

# **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.

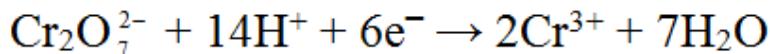
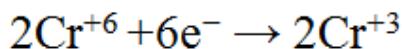
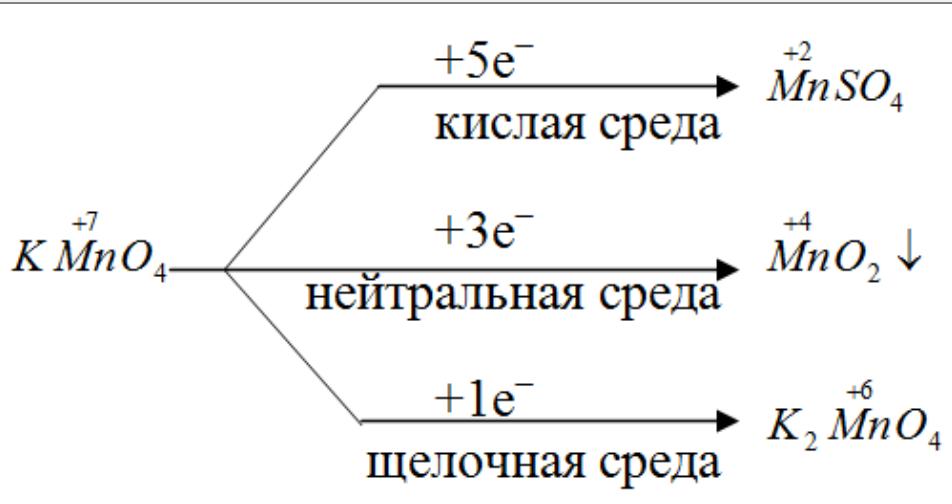
**Нельзя сводить подготовку к экзамену только к тренировке в выполнении заданий, аналогичных заданиям экзаменацационной работы!**

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!**

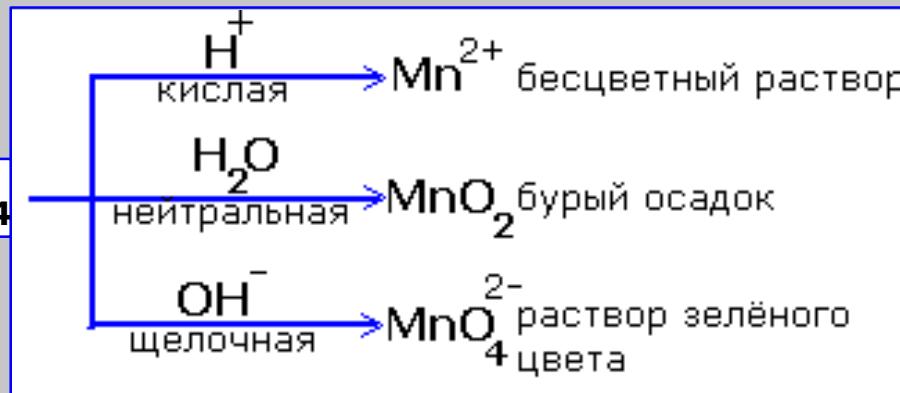
# Важнейшие окислители

- Кислород, озон, галогены
- Соединения переходных металлов:  $KMnO_4$  в различных средах,  $K_2MnO_4$ ,  $MnO_2$ ,  $K_2Cr_2O_7$ , в кислой среде, раствор  $CrO_3$  в разбавленной серной кислоте (реактив Джонса); для окисления альдегидов —  $Cu(OH)_2$ , реактив Толленса  $[Ag(NH_3)_2]OH$



# Основные окислители

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

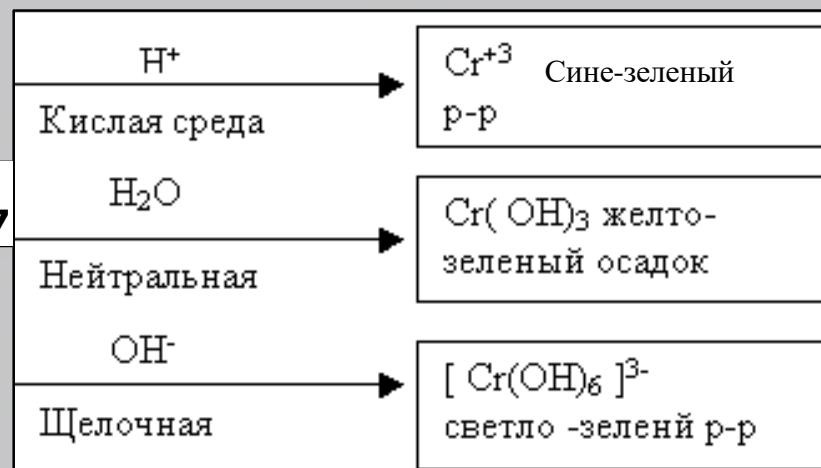


**MnSO<sub>4</sub>**

**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>**

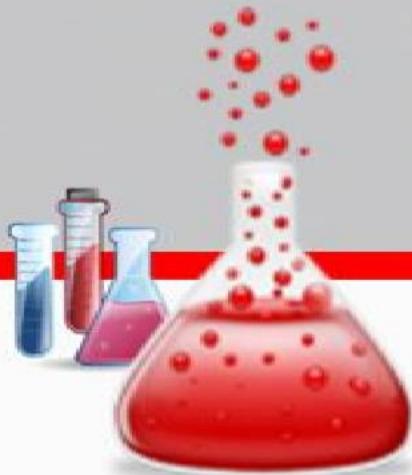
**K<sub>3</sub>[Cr(OH)<sub>6</sub>]**



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

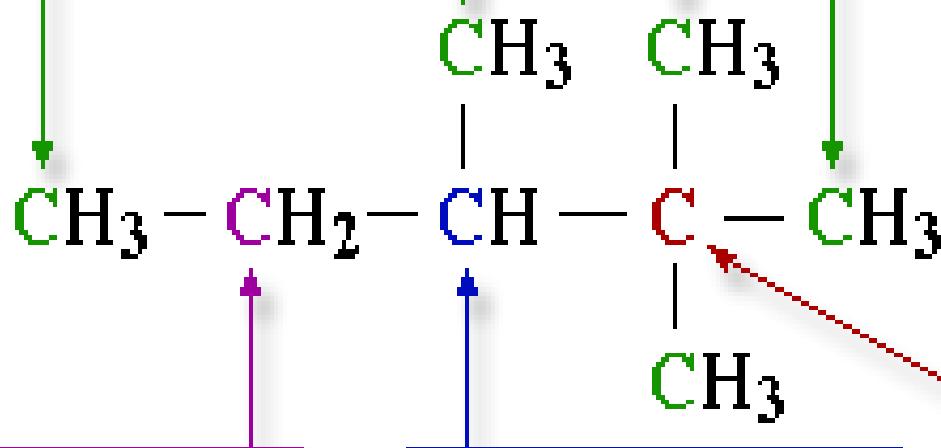
<b>Среда</b>	<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – окислитель</b>
В кислой среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\tilde{\text{e}} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$
В щелочной среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\tilde{\text{e}} \rightarrow 2\text{OH}^-$
В нейтральной среде	$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\tilde{\text{e}}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

<b>Окислители</b>	<b>Кислая среда (H<sup>+</sup>)</b>	<b>Нейтральная среда (H<sub>2</sub>O)</b>	<b>Щелочная среда (OH<sup>-</sup>)</b>
Озон, O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O + O <sub>2</sub>	OH <sup>-</sup> + O <sub>2</sub>	



# Степени окисления атома углерода

Первичные атомы углерода  
(степень окисления -3)



Вторичный  
атом углерода  
(степ.окисл. -2)

Третичный  
атом углерода  
(степ.окисл. -1)

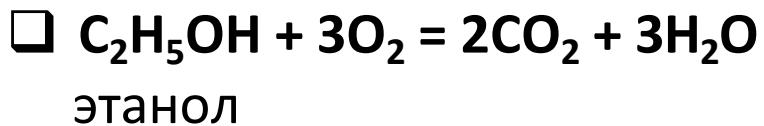
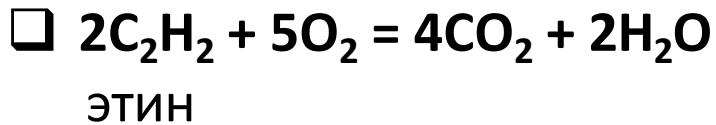
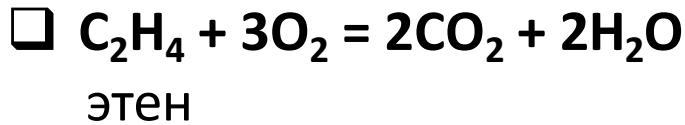
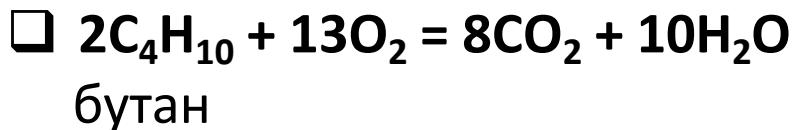
Четвертичный  
атом углерода  
(степ.окисл. 0)

# Изменение степени окисления атомов углерода в молекулах органических соединений

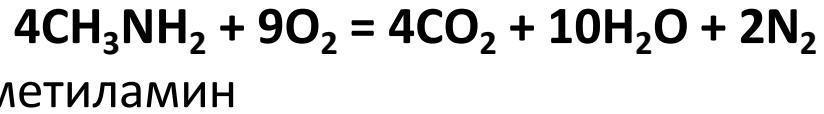
Класс органических соединений	Степень окисления атома углерода							
	-4/-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4
Алканы	$\begin{array}{c} \text{CH}_4 \\   \\ \text{CH}_3-\text{CH}_3 \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{C H}_3-\text{C H}-\text{CH}_3 \end{array}$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

# 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**:



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

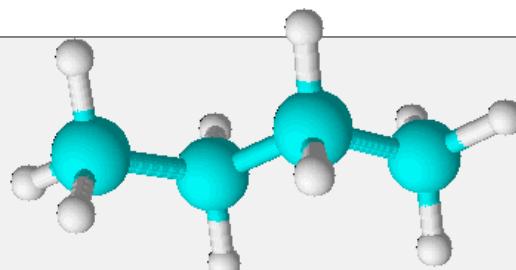
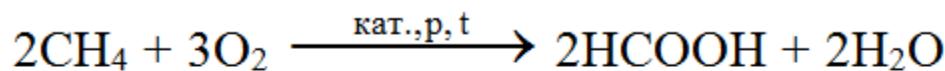
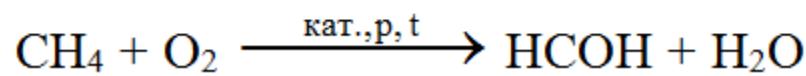
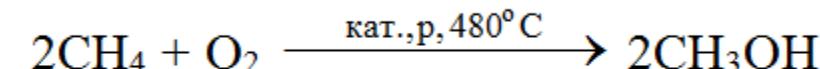
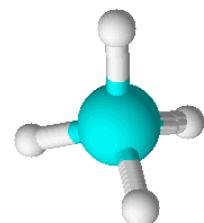


➤ Горение **хлорпроизводных углеводородов** сопровождается выделением **HCl**:



# Окисление алканов

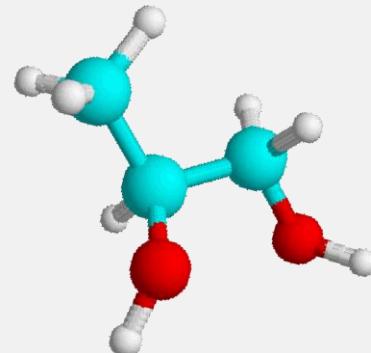
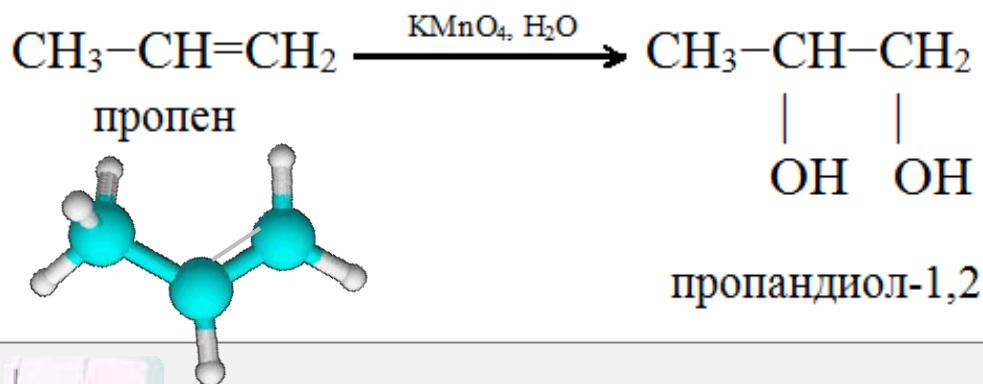
- При обычных условиях устойчивы к действию окислителей (растворы  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )
- В результате контролируемого катализитического окисления кислородом можно получить спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты:



# Окисление алканов

Алканы 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):

