

ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



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

**Лидия Ивановна Асанова**

к.п.н., доцент кафедры естественнонаучного образования  
ГБОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования»

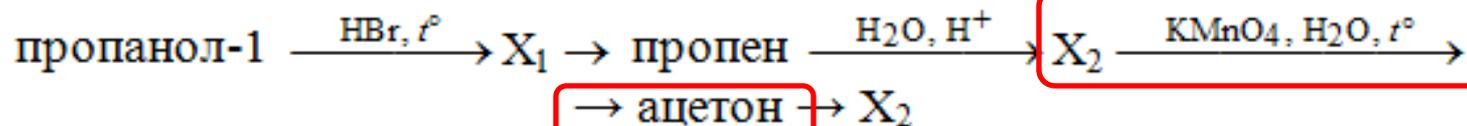
# Вопросы...

- 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?



## Пример 1 задания №32

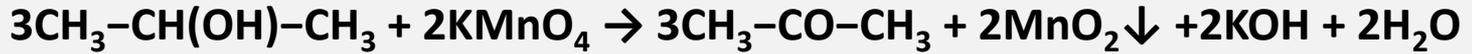
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



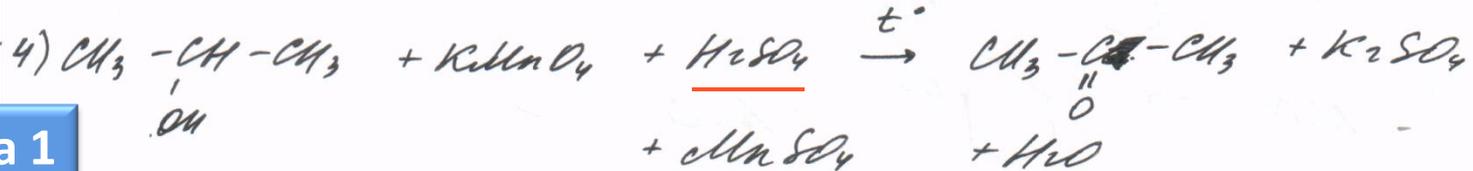
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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> <ol style="list-style-type: none"><li>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></li><li>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></li><li>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></li><li>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></li><li>5) <math>\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{кат.}} \text{CH}_3\text{-CH(OH)-CH}_3</math></li></ol>	

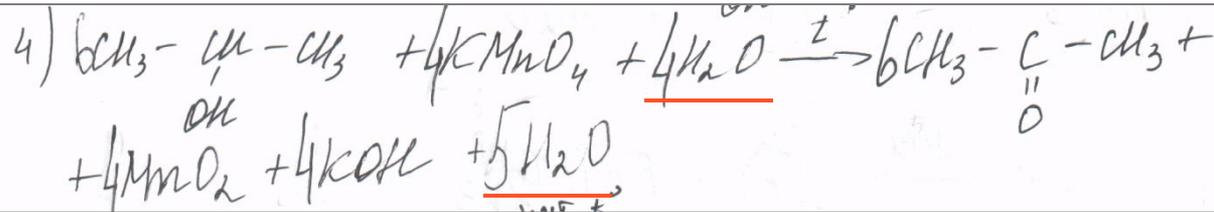
# Пример 1 задания № 32



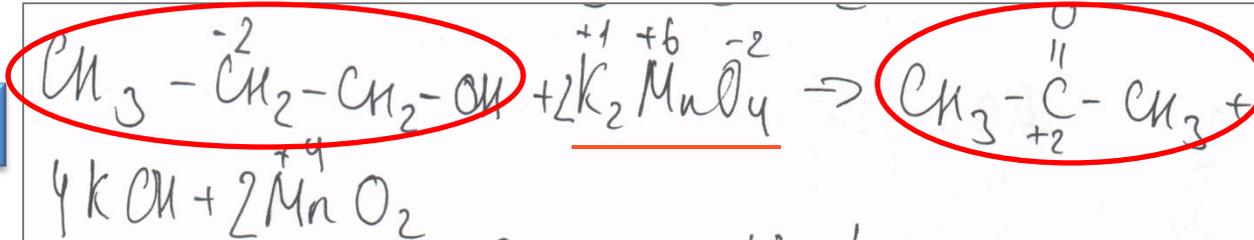
Работа 1



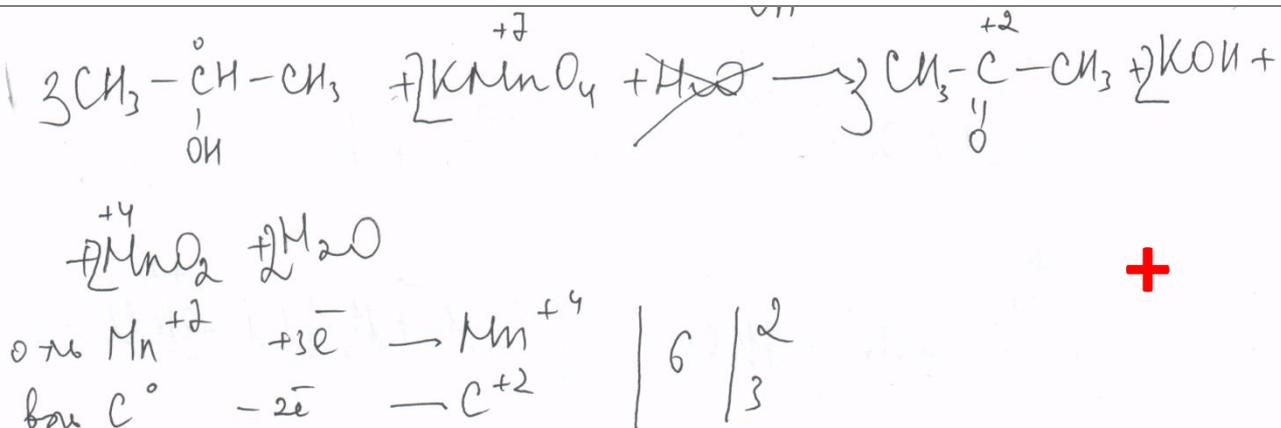
Работа 2



Работа 3

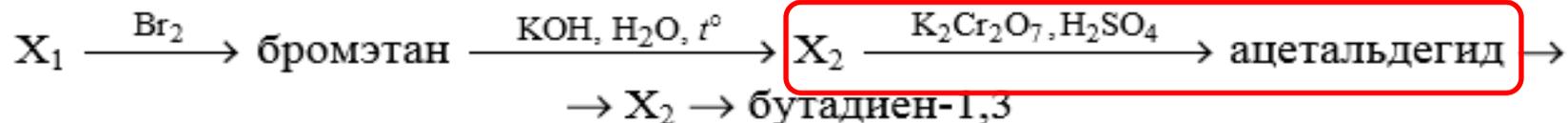


Работа 4



## Пример 2 задания № 32

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



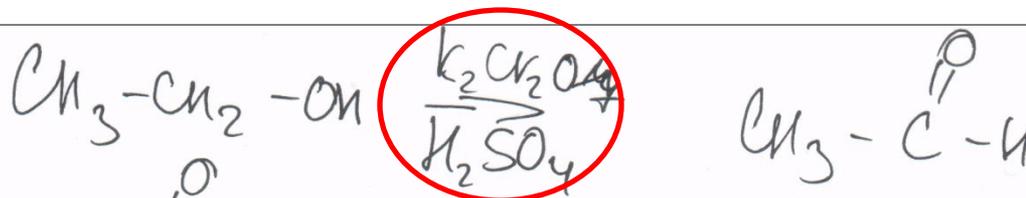
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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}=\text{CH}_2 + \text{H}_2 + 2\text{H}_2\text{O}</math></p>	

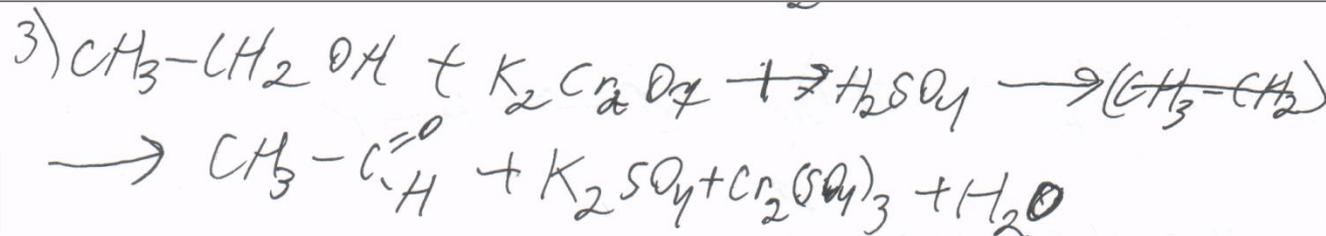
# Пример 2 задания № 32



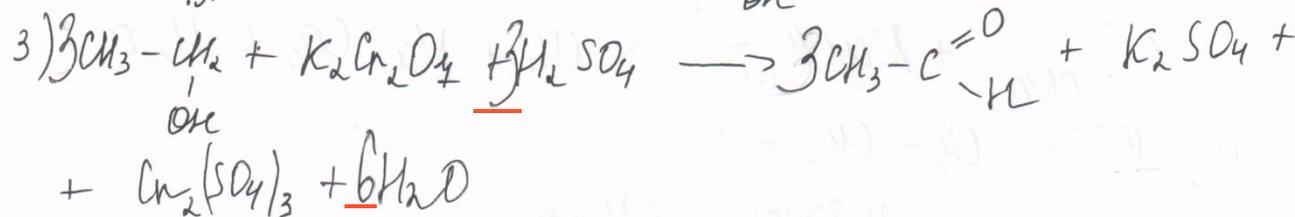
Работа 1



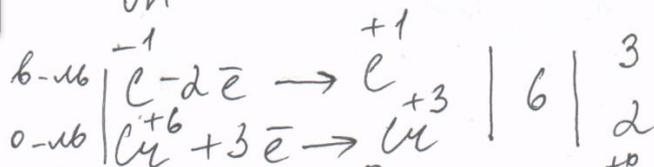
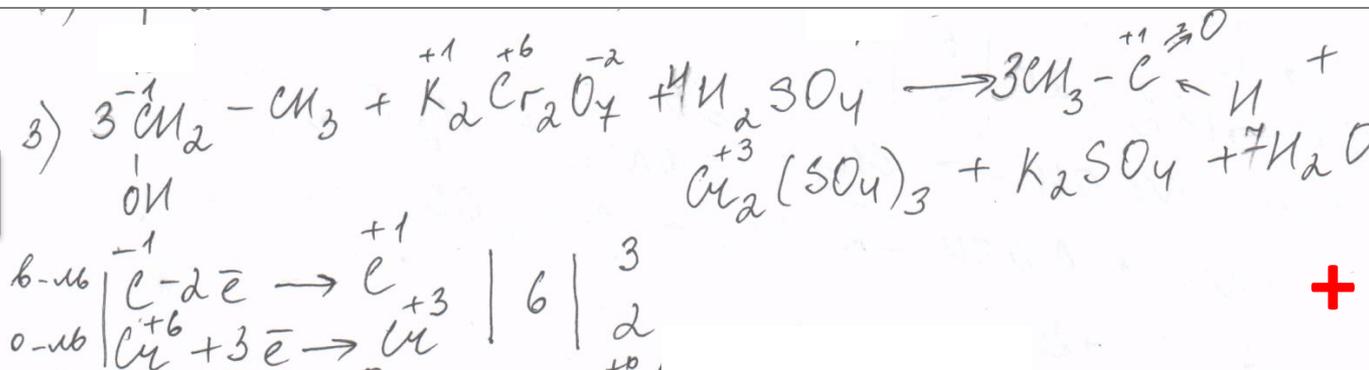
Работа 2



