озонида водой в присутствии цинковой пыли. Реакция идет по схеме:



Эта реакция (реакция Гарриеса) используется при расшифровке структуры неизвестного алкена.

При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь пропаналя и этанала. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

**3–37.** При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь бутанона-2 и этанала. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

# Расширяем и углубляем знания об окислительно-восстановительных реакциях ...

**7–65.** Кумольный способ производства фенола включает в себя две стадии: кумол окисляют кислородом воздуха в гидропероксид кумола, который затем обрабатывают разбавленной серной кислотой. Практический выход гидропероксида кумола составляет 89 % от теоретически возможного, а выход фенола на второй стадии — 70 %. Запишите уравнения соответствующих реакций и рассчитайте, какое количество вещества кумола потребуется для получения 1 моль фенола?

**8–28.** В концентрированном растворе щелочи альдегиды, в молекулах которых отсутствуют атомы водорода, соединенные с  $\alpha$ -углеродными, вступают в окислительно-восстановительную реакцию диспропорционирования (реакция Канниццаро). В результате реакции образуются соответствующий альдегиду спирт и соль карбоновой кислоты. Составьте уравнения реакции диспропорционирования в водном растворе щелочи следующих альдегидов: а) 2,2-диметилпропаналя, б) бензальдегида.

## Реакция Канниццаро

Диспропорционирование в щелочной среде альдегидов, не имеющих в молекуле  $\alpha$ -водородных атомов.