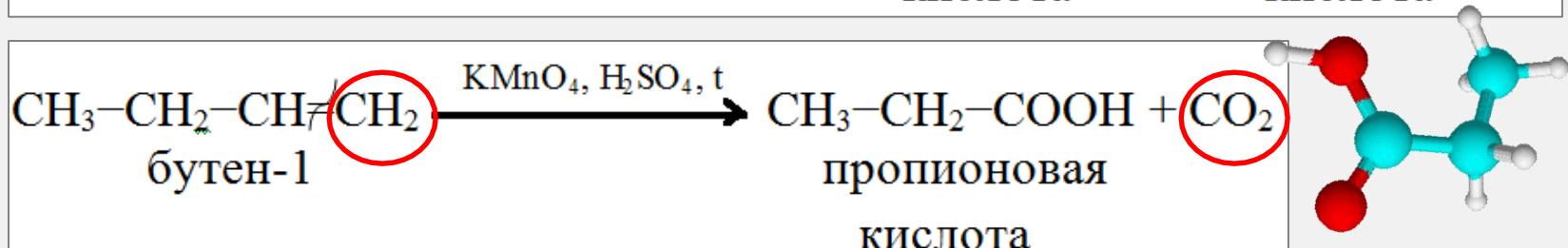
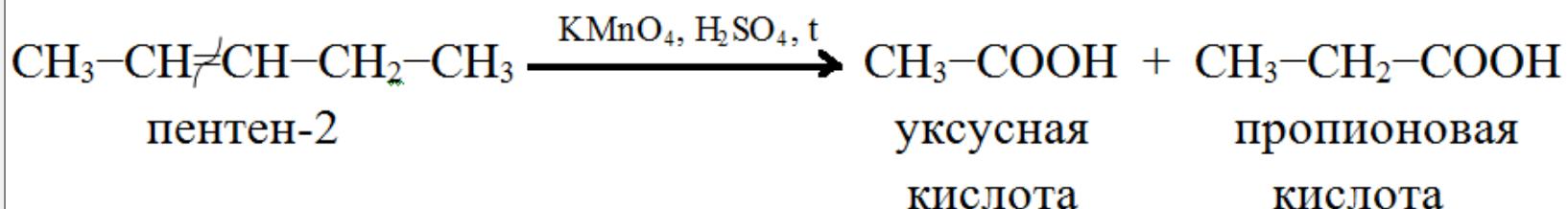
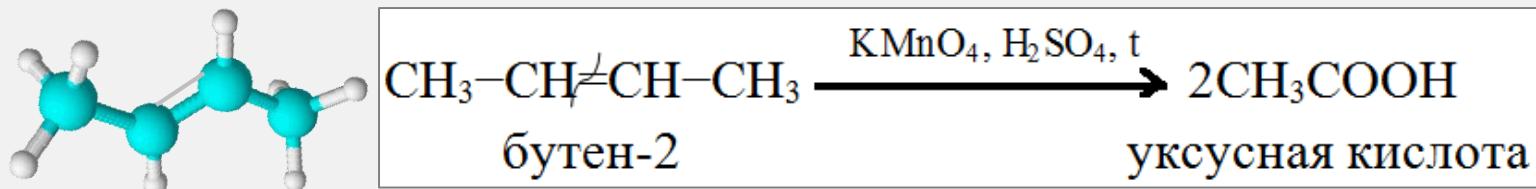


**Обесцвечивание раствора перманганата калия — качественная реакция на кратную связь**

# Окисление алканов

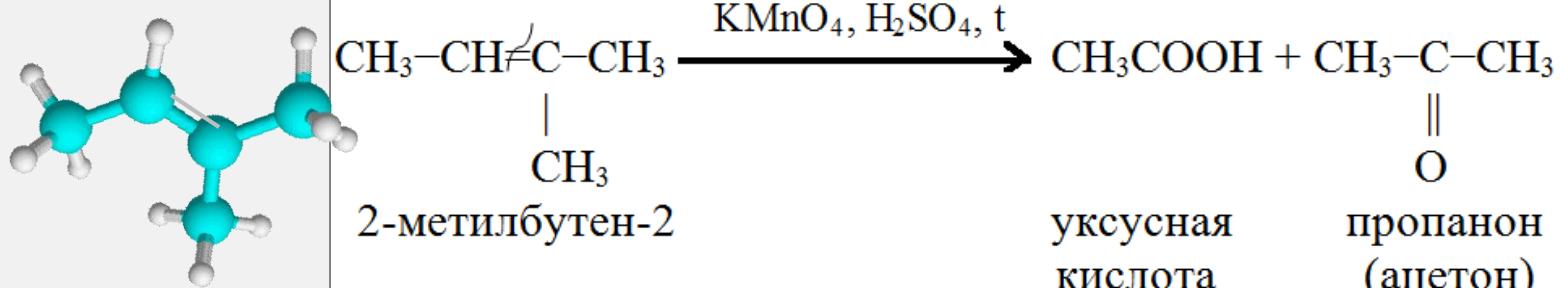
Окисление алkenов концентрированным раствором перманганата калия  $KMnO_4$  или бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$  в кислой среде сопровождается разрывом не только  $\pi$ -, но и  $\sigma$ -связи

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

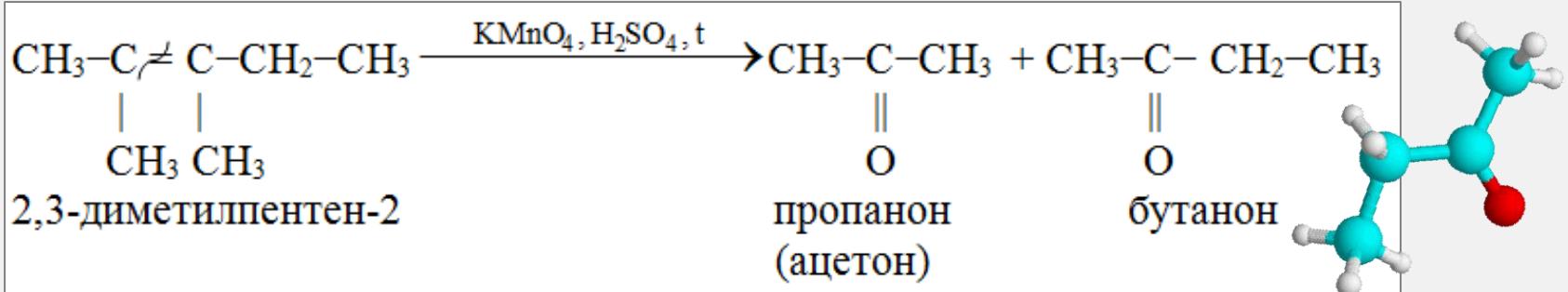


# Окисление алканов

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

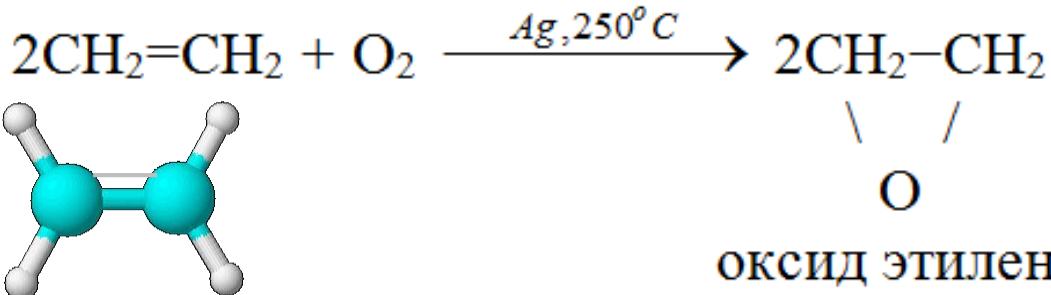


- Алкены **разветвленного строения**, содержащие углеводородные радикалы у обоих атомов углерода, соединенных двойной связью, при окислении образуют **смесь кетонов**:



# Окисление алканов

- При катализитическом окислении алканов кислородом воздуха получают **эпоксиды**:



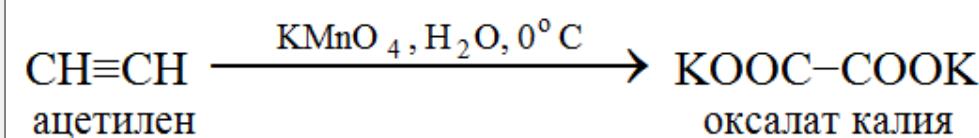
В жестких условиях при сжигании на воздухе алканы сгорают с образованием **углекислого газа и воды**:



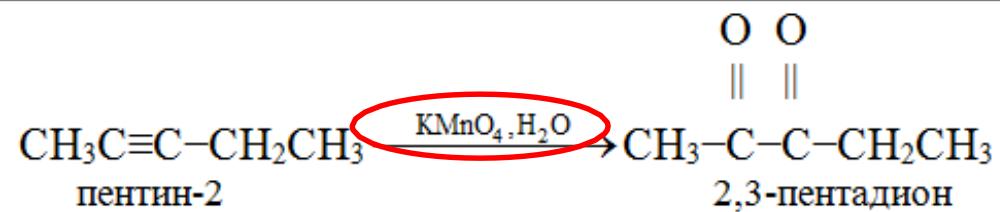
# Окисление алкинов

- Ацетилен окисляется водным раствором  $\text{KMnO}_4$  до **оксалата калия**

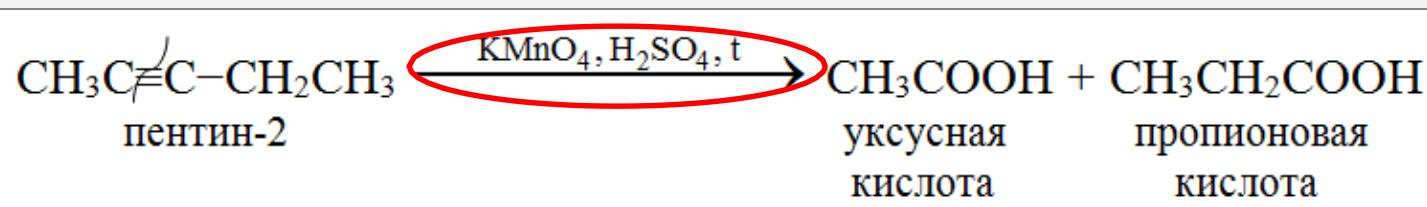
## K<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>:



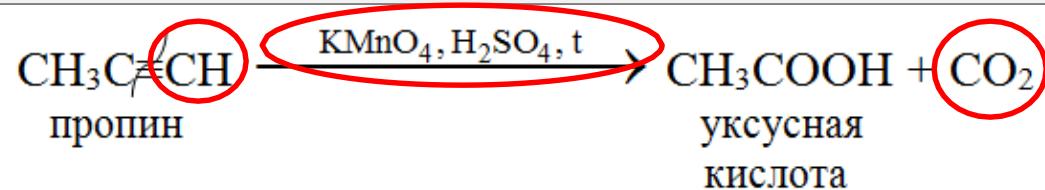
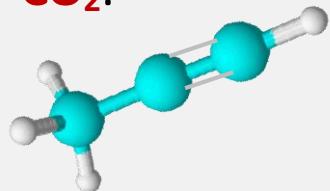
- В мягких условиях алкины с неконцевой тройной связью окисляются до  **$\alpha$ -кетонов:**



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

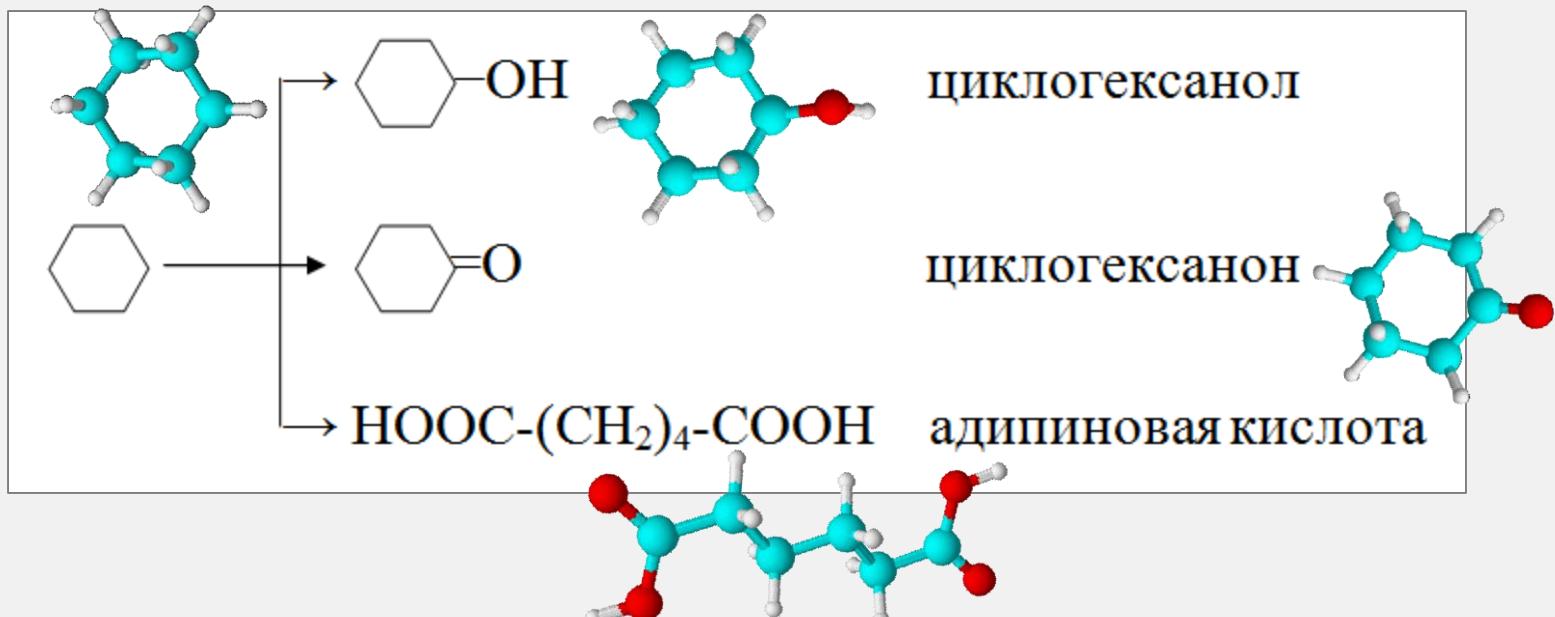


- Алкины, содержащие тройную связь у крайнего атома углерода, окисляются в жестких условиях с образованием **карбоновой кислоты** и  **$\text{CO}_2$** :