Работа 3



Работа 4



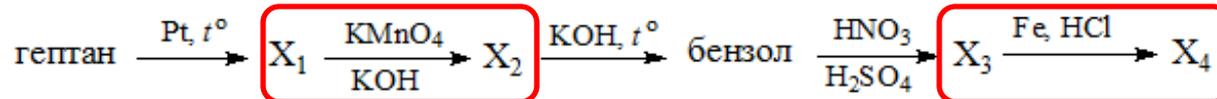
+

# Пример 3

## задания

### № 32

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

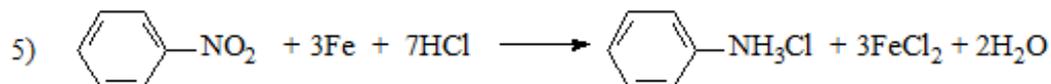
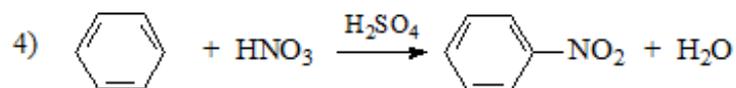
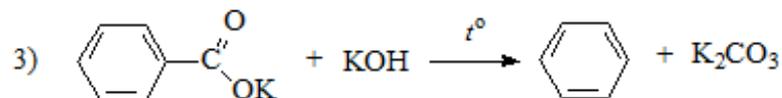
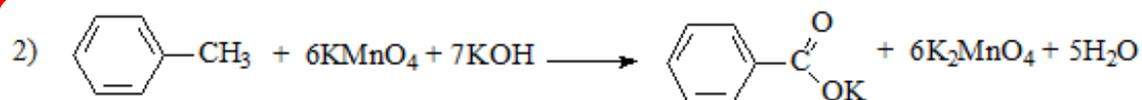
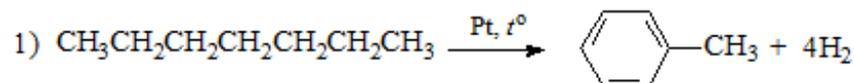


При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

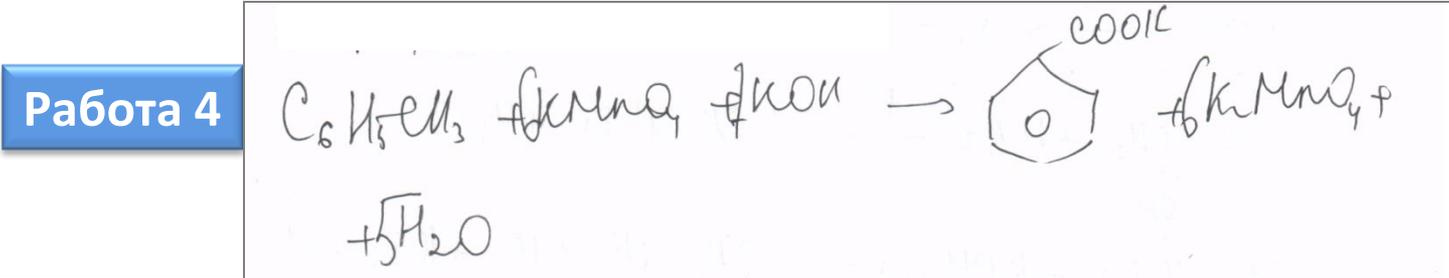
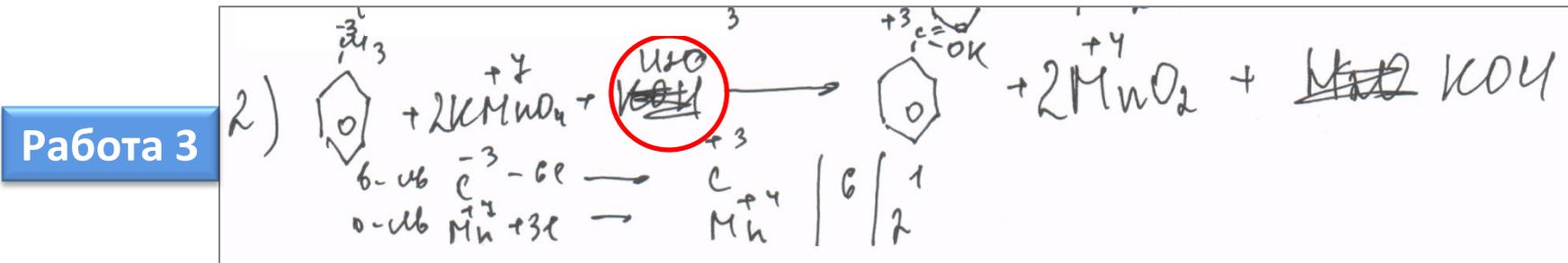
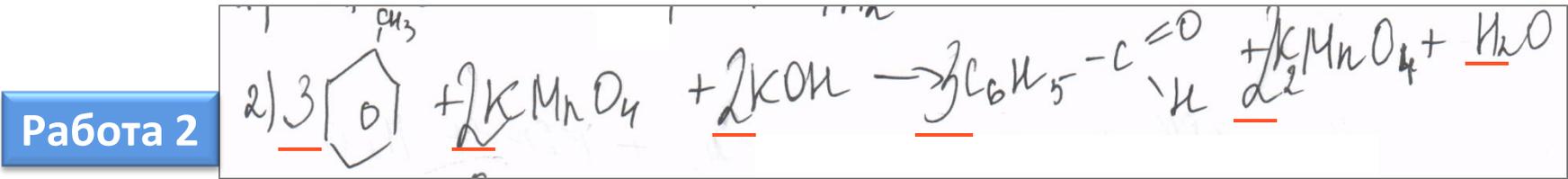
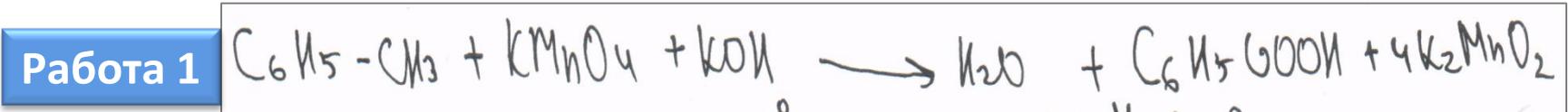
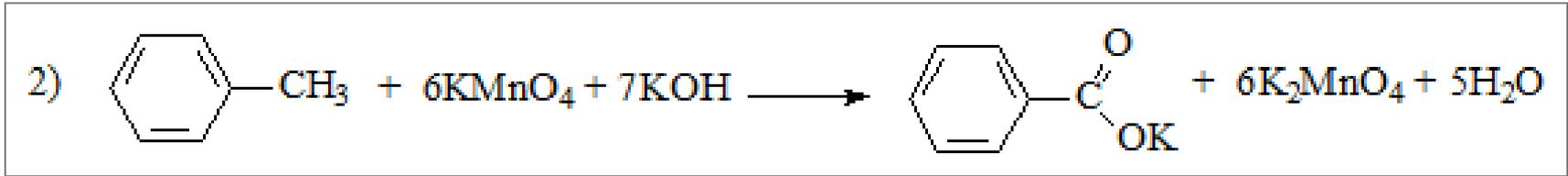
**Содержание верного ответа и указания по оцениванию**  
(допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)

**Баллы**

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

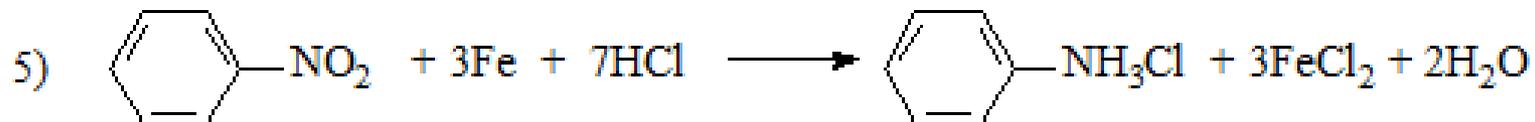


# Пример 3 задания № 32 (реакция 2)

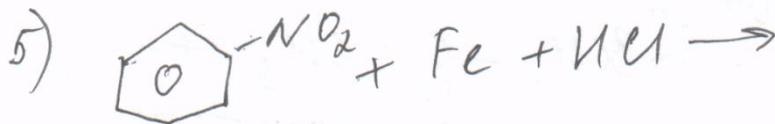


+

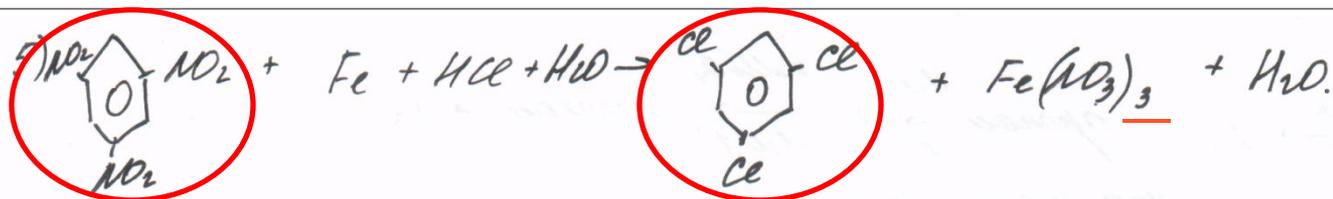
# Пример 3 задания №32 (реакция 5)



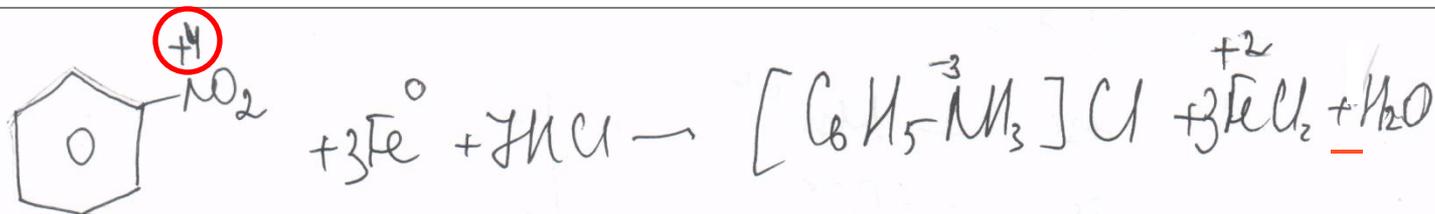
Работа 1



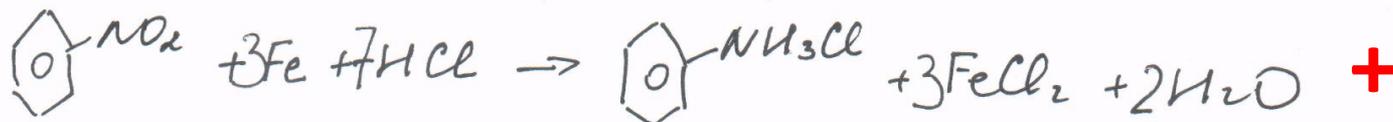
Работа 2



Работа 3

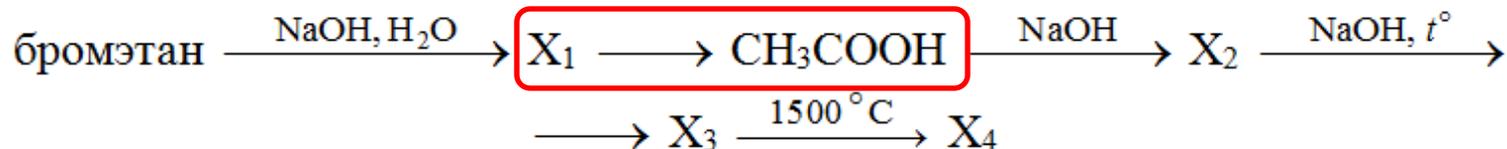


Работа 4



## Пример 4 задания №32

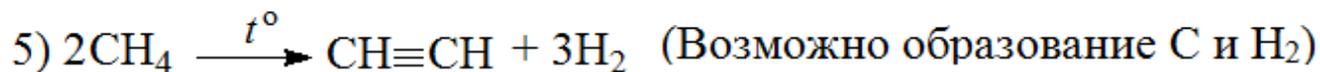
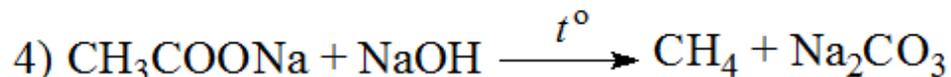
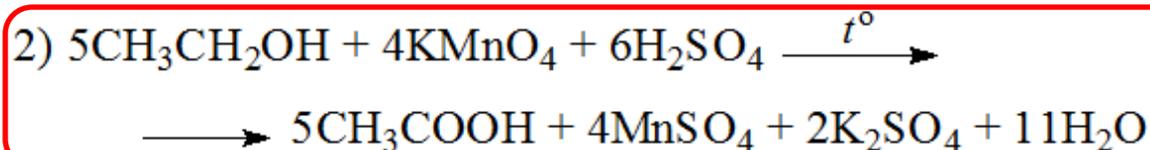
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