# Окисление циклоалканов

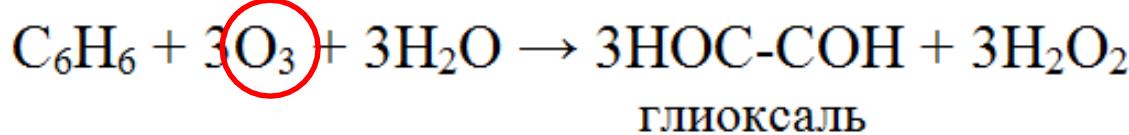
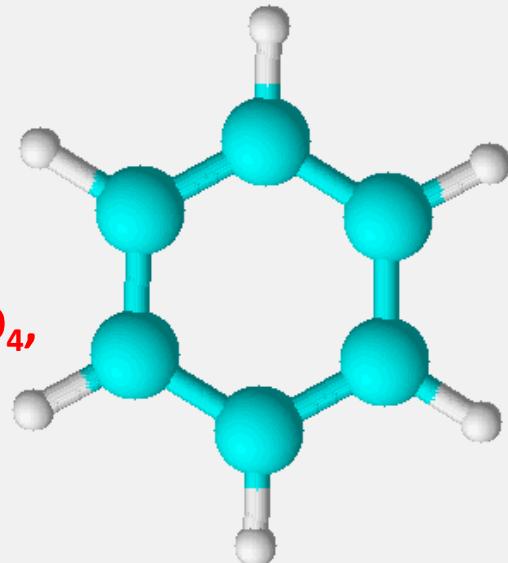
- В зависимости от условий катализитическим окислением воздухом циклогексана получают **циклогексанол**, **циклогексанон** или **адипиновую кислоту**
- При действии сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и др.) циклоалканы образуют **двуухосновные карбоновые кислоты**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



# Окисление аренов

## Бензол

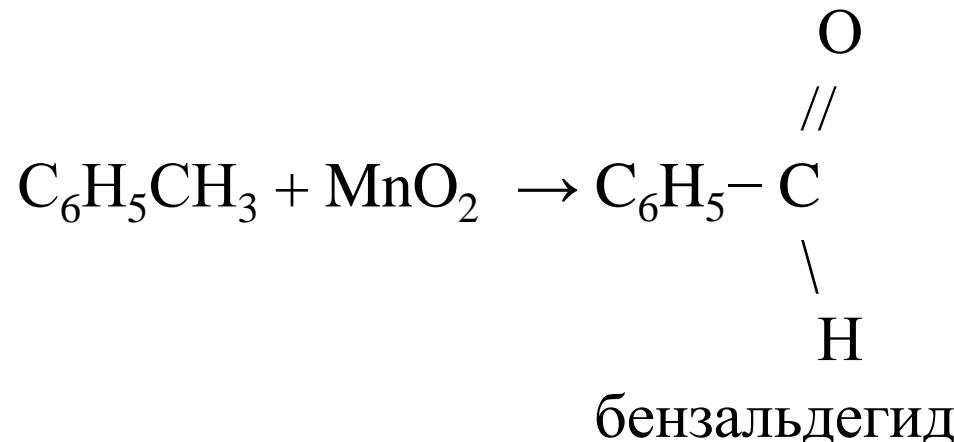
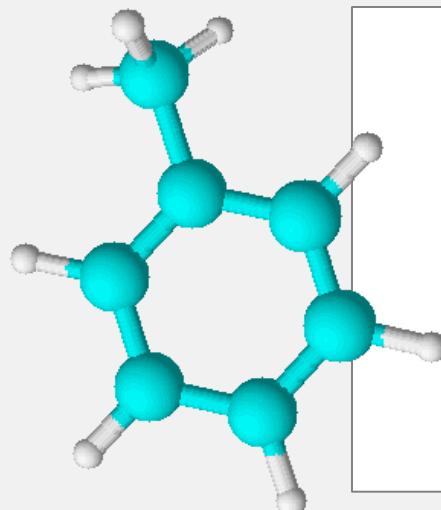
- Устойчив к окислителям при комнатной температуре
- Не реагирует с водными растворами  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и других окислителей
- Можно окислить озоном с образованием диальдегида:



# Окисление аренов

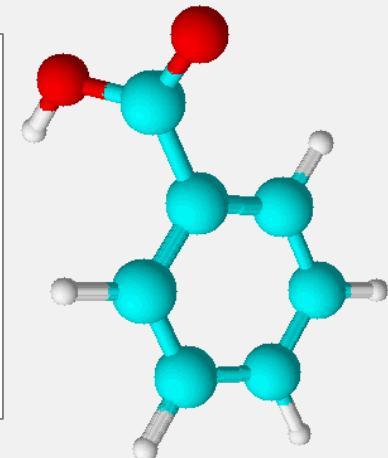
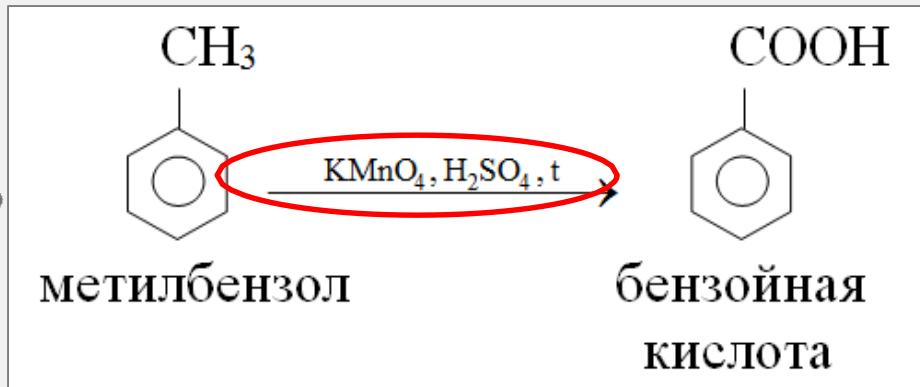
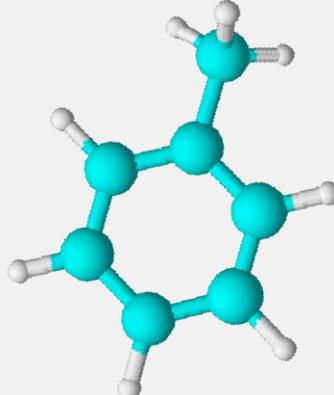
## Гомологи бензола

- Окисляются относительно легко
- Оксидению подвергается **боковая цепь**
- **Мягкие окислители ( $MnO_2$ )** окисляют метильную группу до **альдегидной группы**:

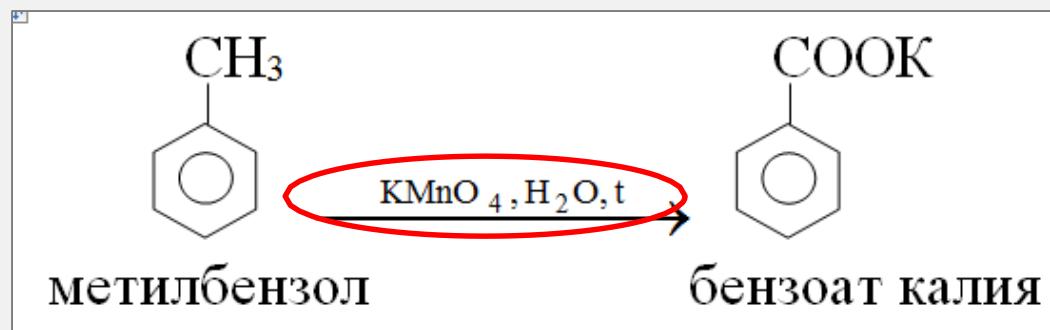


# Окисление аренов

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



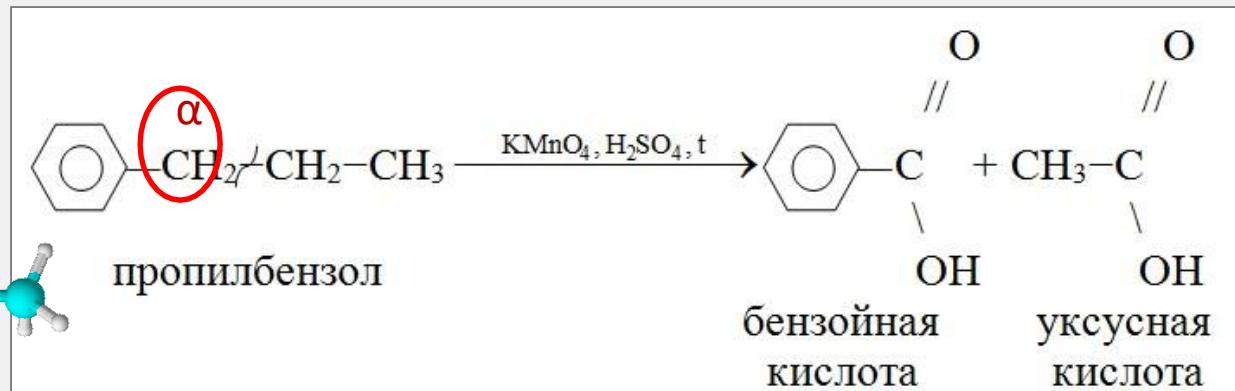
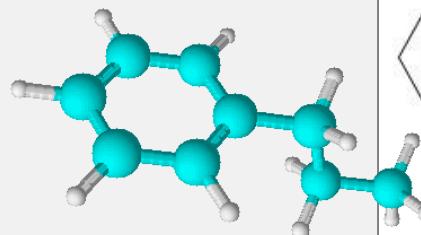
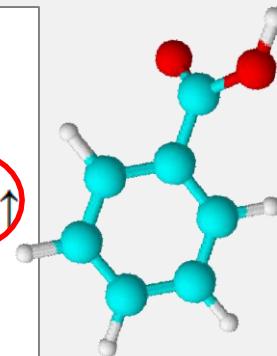
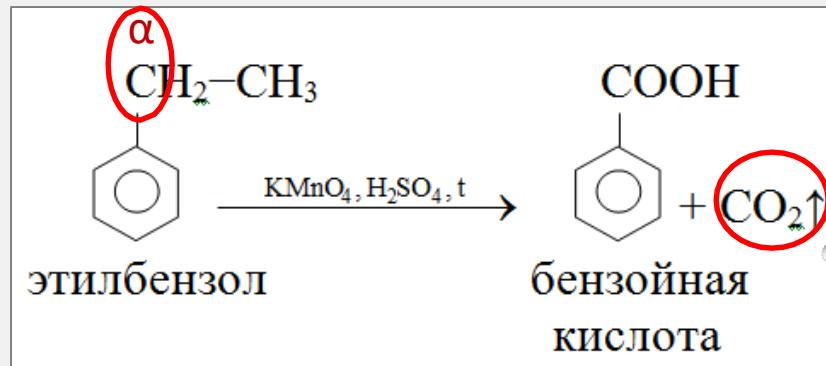
- В нейтральной или слабощелочной среде образуется не сама бензойная кислота, а ее соль – **бензоат калия**:



# Окисление аренов

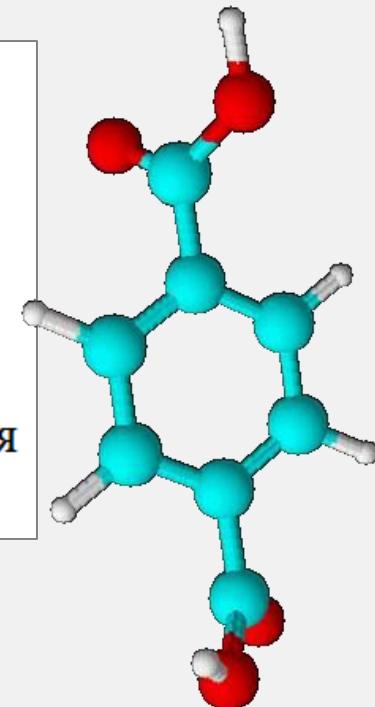
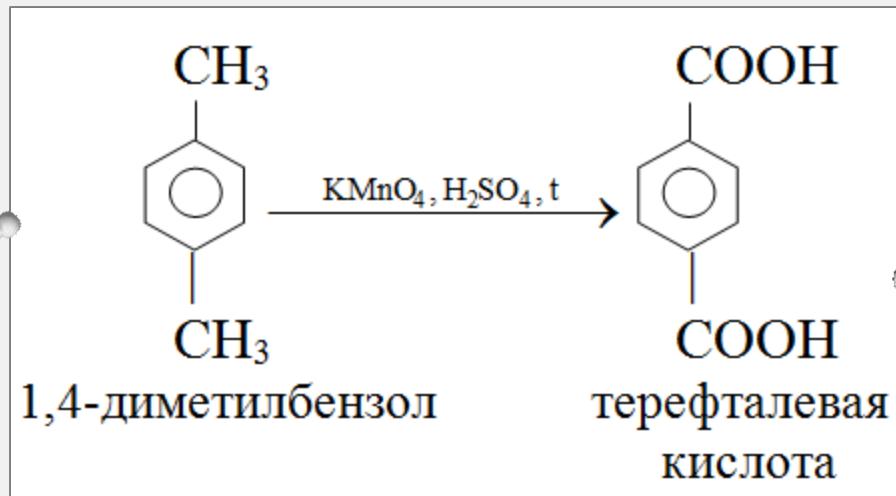
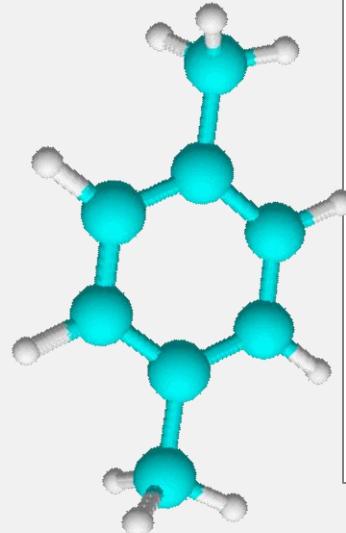
Под действием **сильных окислителей** ( $\text{KMnO}_4$  в кислой среде или хромовой смеси) окисление идет по  $\alpha$ -углеродному атому с образованием **бензойной кислоты**

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



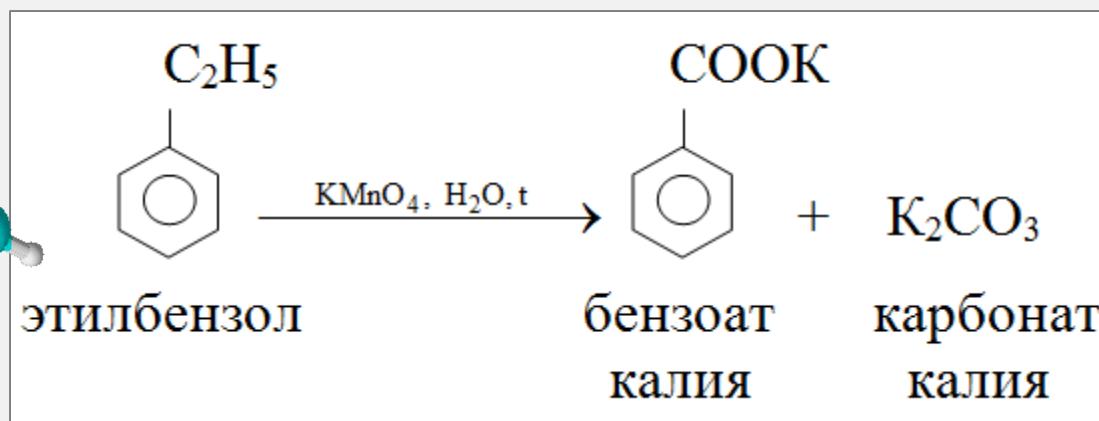
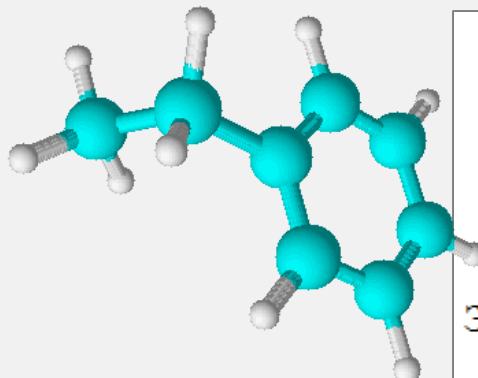
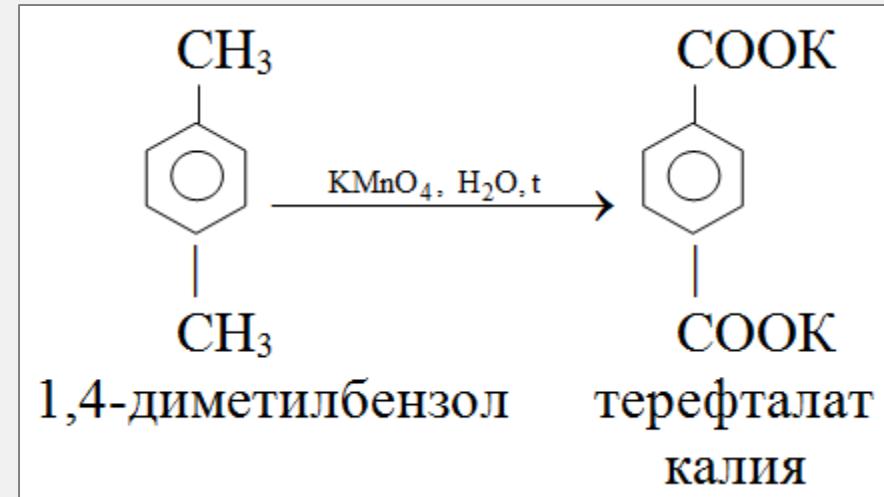
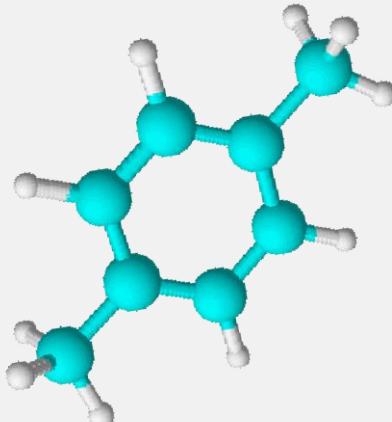
# Окисление аренов

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



# Окисление аренов

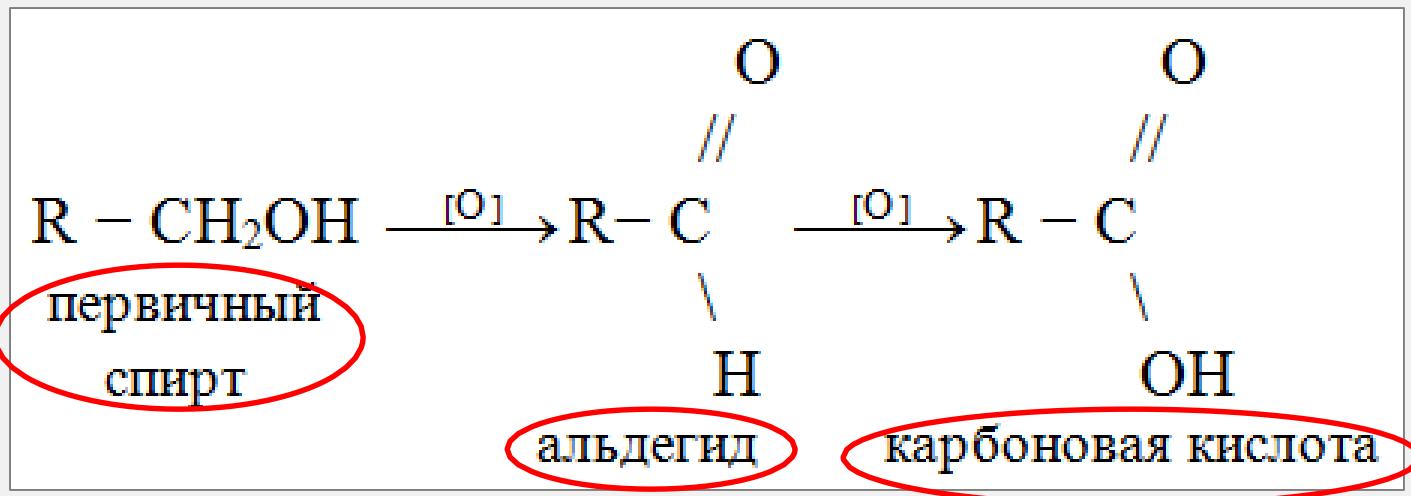
- В нейтральной или слабощелочной среде при окислении перманганатом калия  $\text{KMnO}_4$  образуются **соль карбоновой кислоты** и **карбонат калия**:



# Окисление спиртов

**Окислители для первичных и вторичных спиртов:**  
**KMnO<sub>4</sub>, хромовая смесь, O<sub>2</sub> в присутствии катализатора, Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>**

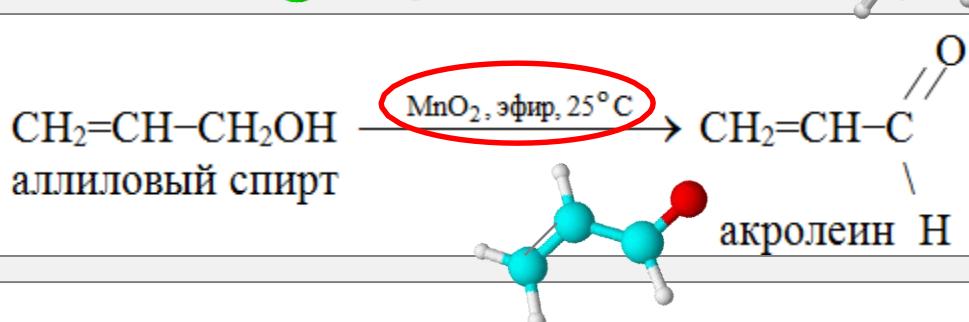
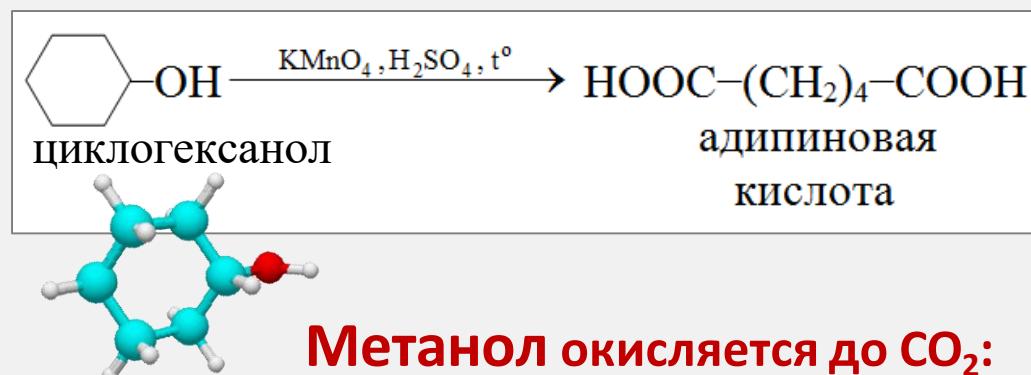
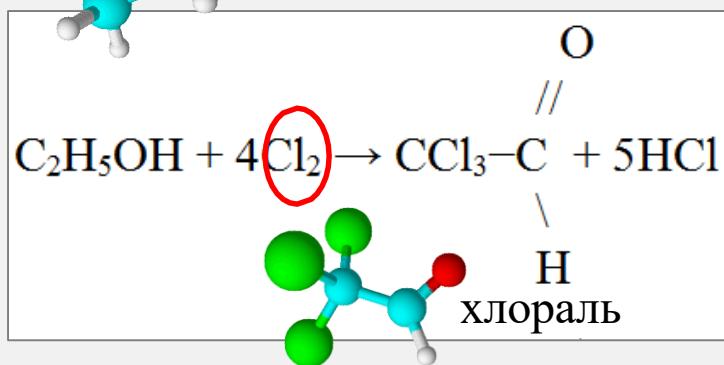
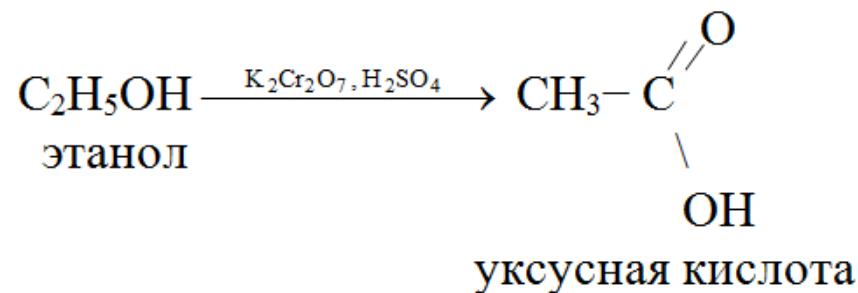
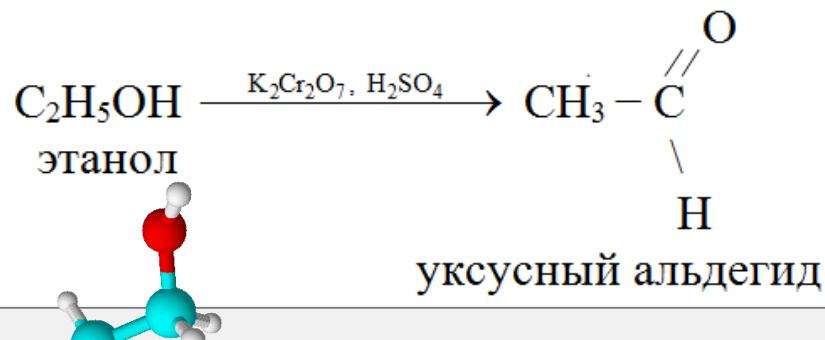
## ➤ Продукты окисления первичных спиртов