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
---	-------

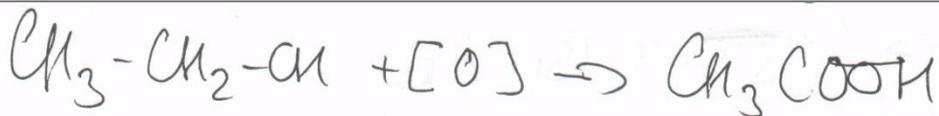
Ответ включает в себя пять уравнений реакций, соответствующих схеме превращений:



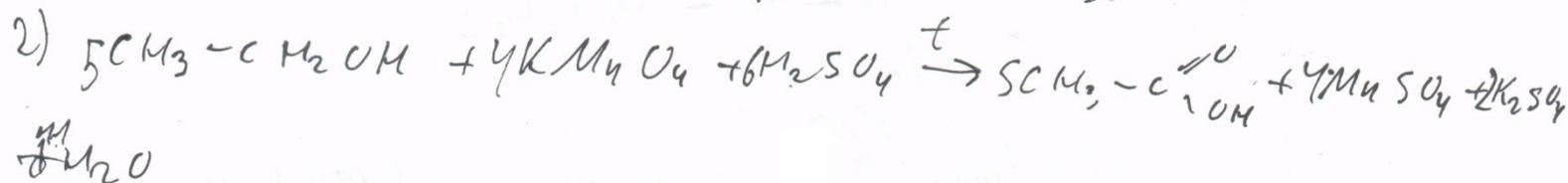
# Пример 4 задания №32



Работа 1



Работа 2



+

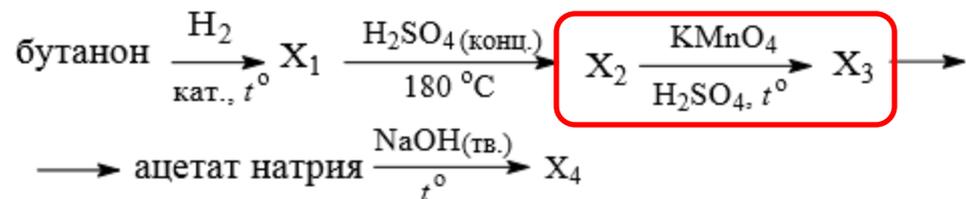
Работа 3

# Пример 5

## задания

### №32

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



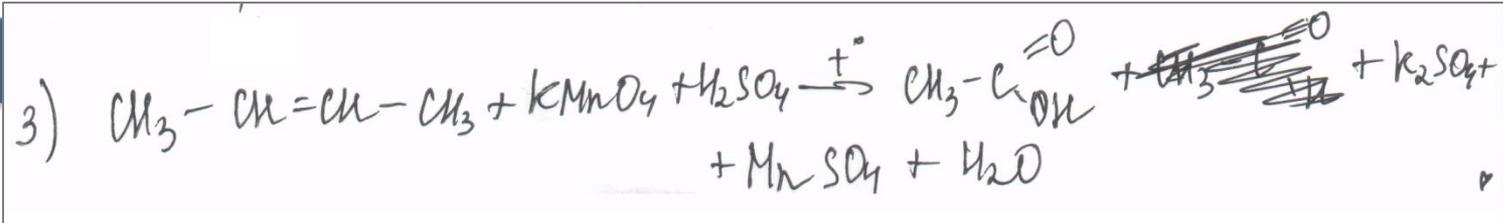
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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 display="block">\text{CH}_3\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2 \xrightarrow[\text{кат., } t^\circ]{} \text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\mid}\text{CHCH}_2\text{CH}_3</math></li> <li>2) <math display="block">\text{CH}_3\overset{\text{OH}}{\mid}\text{CHCH}_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 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></li> <li>4) <math display="block">\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}</math></li> <li>5) <math display="block">\text{CH}_3\text{COONa} + \text{NaOH} \xrightarrow[t^\circ]{} \text{CH}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3</math></li> </ol>	

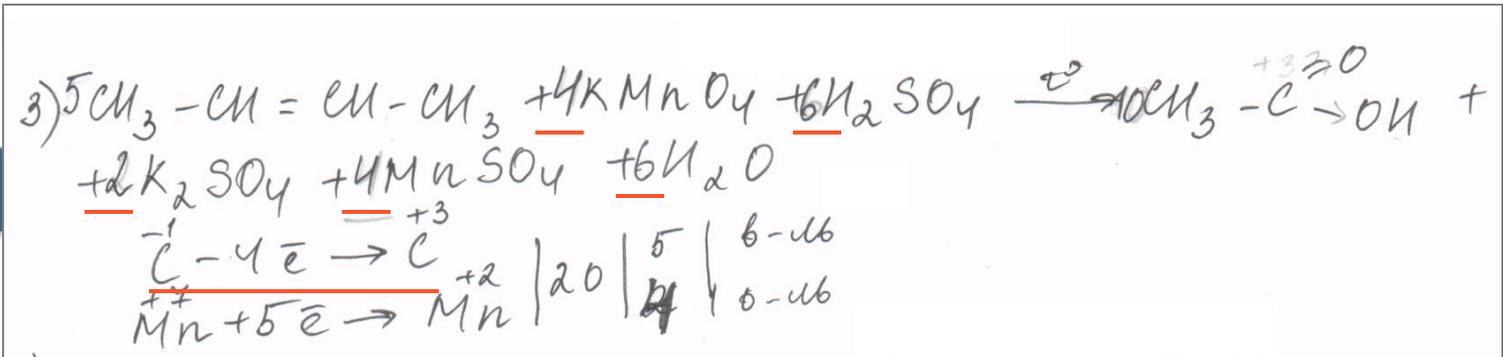
# Пример 5 задания №32



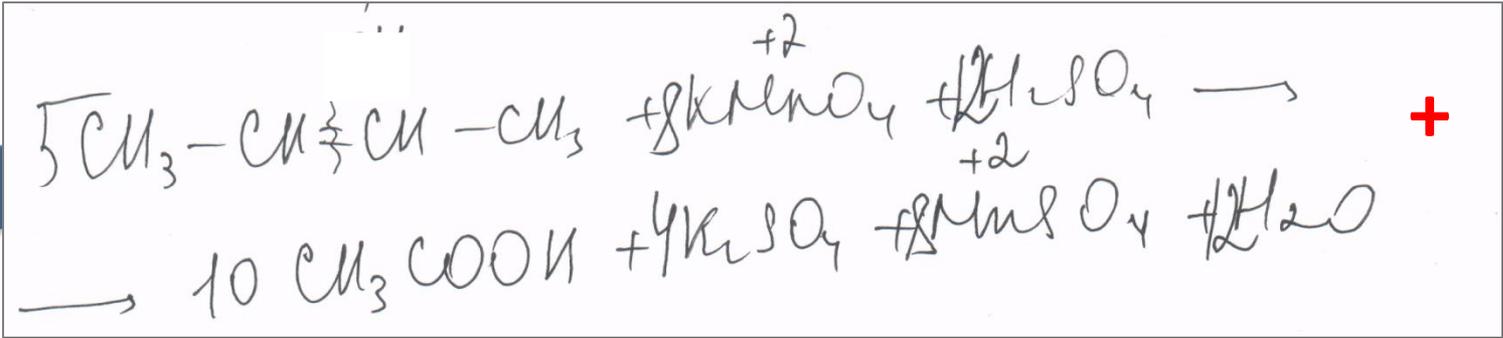
Работа 1



Работа 2

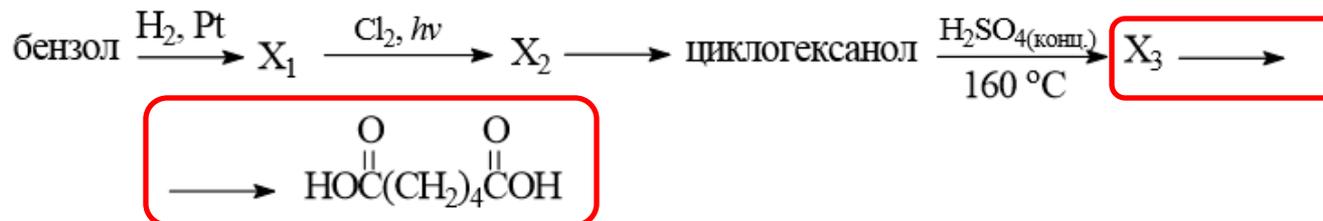


Работа 3



## Пример 6 задания №32

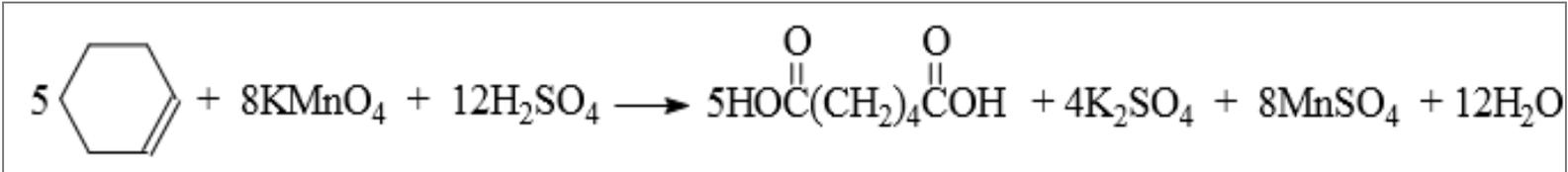
Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



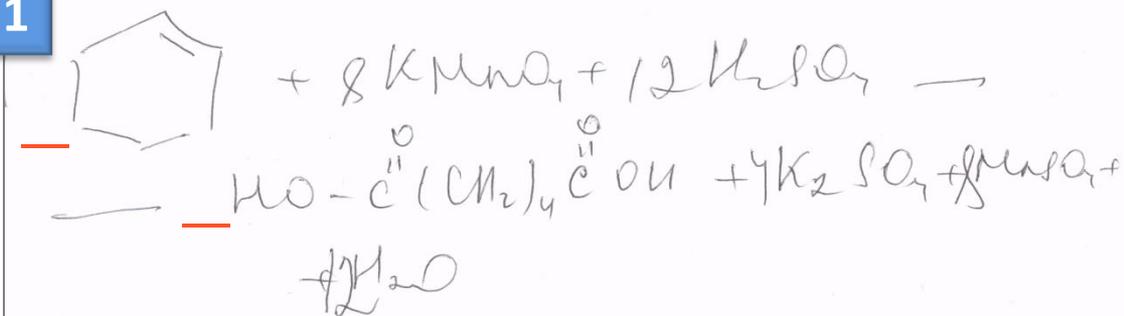
При написании уравнений реакций используйте структурные формулы органических веществ.