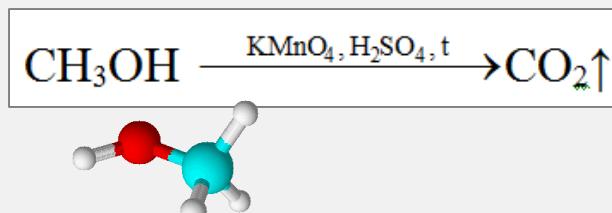
# Окисление спиртов

## Окисление первичных спиртов

до альдегидов

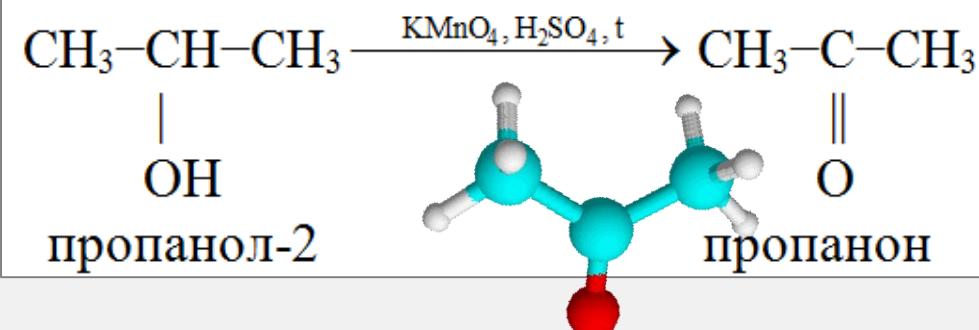
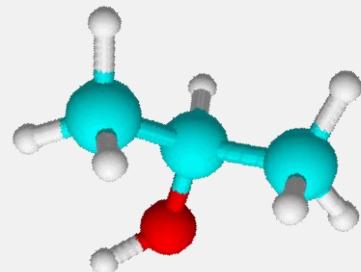


Метанол окисляется до  $\text{CO}_2$ :



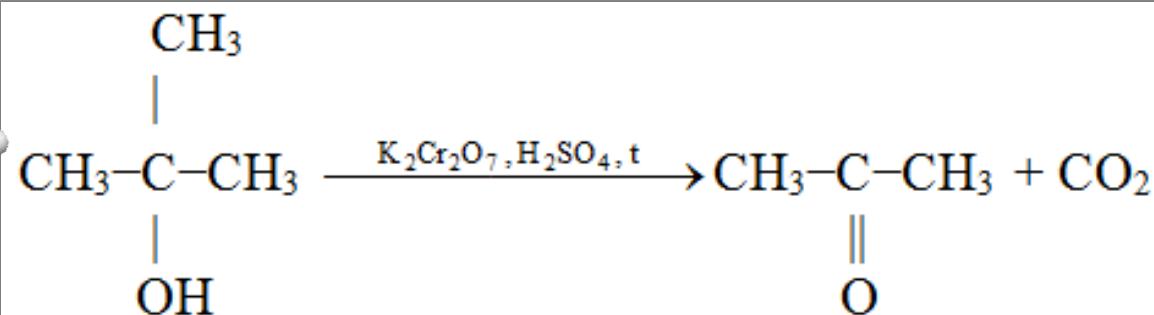
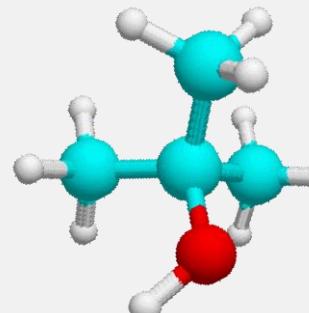
# Окисление спиртов

➤ Вторичные спирты окисляются до кетонов:



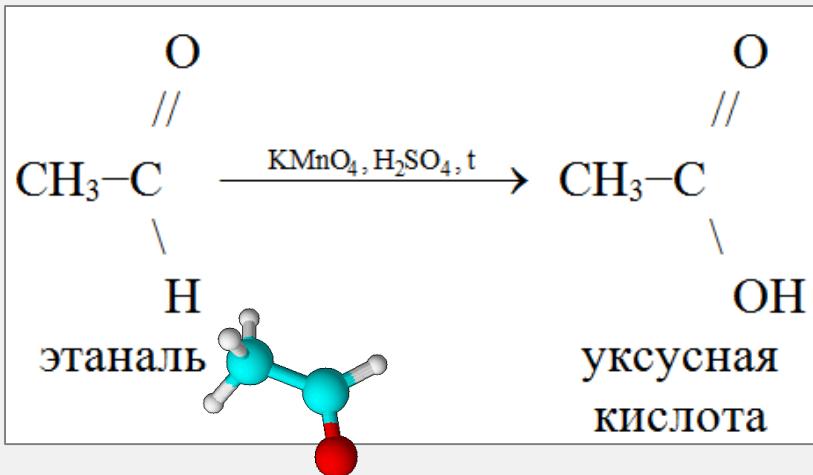
➤ Третичные спирты устойчивы к окислению!

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

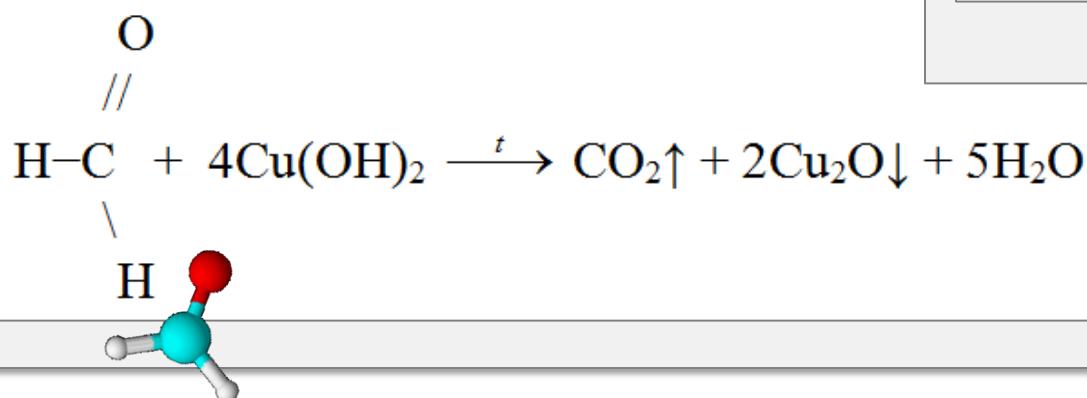


# Окисление альдегидов и кетонов

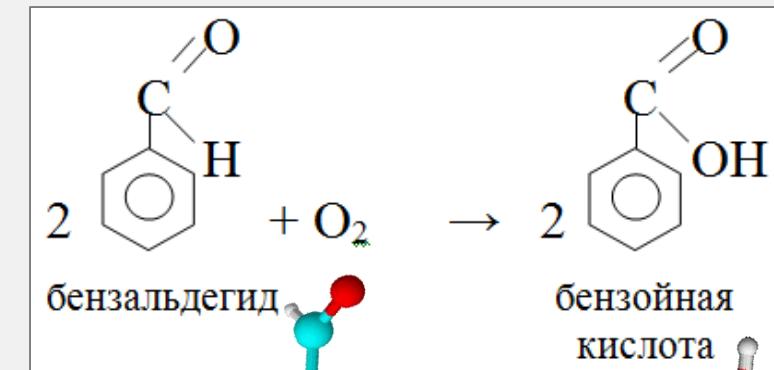
**Альдегиды** легко окисляются до **карбоновых кислот**:



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



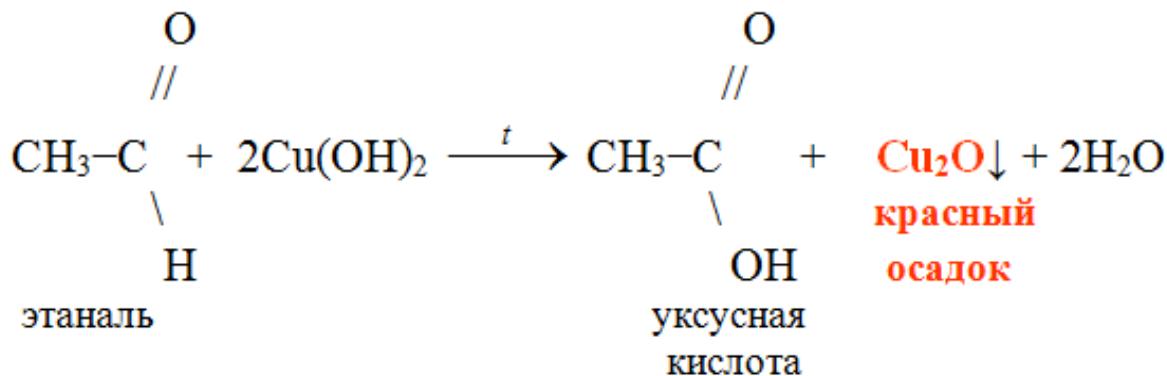
## **Ароматические альдегиды**



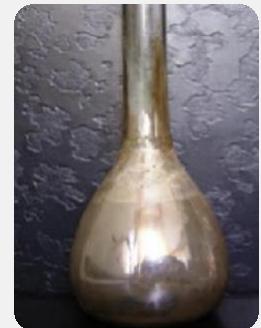
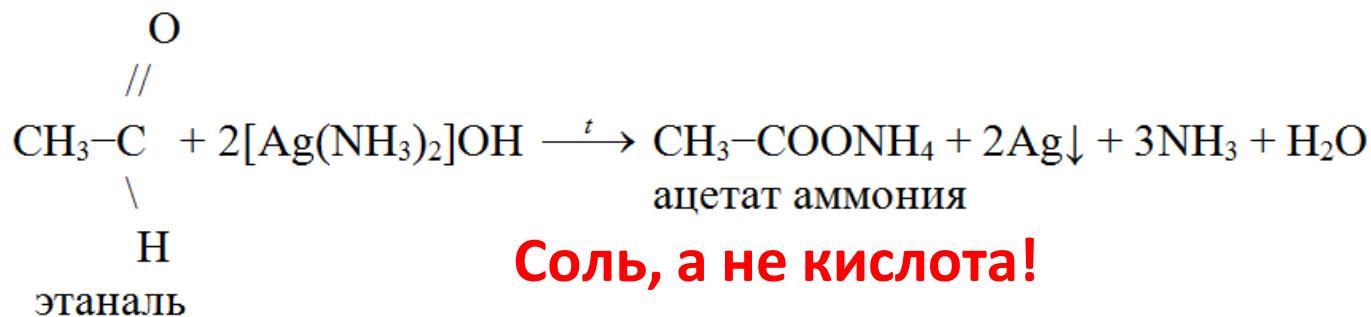
# Окисление альдегидов и кетонов

## Качественные реакции на альдегиды

### ➤ Окисление гидроксидом меди(II)



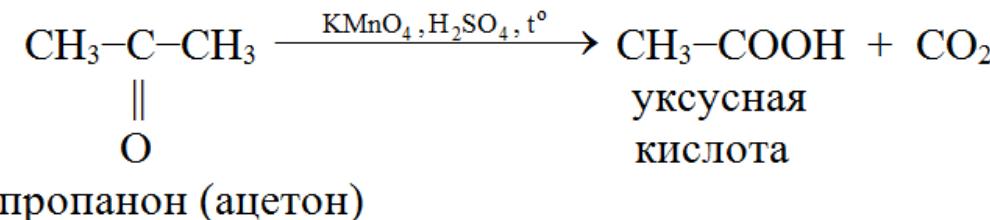
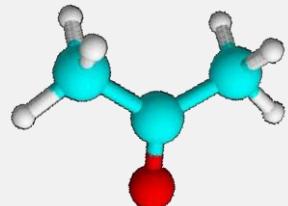
### ➤ Реакция «серебряного зеркала»



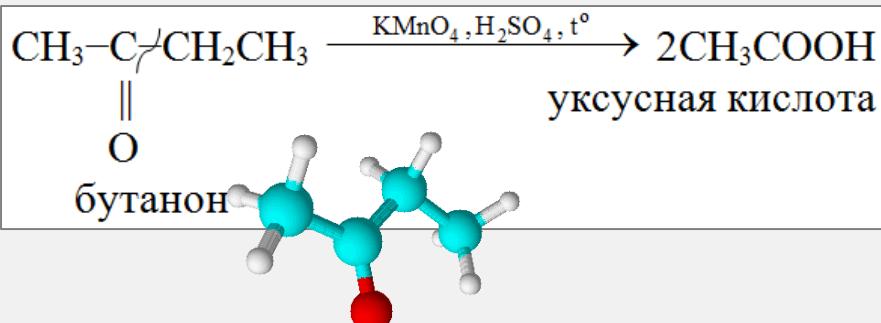
# Окисление альдегидов и кетонов

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

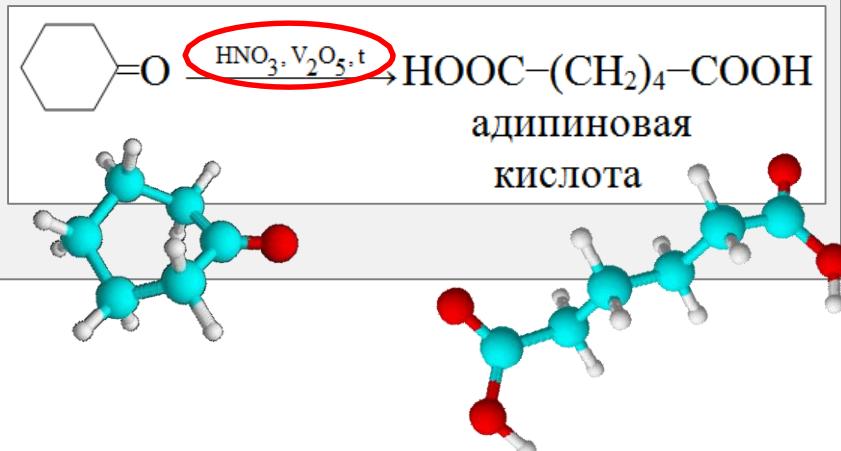
- Под действием **сильных окислителей** происходит разрыв C—C связей по обе стороны карбонильной группы с образованием **кислот**:



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

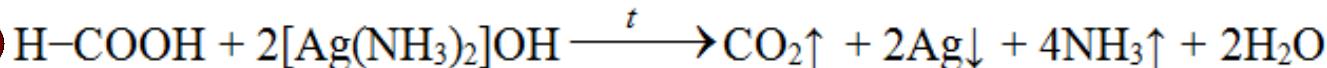
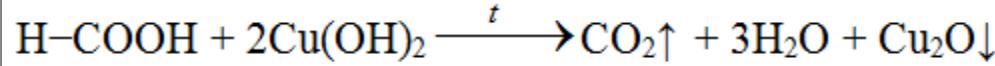
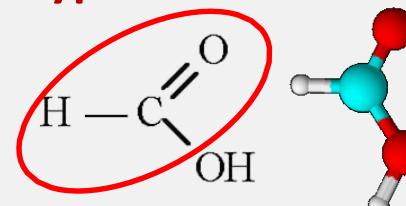


- Окисление циклических кетонов:

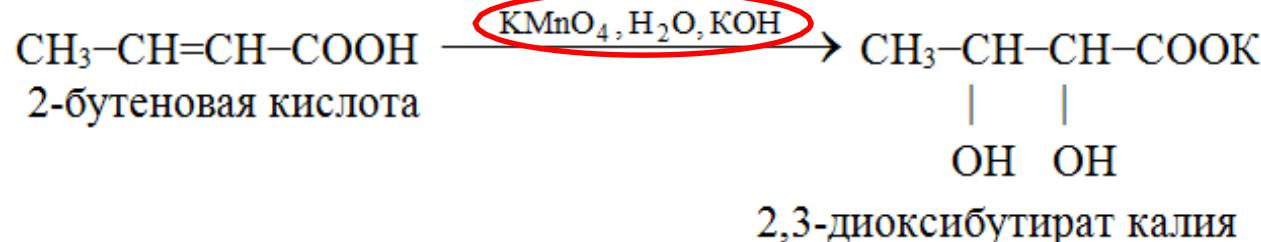
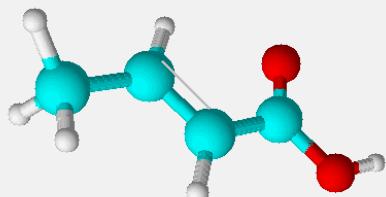


# Окисление карбоновых кислот

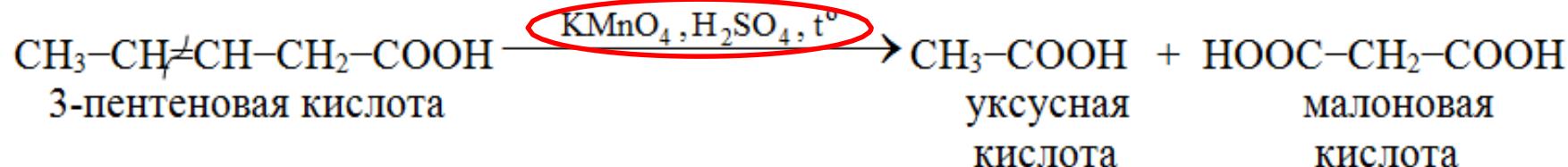
Среди **одноосновных карбоновых кислот** легко окисляется только **муравьиная кислота**:



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



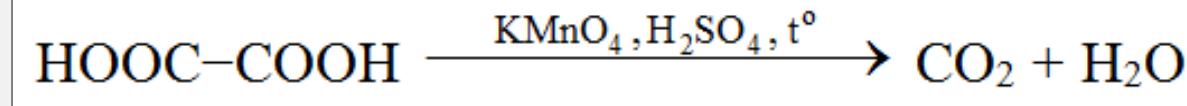
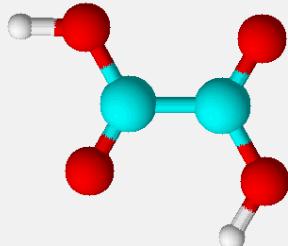
В **кислой** среде происходит разрыв углеродного скелета по месту двойной связи C=C с образованием **смеси кислот**:



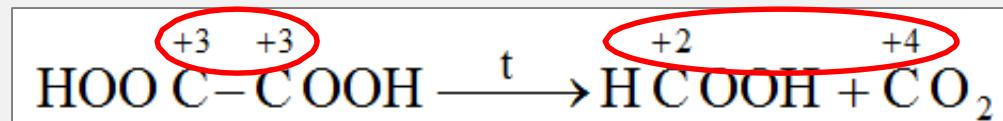
# Окисление карбоновых кислот

## Особые свойства щавелевой кислоты

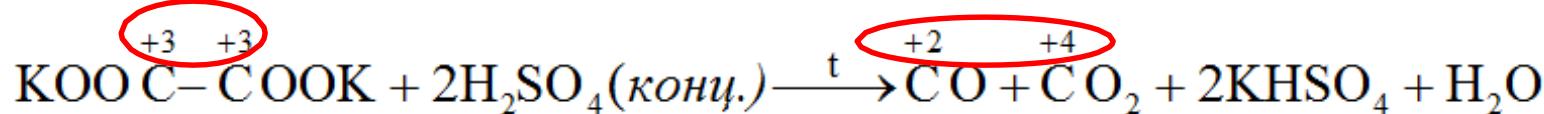
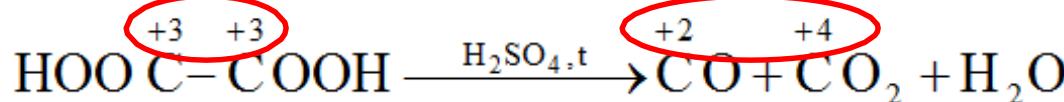
- Легко окисляется под действием  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде при нагревании до  $\text{CO}_2$  (метод перманганатометрии):



- При нагревании подвергается декарбоксилированию :



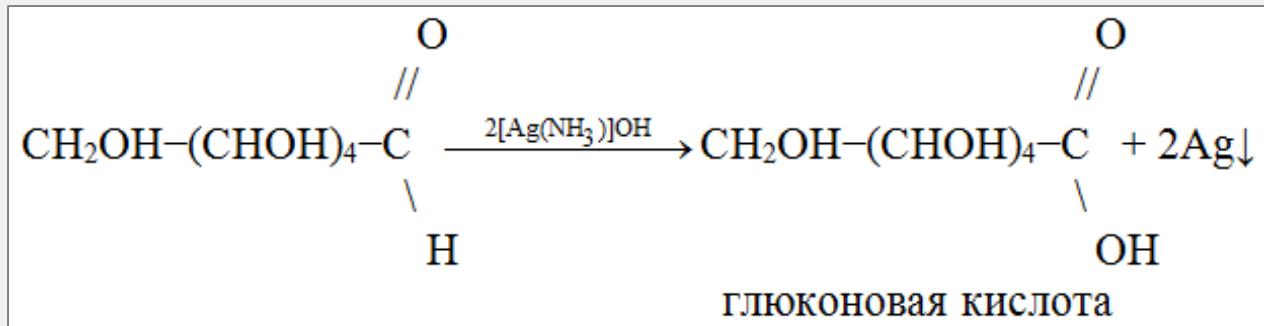
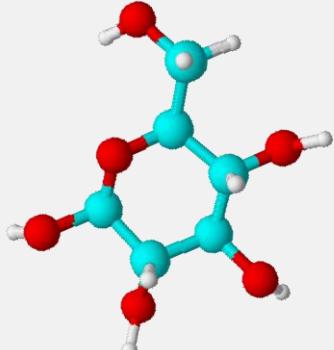
- Под действием концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании щавелевая кислота и ее соли (оксалаты) разлагаются до  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ :



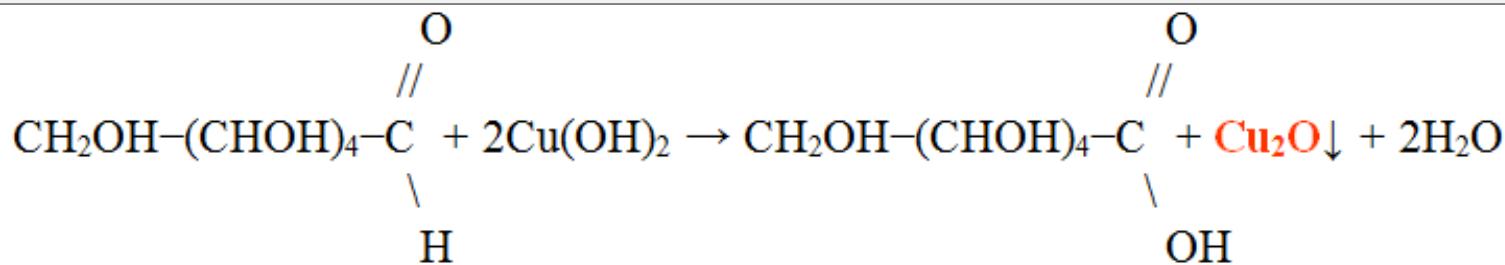
# Окисление моносахаридов

## Окисление глюкозы до глюконовой кислоты

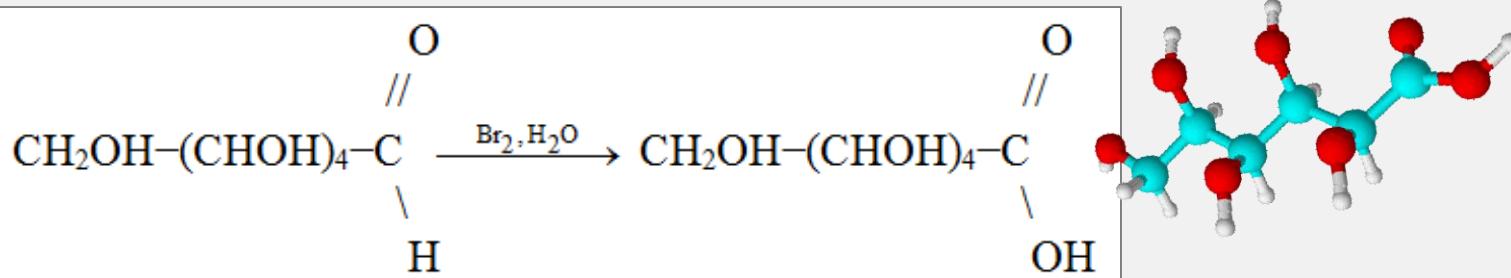
- реактивом Толленса



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

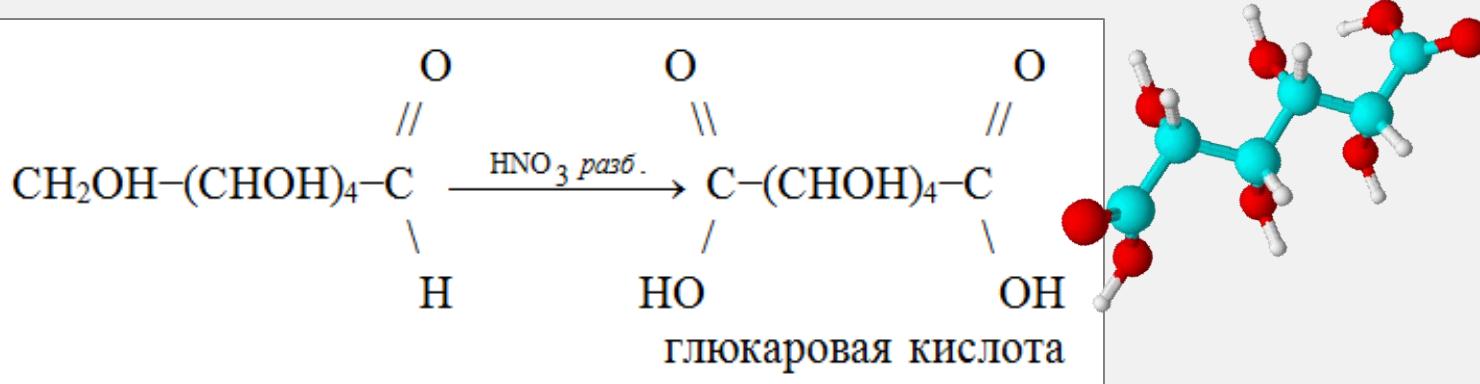


- бромной водой

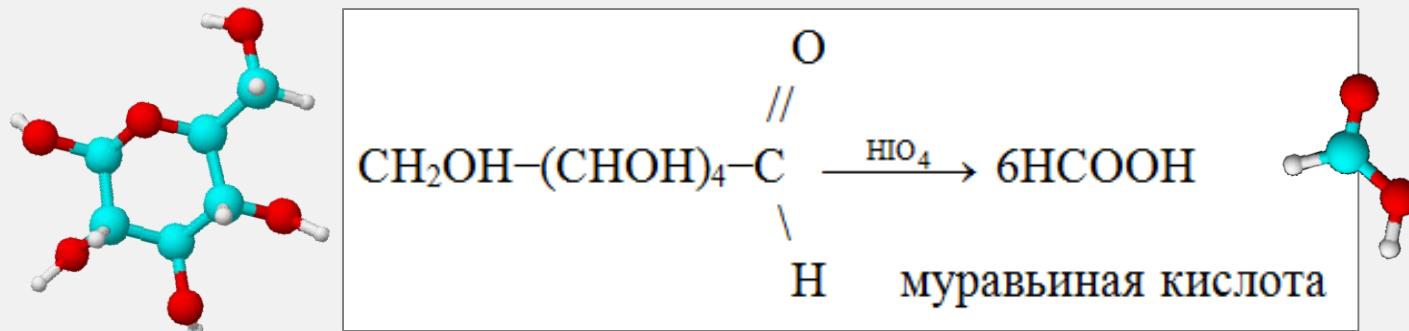


# Окисление моносахаридов

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



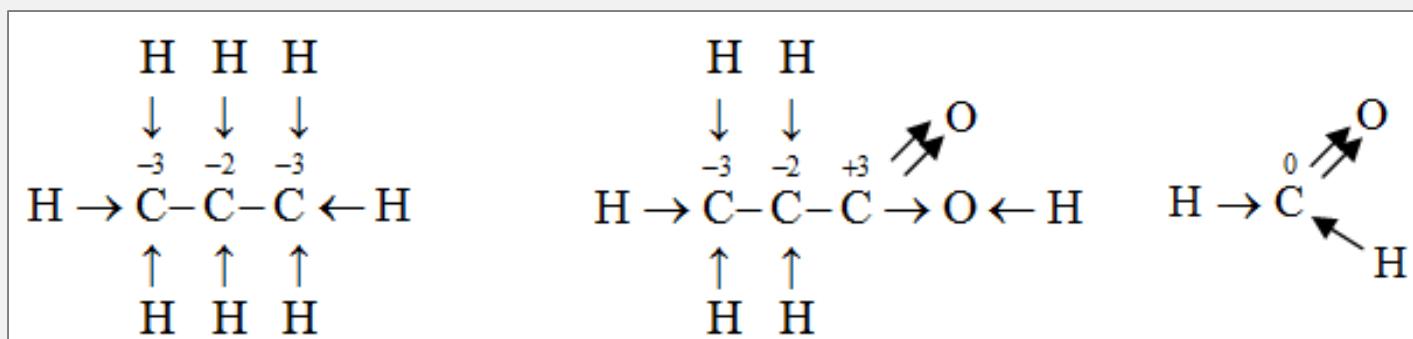
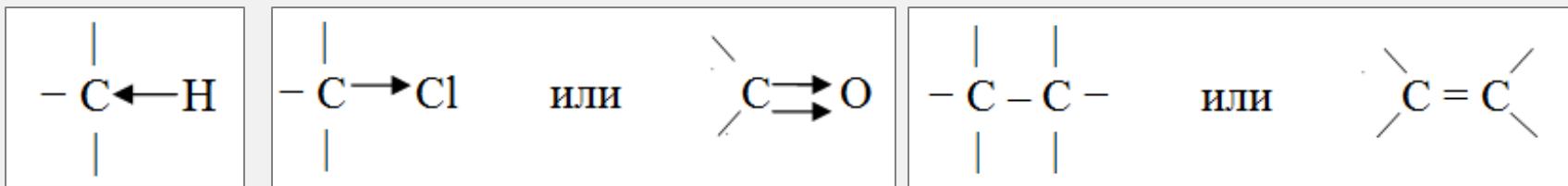
Окисление глюкозы до муравьиной кислоты  
под действием иодной кислоты  $\text{HIO}_4$  (периодатное окисление)



# Расстановка коэффициентов в ОВР. Метод электронного баланса

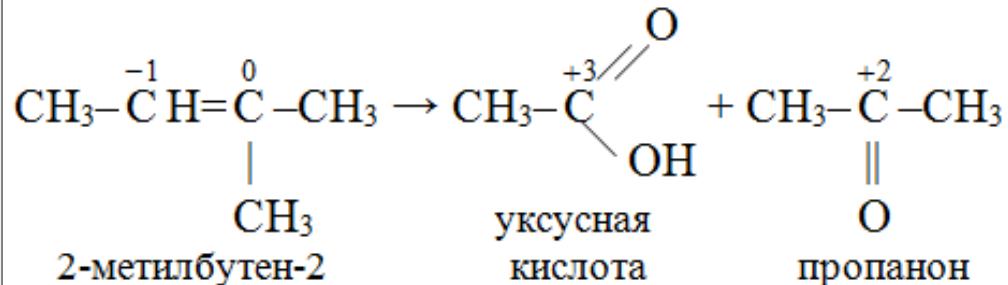
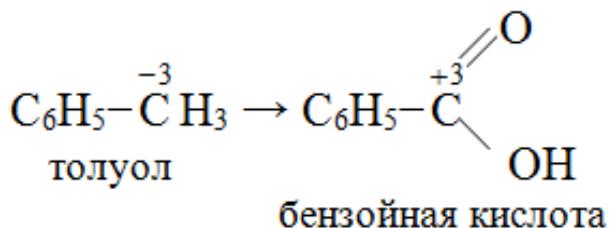
**При определении степени окисления углерода учтываем:**

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

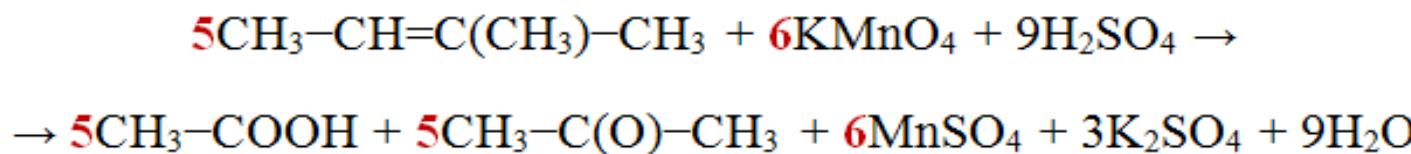
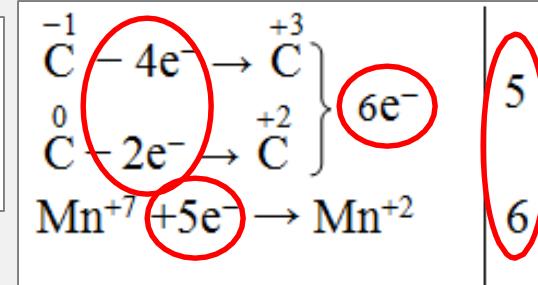
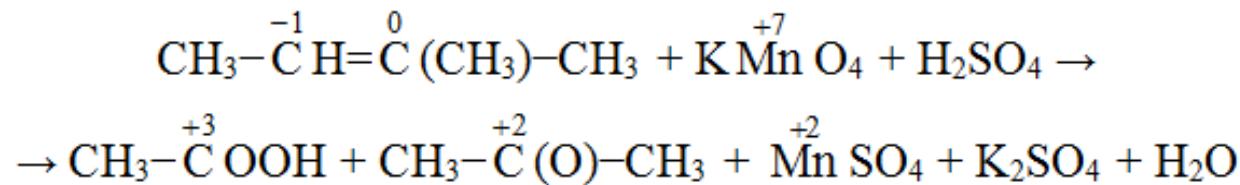


# Расстановка коэффициентов в ОВР. Метод электронного баланса

- 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**.

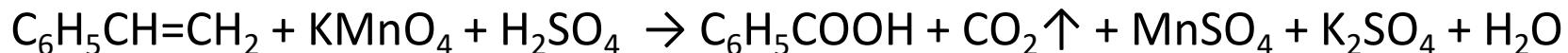
## Правила при расстановке коэффициентов:

- 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.

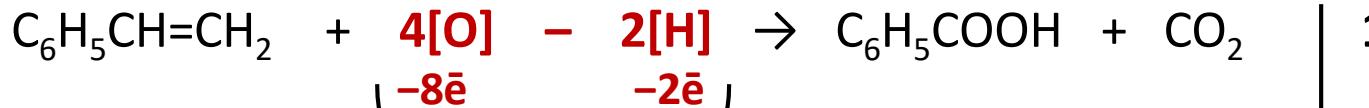
# Расстановка коэффициентов в ОВР. Кислородно-водородный метод

**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)

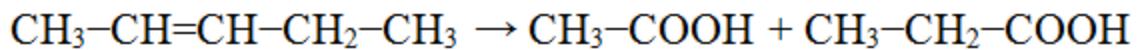
Следует придерживаться той же формы записи, которая принята для уравнений реакций **ионного обмена**, а именно: **малорастворимые, малодиссоциированные и газообразные соединения следует записывать в молекулярной форме.**

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

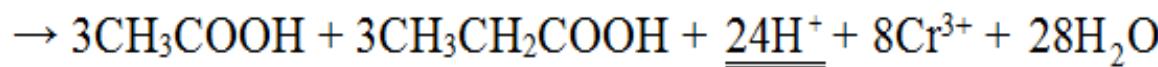
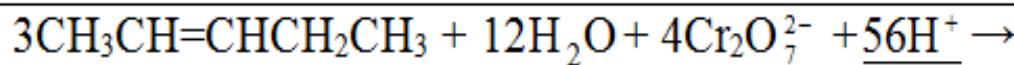
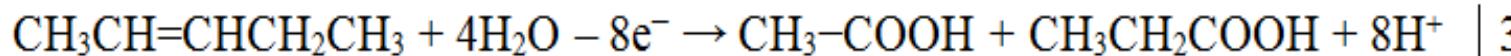
# Расстановка коэффициентов в ОВР. Метод полуреакций (ионно-электронный)

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

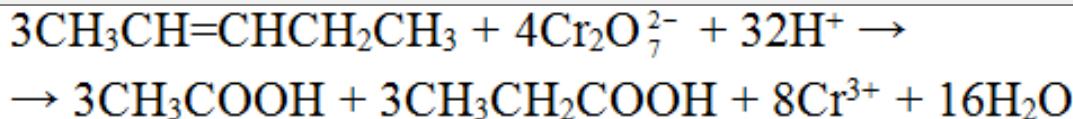
1. Составим схемы процессов окисления и восстановления



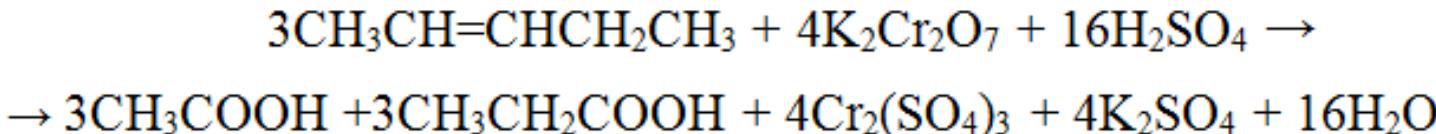
2. Составим уравнения полуреакций окисления и восстановления:



3. Составим уравнение реакции в ионном виде:

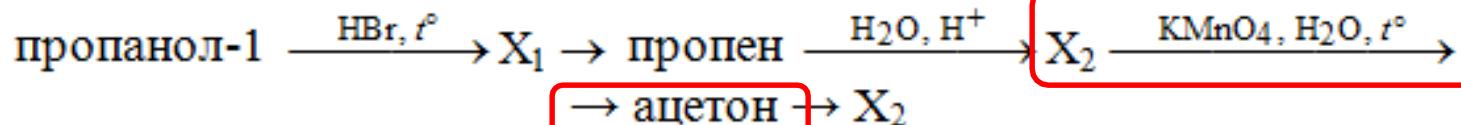


4. Составим уравнение реакции в молекулярном виде:



## Пример 1 задания №32

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

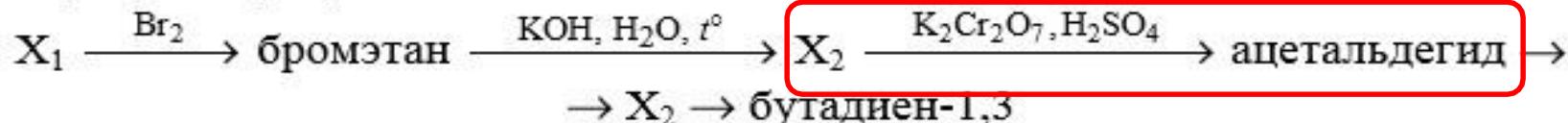


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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:

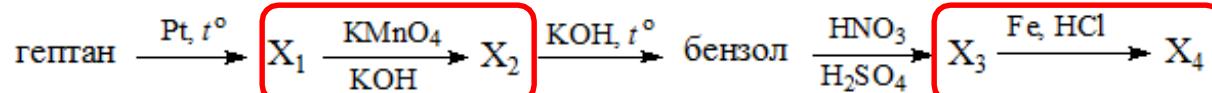


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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{КОН} \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}-\text{CH}=\text{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:

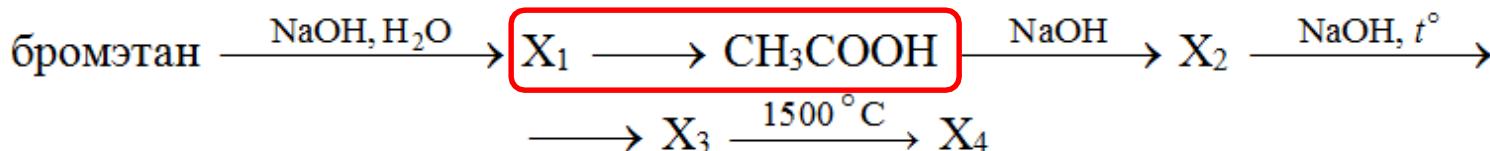


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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> <ol style="list-style-type: none"> <li>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></li> <li>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{COOK} + 6\text{K}_2\text{MnO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}</math></li> <li>3) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{COOK} + \text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{K} + \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>4) <math>\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{K} + \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></li> <li>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></li> </ol>	

## Пример 4 задания №32

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

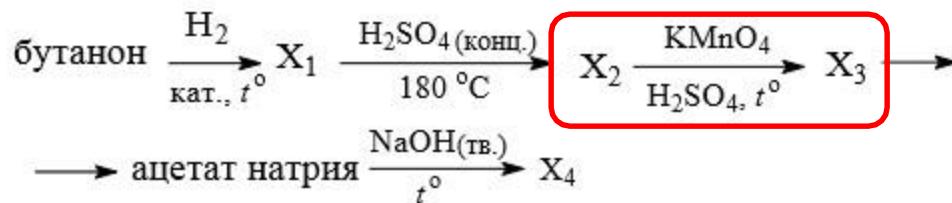


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:</p> <p>1) <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaBr}</math></p> <p>2) <math>5\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{---} \longrightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 4\text{MnSO}_4 + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}</math></p> <p>3) <math>\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>4) <math>\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3</math></p> <p>5) <math>2\text{CH}_4 \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}\equiv\text{CH} + 3\text{H}_2</math> (Возможно образование С и H<sub>2</sub>)</p>	