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

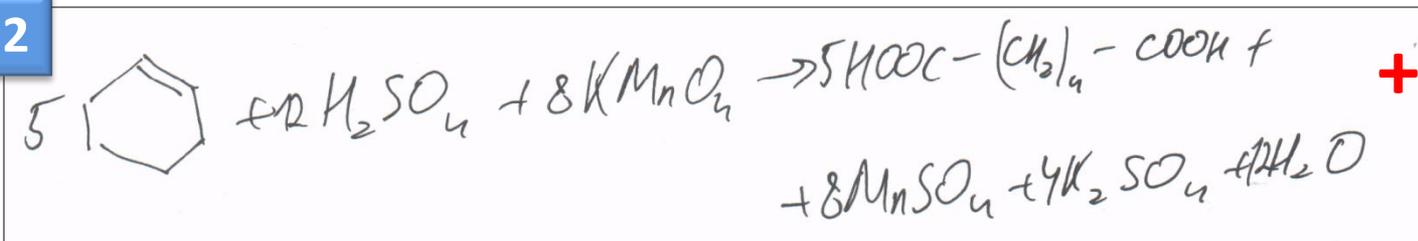
## Пример 6 задания №32



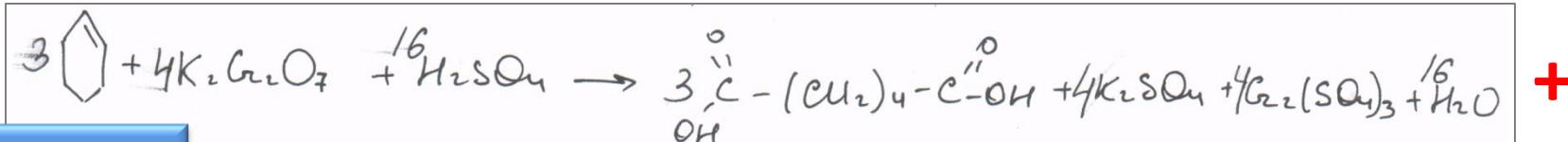
### Работа 1



### Работа 2



### Работа 3



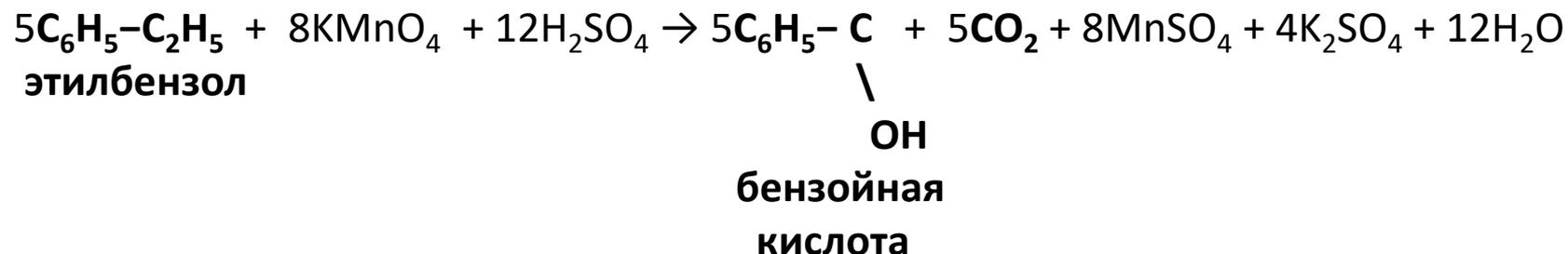
## Пример задания №34

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.



# Основные принципы организации подготовки обучающихся к экзамену

Подготовка к экзамену должна осуществляться в процессе преподавания учебного предмета.

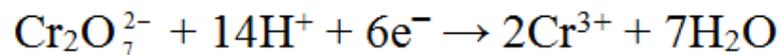
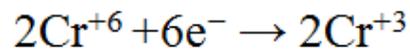
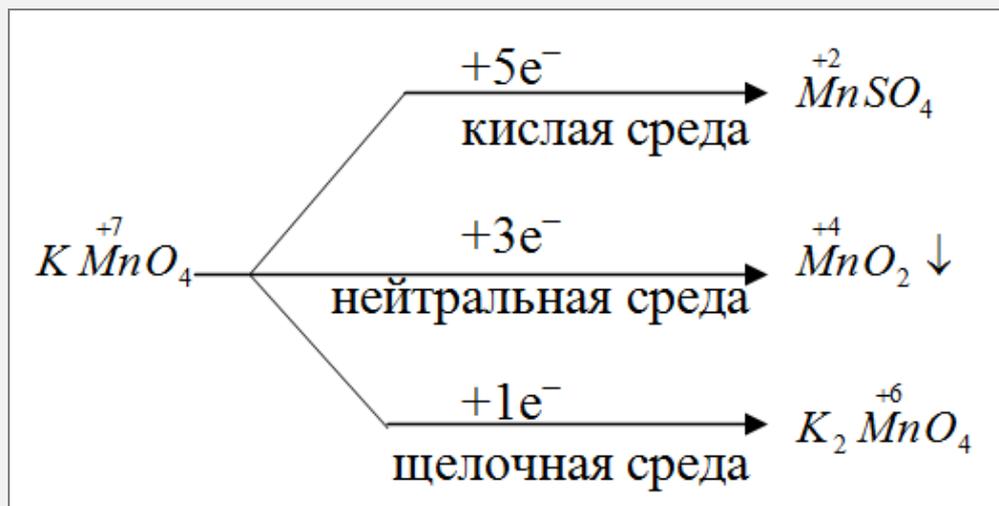
**Нельзя сводить подготовку к экзамену только к тренировке в выполнении заданий, аналогичных заданиям экзаменационной работы!**

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!**

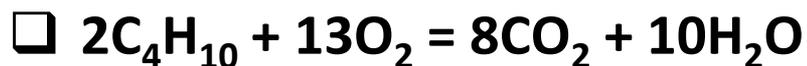
# Важнейшие окислители

- 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  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{OH}$

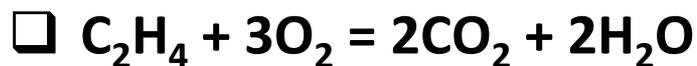


# Горение органических веществ

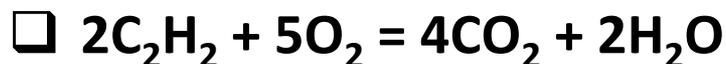
➤ **Реакция горения** приводит к **полному окислению** органических веществ, в результате чего образуются **CO<sub>2</sub>** и **H<sub>2</sub>O**:



бутан



этен



этин



этанол



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



метиламин

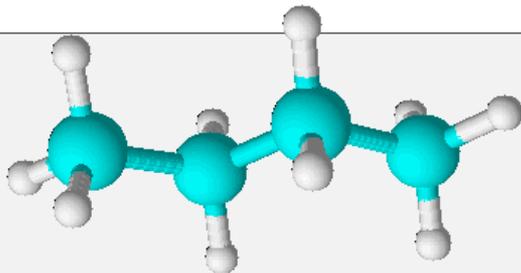
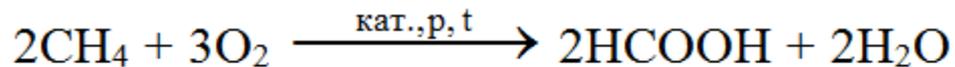
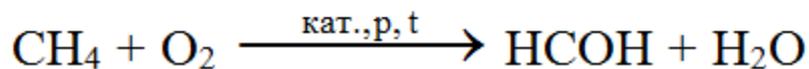
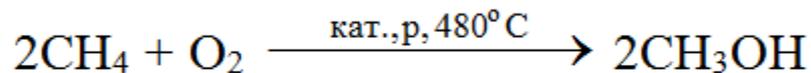
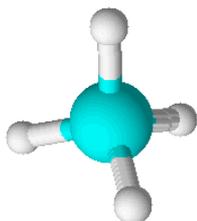
➤ Горение **хлорпроизводных углеводов** сопровождается выделением **HCl**:



хлорэтан

# Окисление алканов

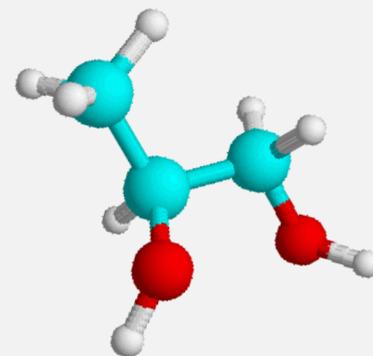
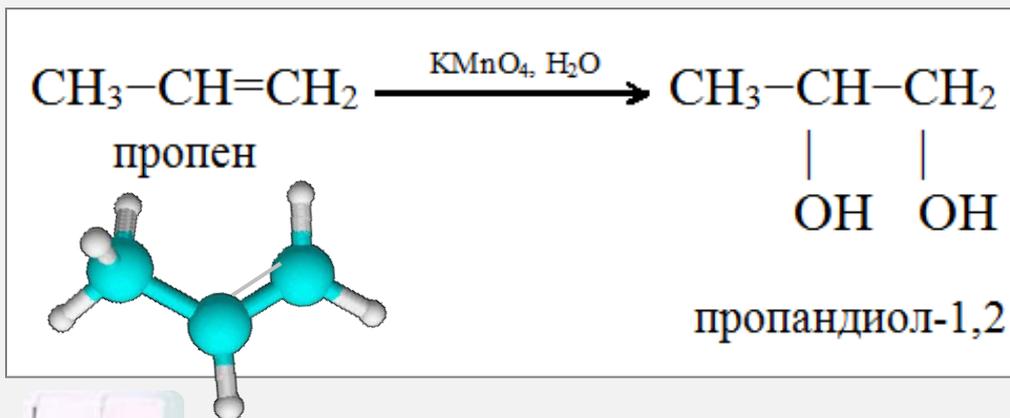
- При обычных условиях **устойчивы к действию окислителей** (растворы  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )
- В результате **контролируемого каталитического окисления кислородом** можно получить **спирты, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты**:



# 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):

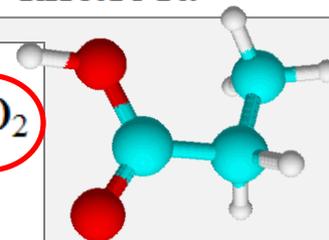
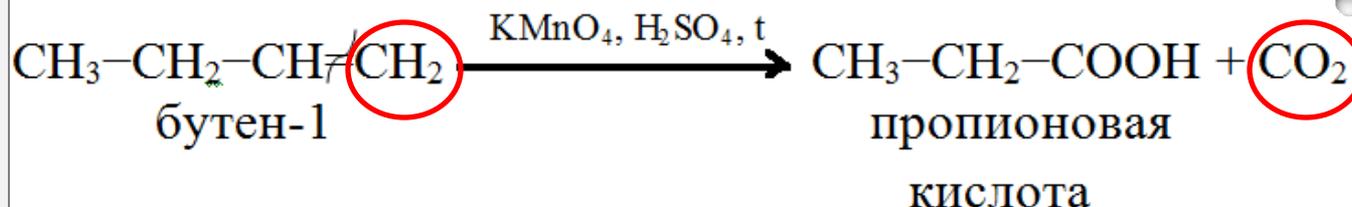
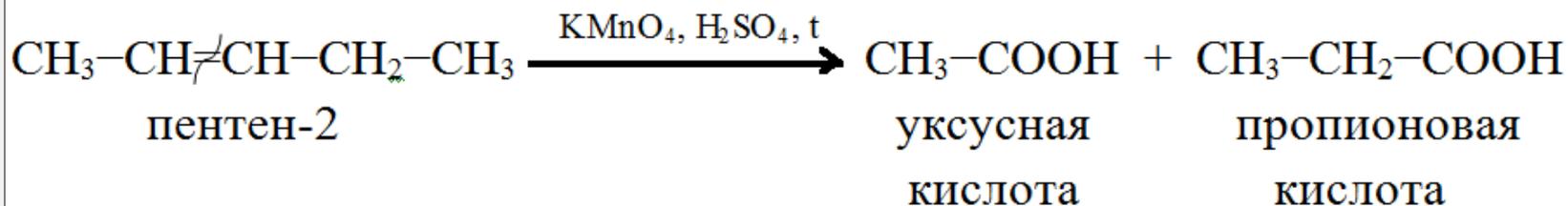
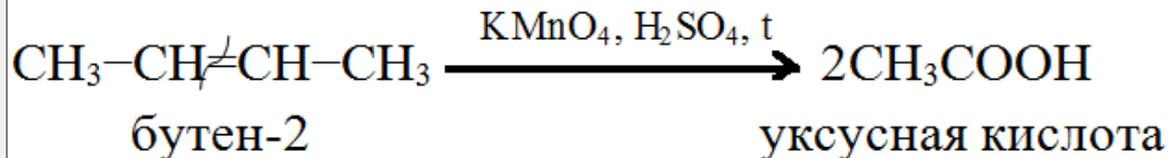
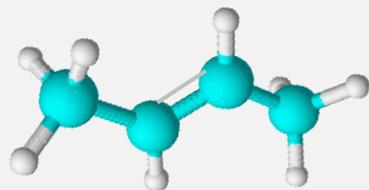


**Обесцвечивание раствора перманганата калия — качественная реакция на кратную связь**

# Окисление алкенов

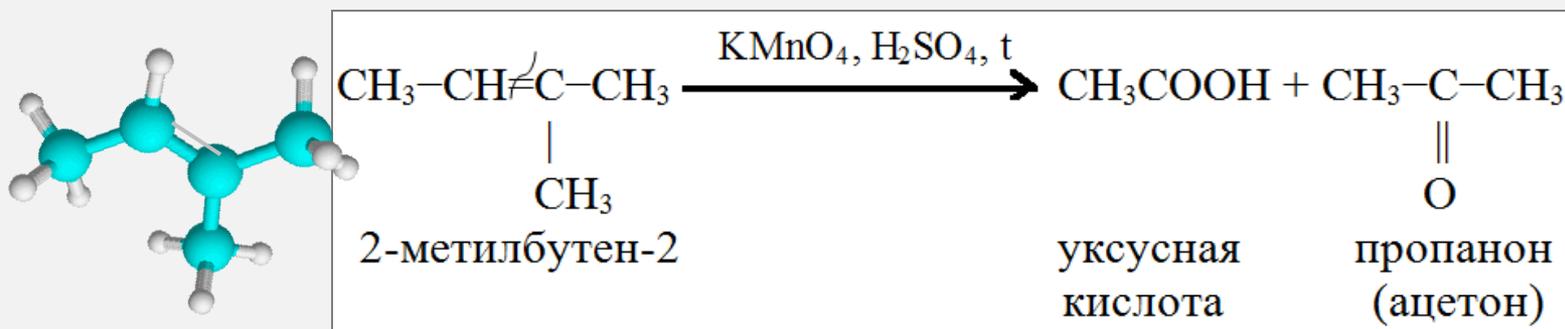
Окисление алкенов концентрированным раствором перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  или бихромата калия  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  в кислой среде сопровождается разрывом не только  $\pi$ -, но и  $\sigma$ -связи

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

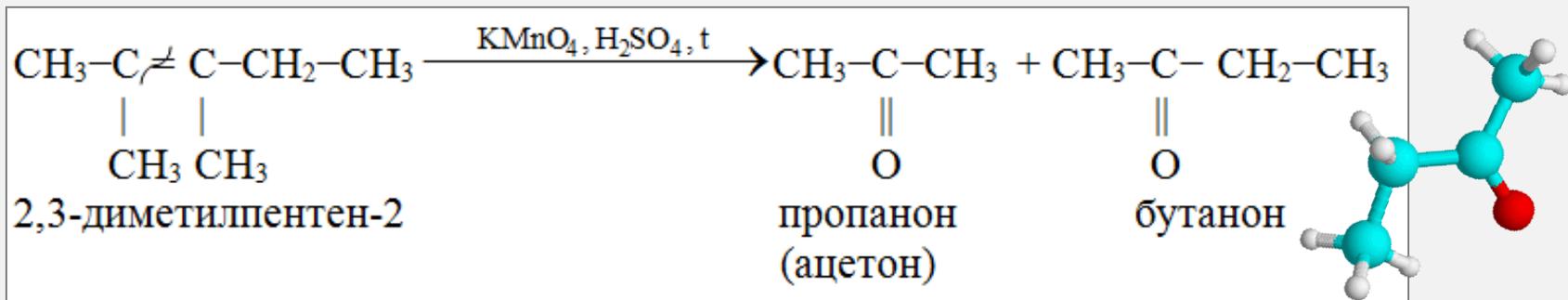


# Окисление алкенов

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

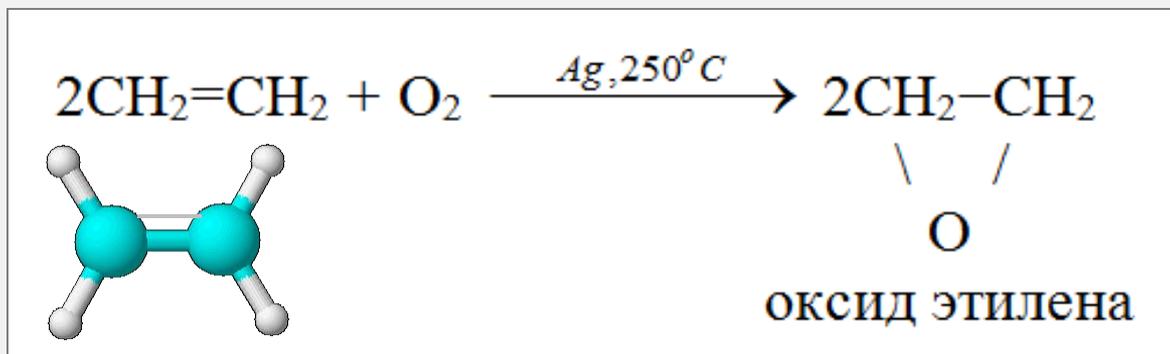


- Алкены **разветвленного строения**, содержащие углеводородные радикалы у **обоих** атомов углерода, соединенных двойной связью, при окислении образуют **смесь кетонов**:

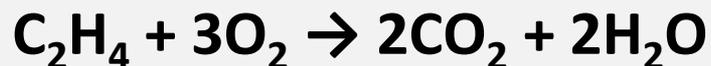


# Окисление алкенов

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

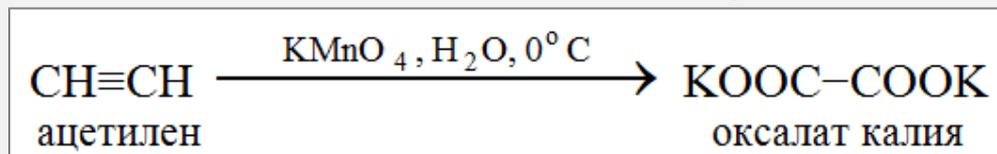


В жестких условиях при сжигании на воздухе алкены сгорают с образованием **углекислого газа** и **воды**:

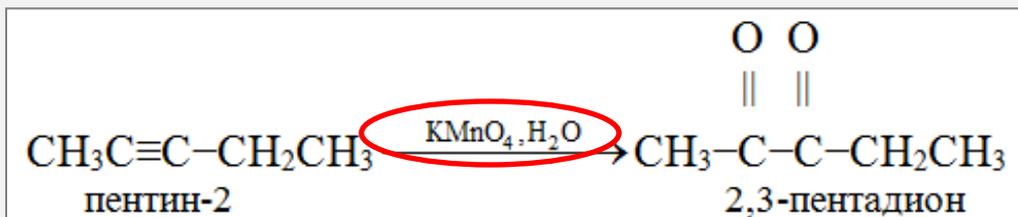


# Окисление алкинов

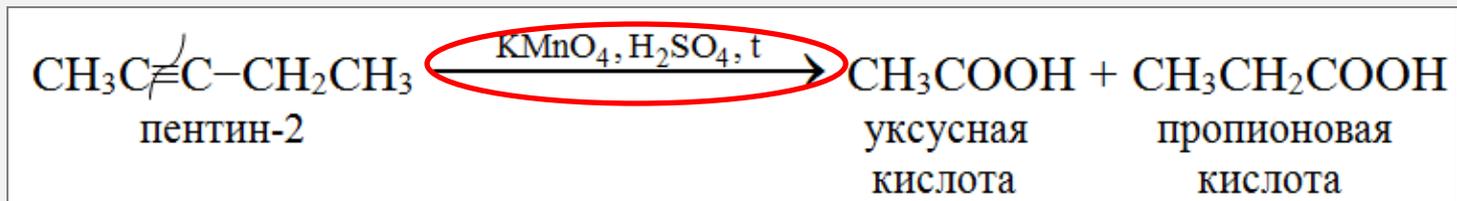
- Ацетилен окисляется водным раствором  $\text{KMnO}_4$  до **оксалата калия**  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ :



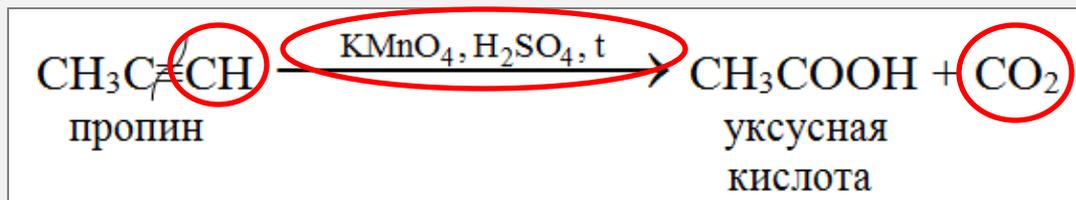
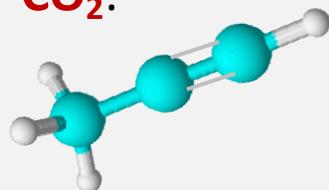
- В мягких условиях алкины с неконцевой тройной связью окисляются до  **$\alpha$ -кетонов**:



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

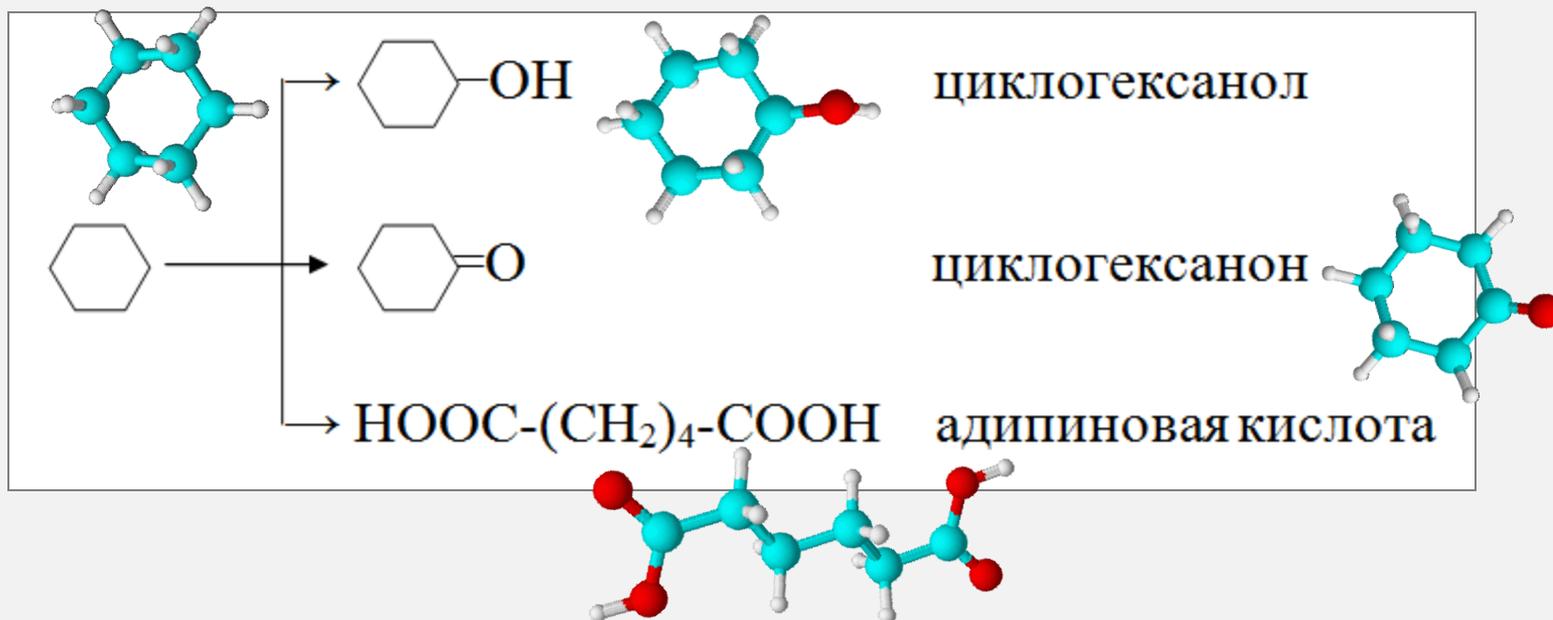


- Алкины, содержащие тройную связь у крайнего атома углерода, окисляются в жестких условиях с образованием **карбоновой кислоты** и  $\text{CO}_2$ :



# Окисление циклоалканов

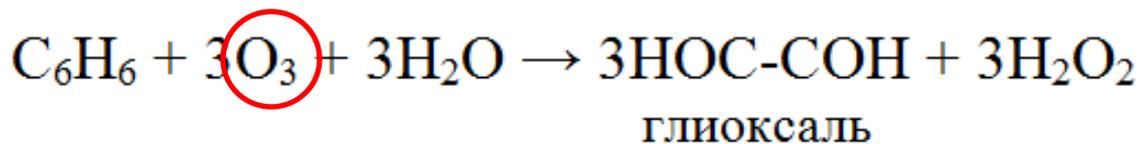
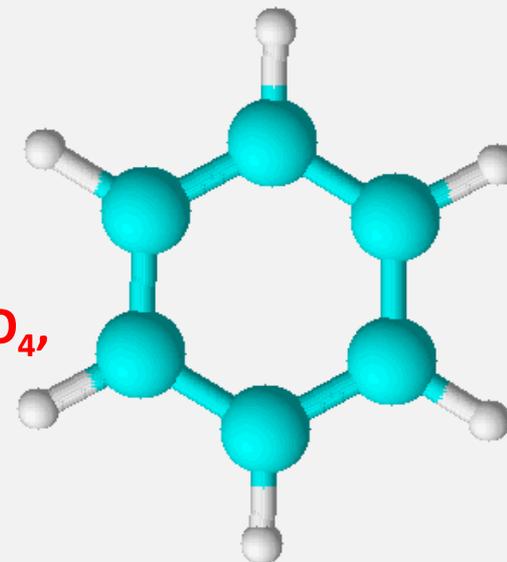
- В зависимости от условий каталитическим окислением воздухом **циклогексана** получают **циклогексанол**, **циклогексанон** или **адипиновую кислоту**
- При действии сильных окислителей ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и др.) циклоалканы образуют **двухосновные карбоновые кислоты**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



# Окисление аренов

## Бензол

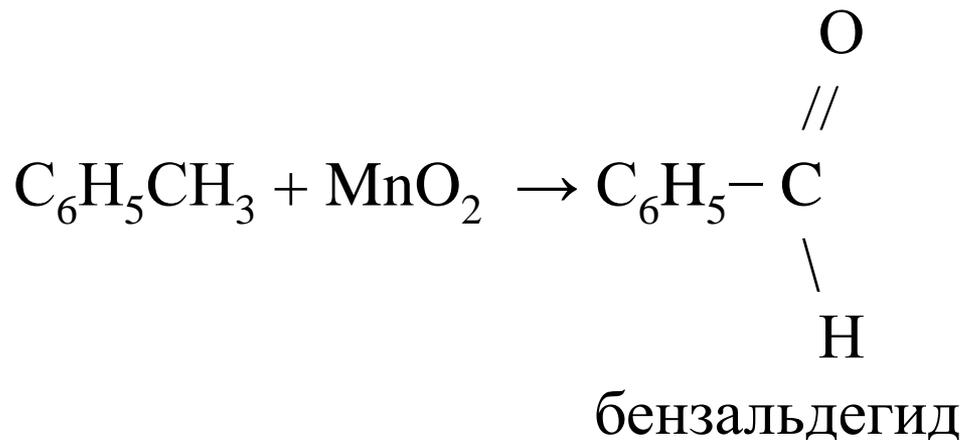
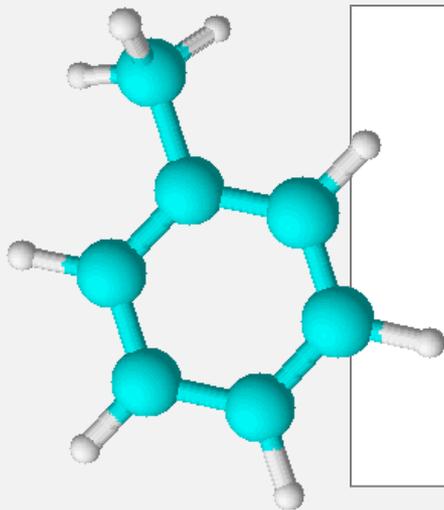
- Устойчив к окислителям при комнатной температуре
- Не реагирует с водными растворами  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и других окислителей
- Можно окислить **озоном** с образованием **диальдегида**:



# Окисление аренов

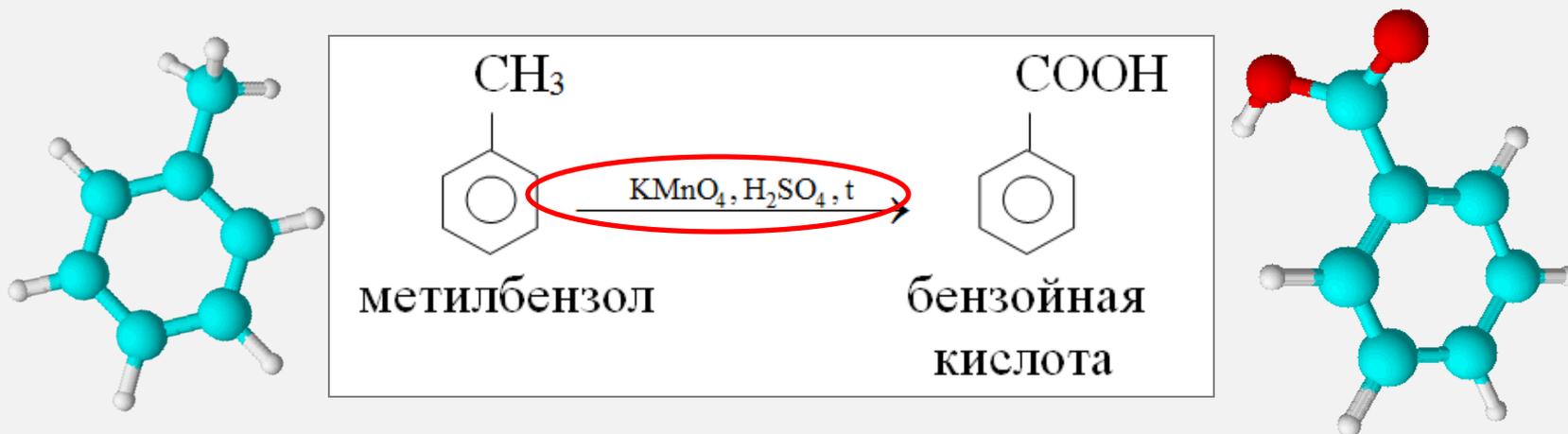
## Гомологи бензола

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

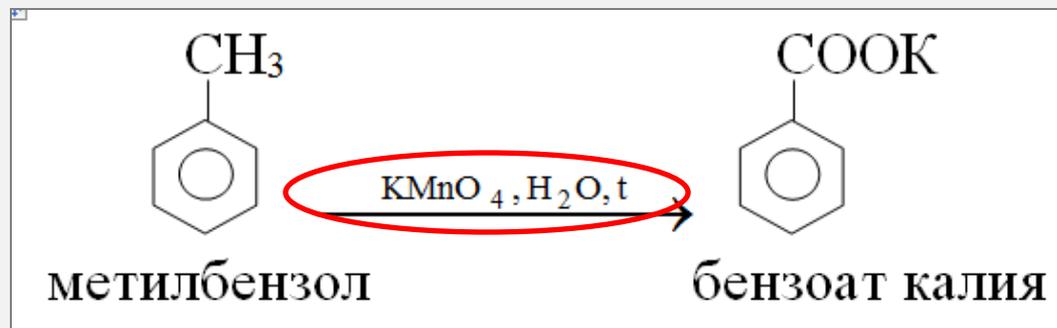


# Окисление аренов

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



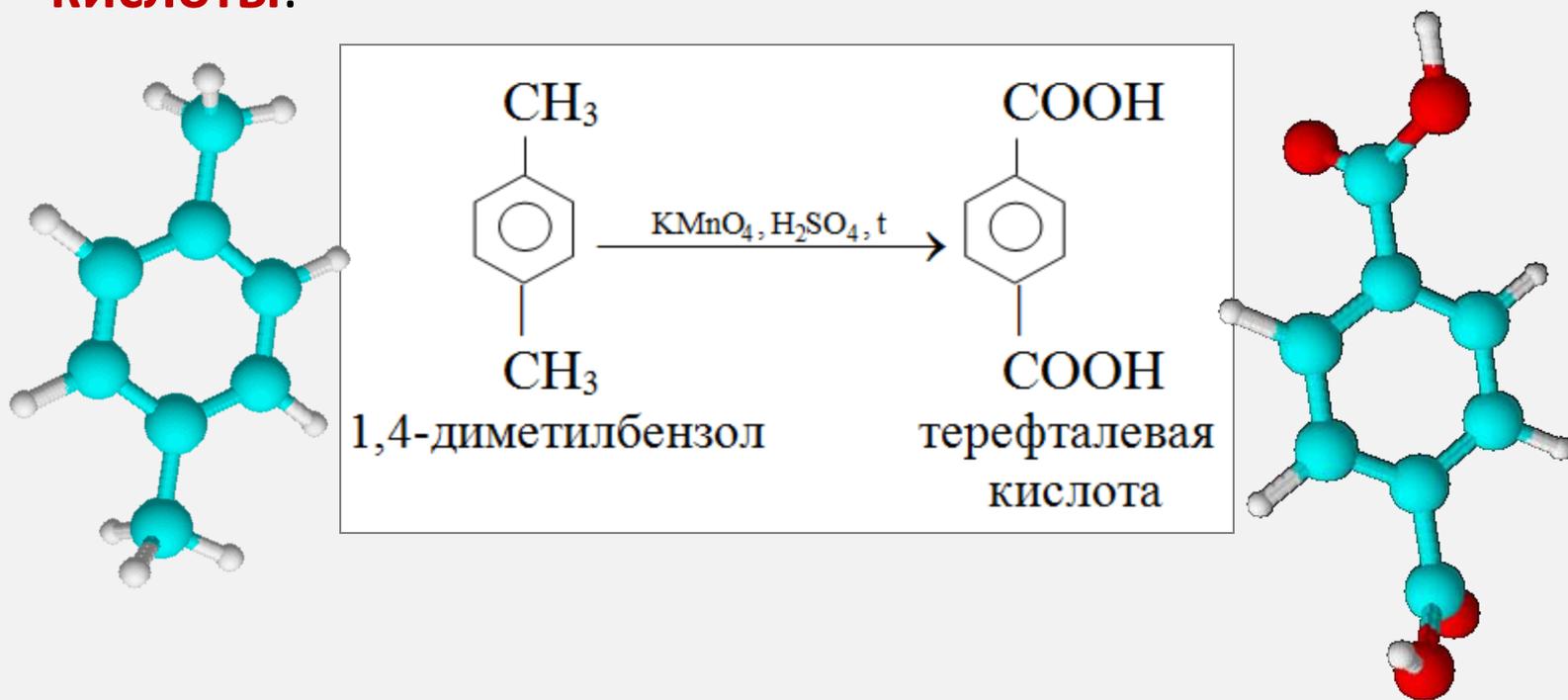
- В **нейтральной** или **слабощелочной** среде образуется не сама бензойная кислота, а ее соль - **бензоат калия**:





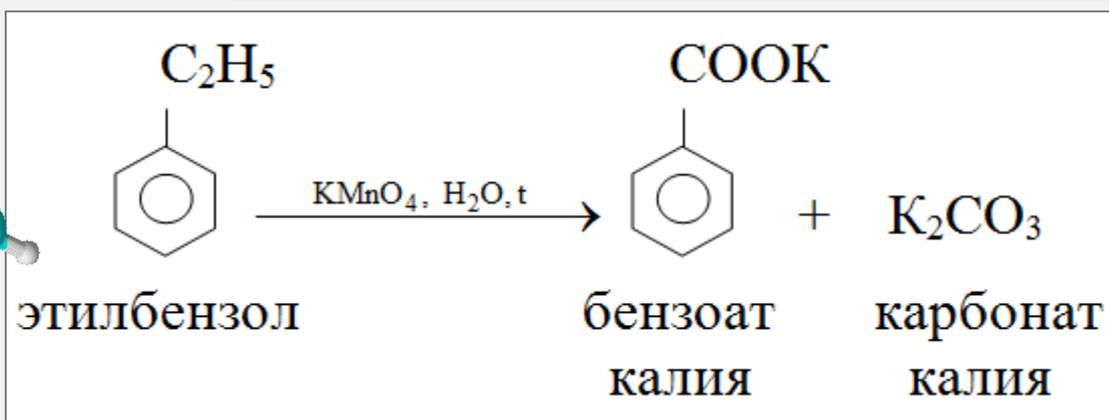
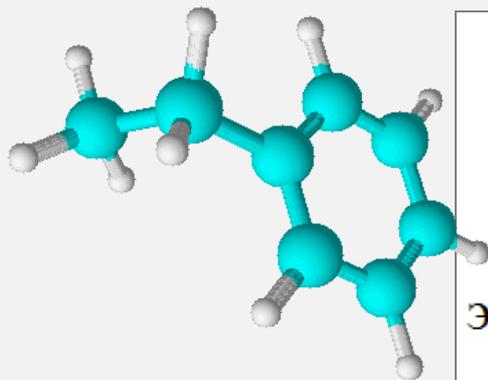
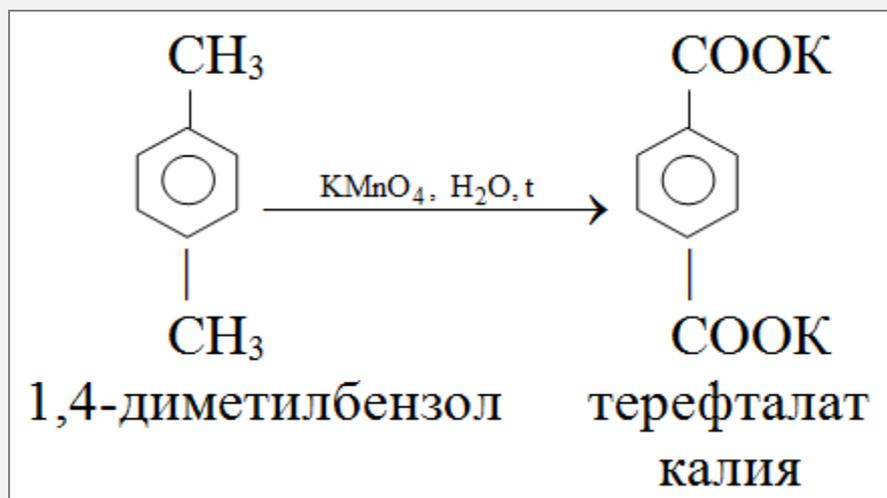
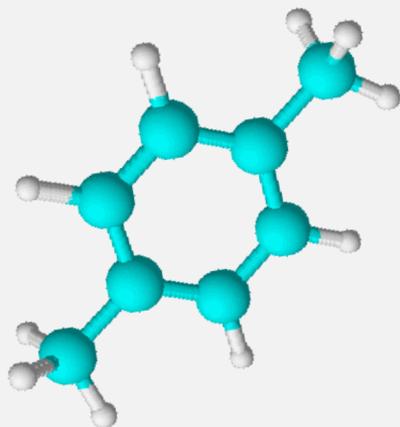
# Окисление аренов

**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**:

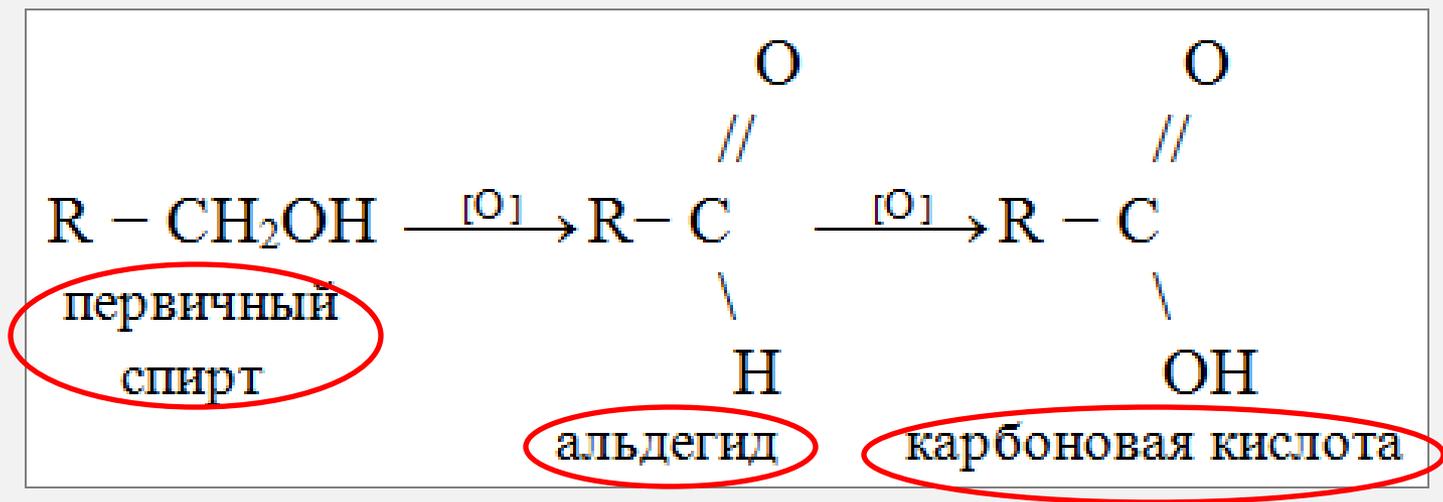


# Окисление спиртов

Окислители для первичных и вторичных спиртов:

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

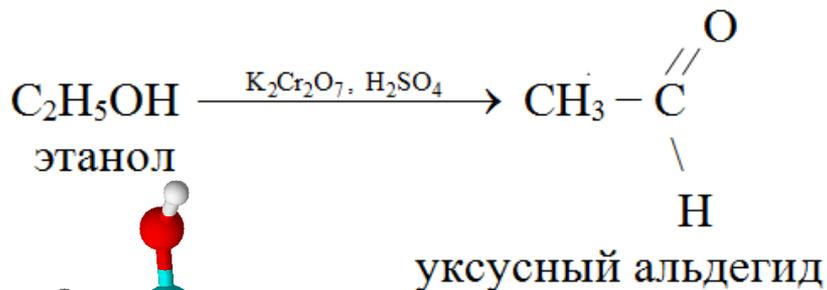
## ➤ Продукты окисления первичных спиртов