# Пример 5 задания №32

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

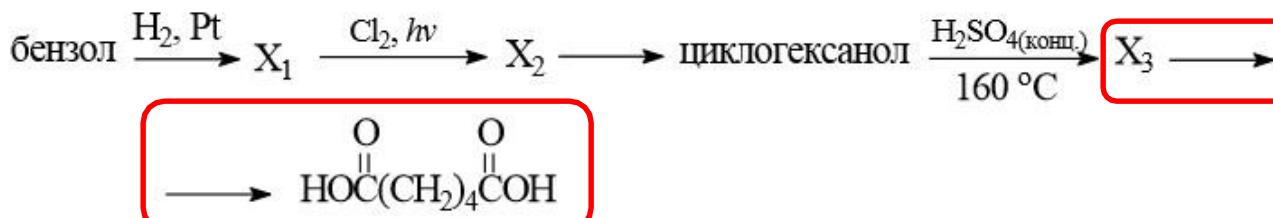


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

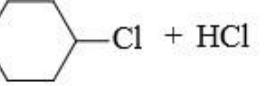
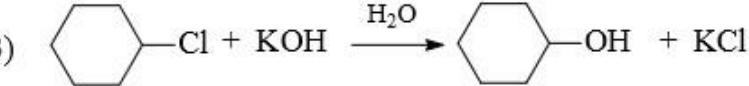
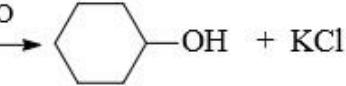
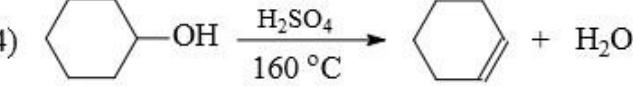
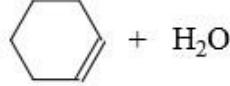
Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)	Баллы
<p>Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <math>\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\underset{  }{\text{C}}}(\text{CH}_2\text{CH}_3) + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{кат., } t^\circ]{\quad} \text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{C}}}(\text{CH}_2\text{CH}_3)</math></li> <li>2) <math>\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\underset{ }{\text{C}}}(\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></li> <li>3) <math>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></li> <li>4) <math>\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>5) <math>\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow{t^\circ} \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3</math></li> </ol>	

## 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) 5  + 8KMnO<sub>4</sub> + 12H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> <math>\longrightarrow</math> <math>\xrightarrow{\quad \begin{array}{c} \text{O} &amp; \text{O} \\ \parallel &amp; \parallel \\ \text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{COH} \end{array} \quad}</math> + 4K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 8MnSO<sub>4</sub> + 12H<sub>2</sub>O</p>	

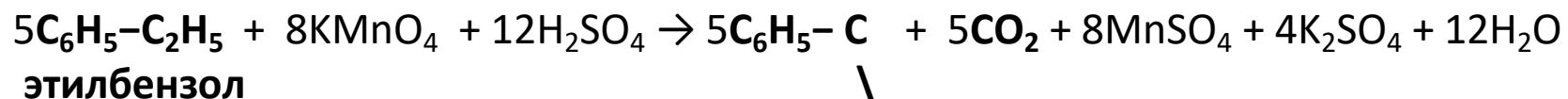
# Пример задания №33

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:

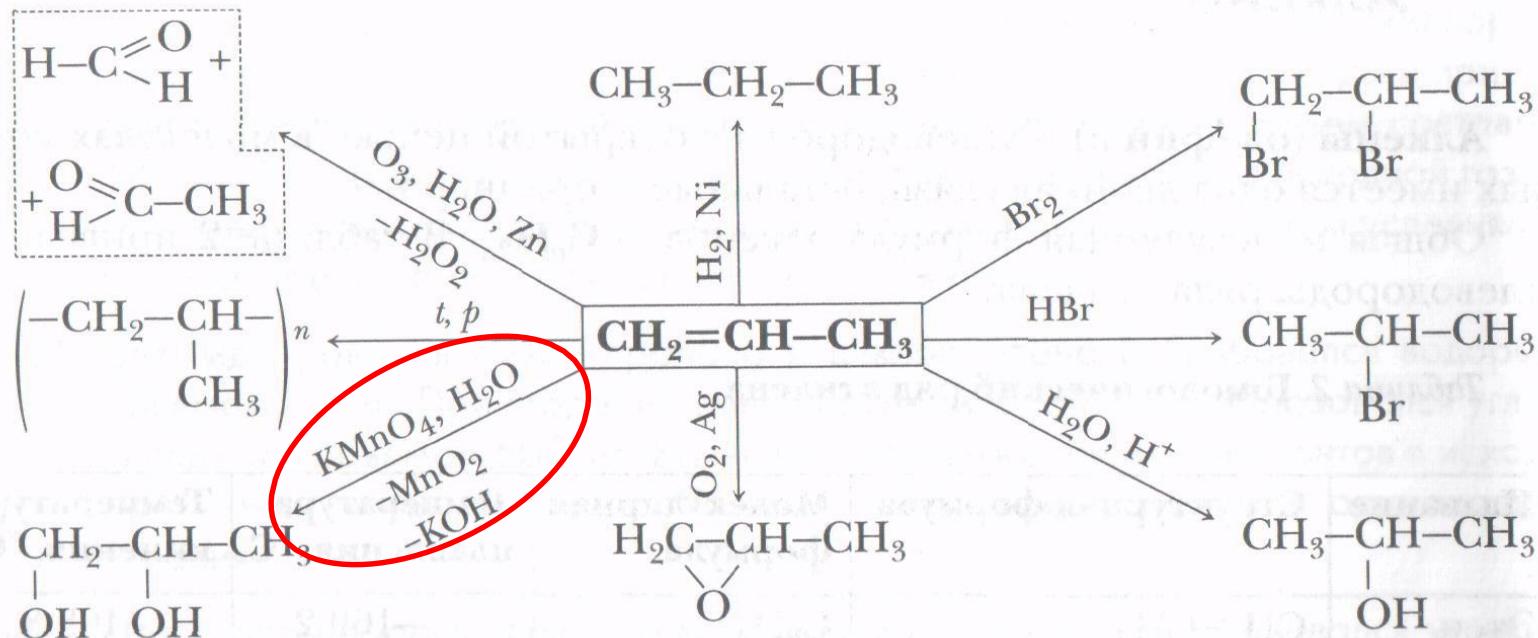
- 1) произведите вычисления, необходимые для установления молекулярной формулы органического вещества;
- 2) запишите молекулярную формулу исходного органического вещества;
- 3) составьте структурную формулу этого вещества, которая однозначно отражает порядок связи атомов в его молекуле;
- 4) напишите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



бензойная  
кислота

# Задания для подготовки к экзамену по теме «ОВР»

*Схема 3. Химические свойства алканов на примере пропена*



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

## Приложение 4

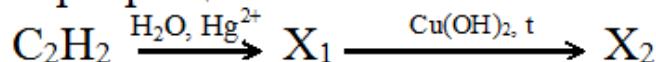
### Качественные реакции органических веществ

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

**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

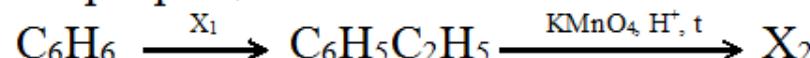


веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| 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) $\text{CH}_3\text{C(O)H}$       |                           |

Ответ:	$\text{X}_1$	$\text{X}_2$

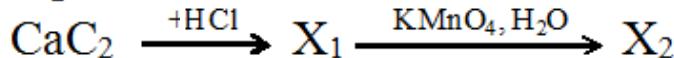
В схеме превращений



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) $\text{CH}_2\text{HO-CH}_2\text{OH}$ |
| 3) $\text{KOOC-COOK}$     |   |

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

## 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)  $\text{CH}_3\text{COH}$
- 5)  $\text{CH}_3\text{COOH}$
- 6)  $\text{CH}_3\text{COOK}$

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

## СУБСТРАТ

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

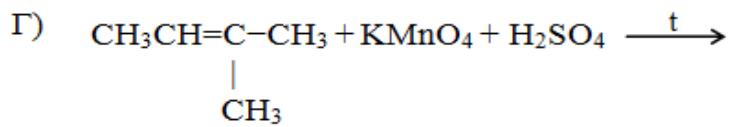
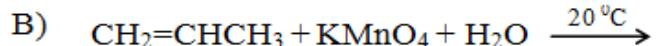
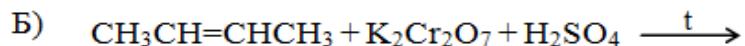
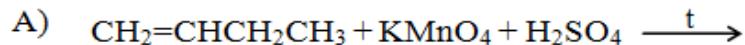
## ПРОДУКТ

- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1) бутанон                | 4) бутановая кислота       |
| 2) бутандион              | 5) 2-оксобутановая кислота |
| 3) бутандиовая<br>кислота | 6) 3-оксобутановая кислота |

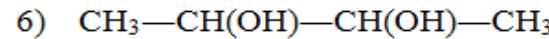
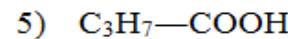
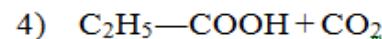
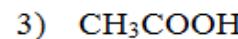
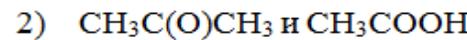
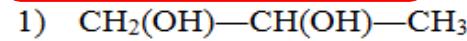
# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

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

## ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА



## ПРОДУКТ (ПРОДУКТЫ) ОКИСЛЕНИЯ АЛКЕНА



Ответ:

A	Б

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

## УГЛЕВОДОРОД

А) изопропилбензол

Б) толуол

В) *n*-ксилол

Г) этилбензол

## ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ

1) этиленгликоль

2) бензойная кислота и углекислый газ

3) щавелевая кислота

4) бензиловый спирт

5) терефталевая кислота

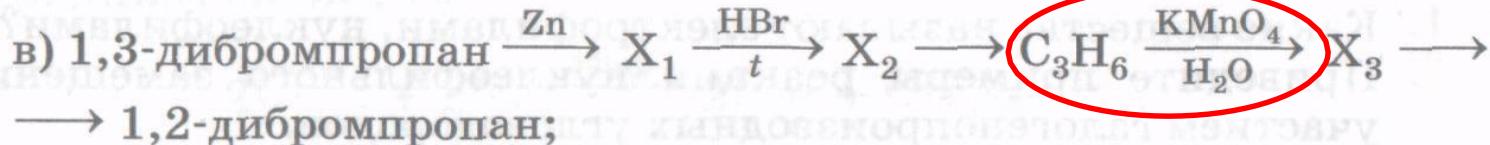
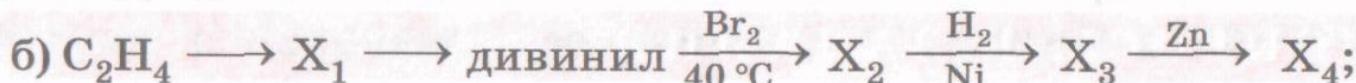
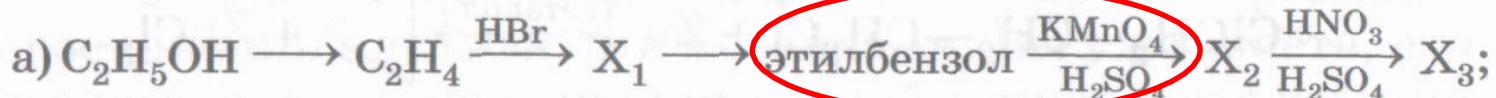
6) бензойная кислота

Ответ:

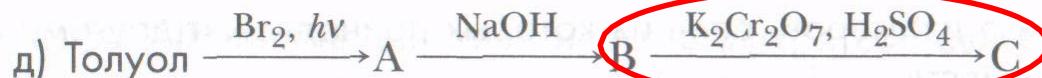
А	Б	В	Г

# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

16. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующим схемам превращений?

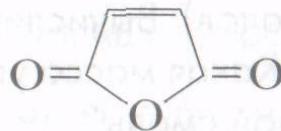


Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  $\text{CH}_3\text{COOK} \xrightarrow{\text{KOH, сплавление}} \text{X}_1 \xrightarrow{\text{C}_2\text{H}_2} \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \xrightarrow{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4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



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

**6–12.** В жестких условиях ( $450^{\circ}\text{C}$ ) 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.

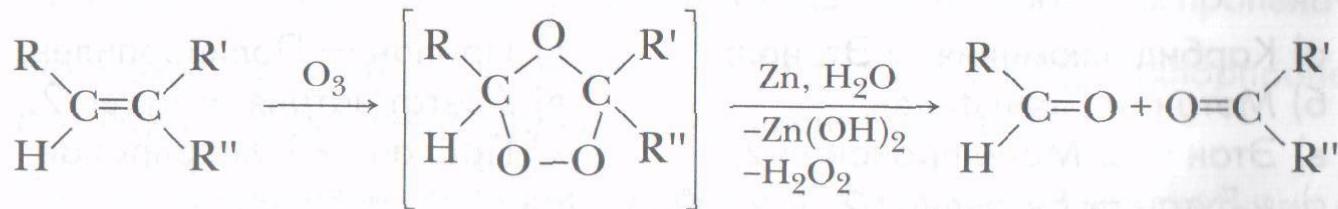
Через горячий 15%-й раствор перманганата калия в сернокислой среде пропускали бутен-2 до полного обесцвечивания раствора. Объём бутена-2 составил 1,12 л (н. у.). Определите массовую долю уксусной кислоты в полученном растворе.

**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 этаналя. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

3–37. При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь бутанона-2 и этаналя. 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 альдегид 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.