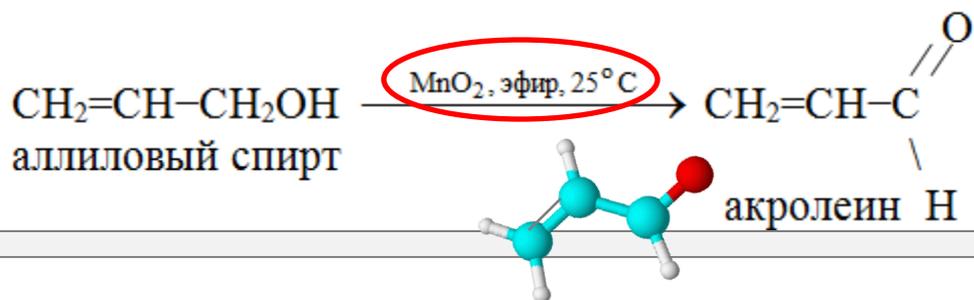
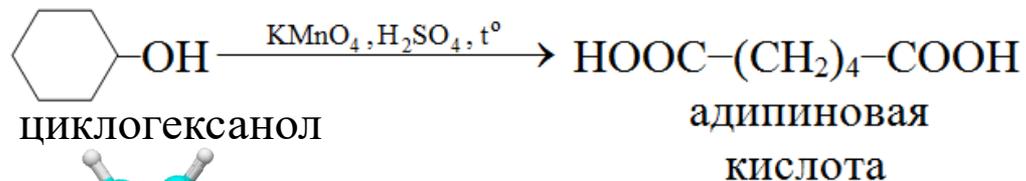
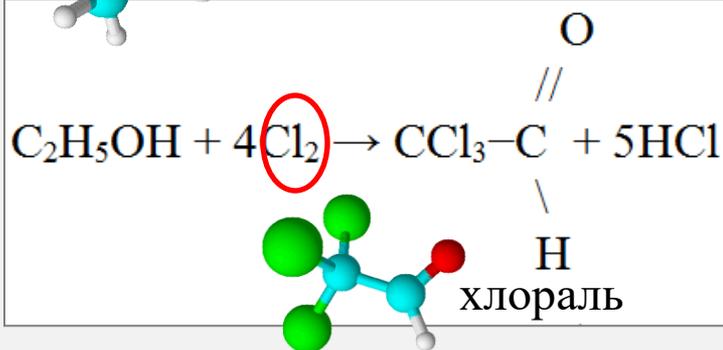
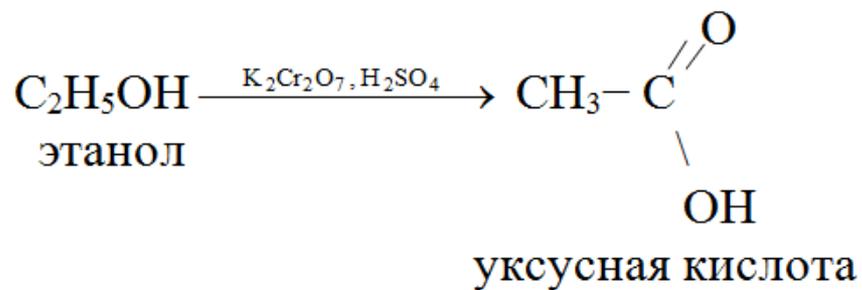
# Окисление спиртов

## Окисление первичных спиртов

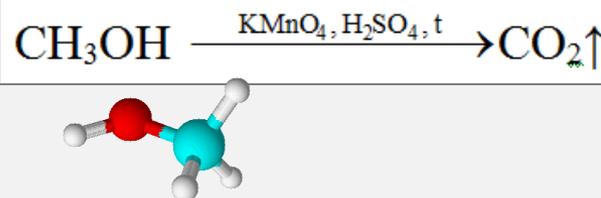
до альдегидов



до карбоновых кислот

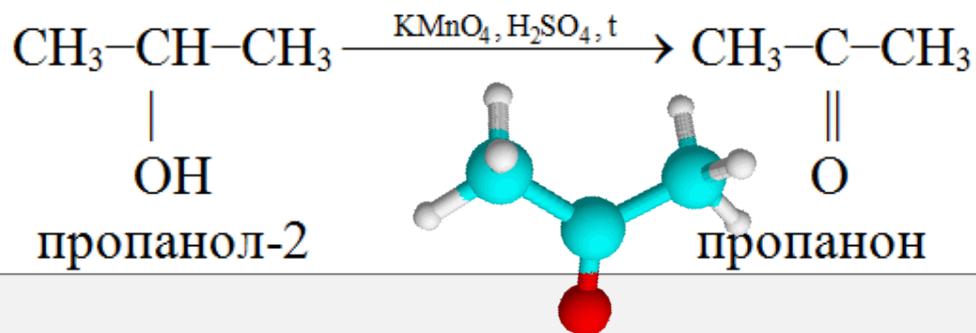
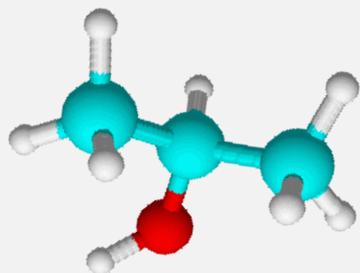


Метанол окисляется до  $\text{CO}_2$ :



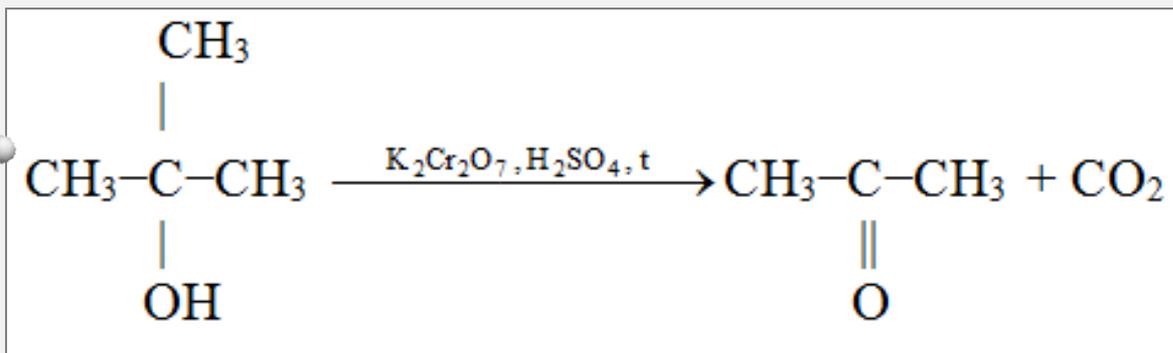
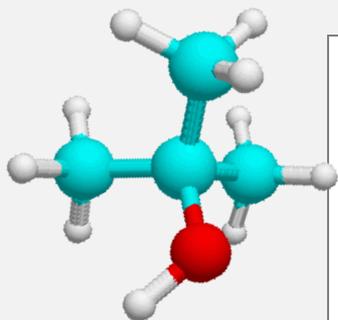
# Окисление спиртов

- **Вторичные спирты** окисляются до **кетонов**:



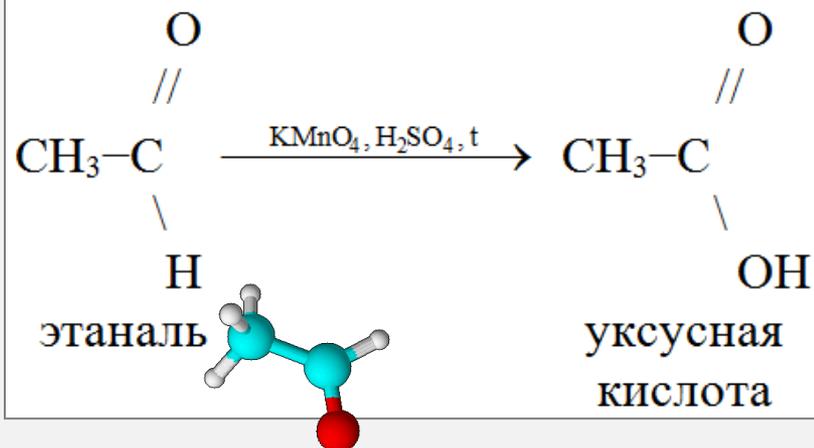
- **Третичные спирты** устойчивы к окислению!

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

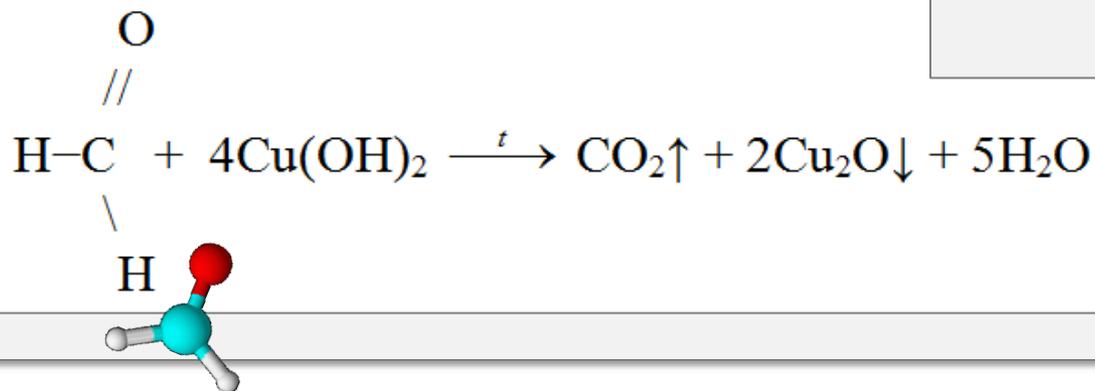


# Окисление альдегидов и кетонов

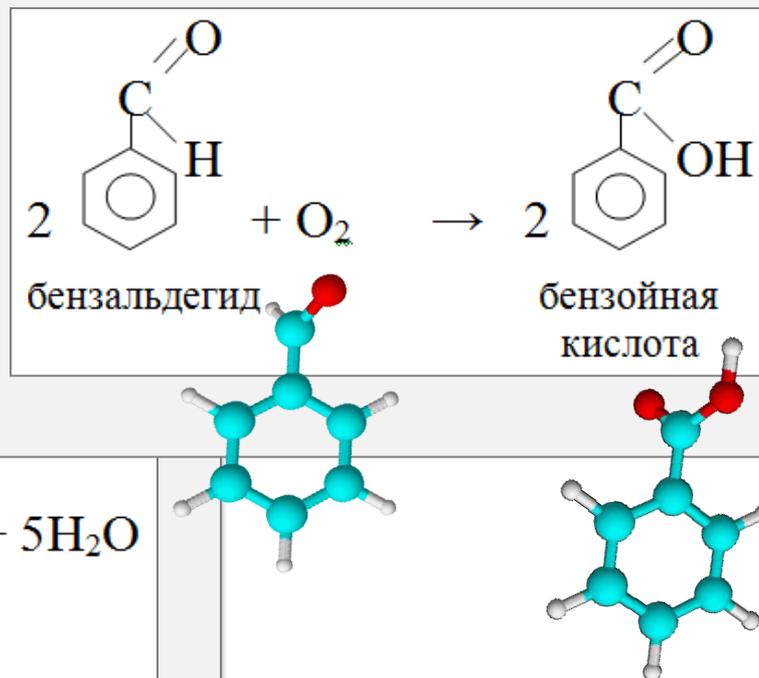
**Альдегиды** легко окисляются  
до **карбоновых кислот**:



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



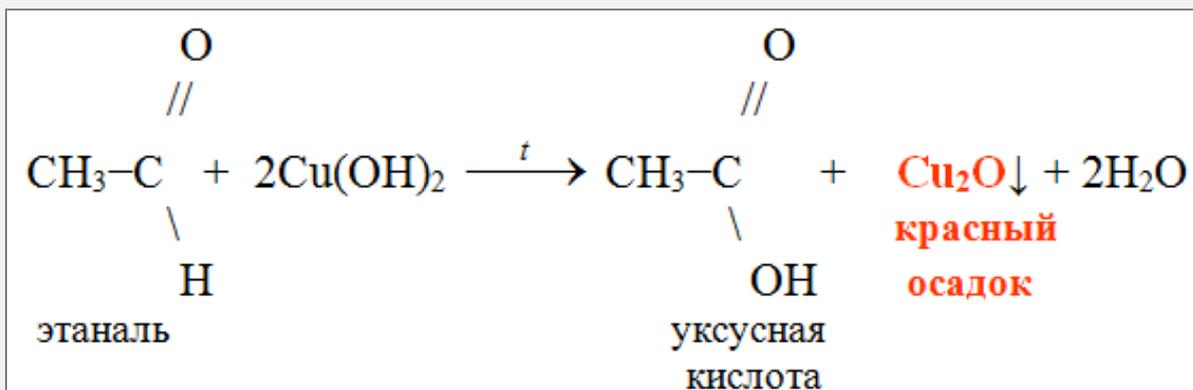
**Ароматические альдегиды**  
легко окисляются даже  
кислородом воздуха:



# Окисление альдегидов и кетонов

## Качественные реакции на альдегиды

### ➤ Окисление гидроксидом меди(II)



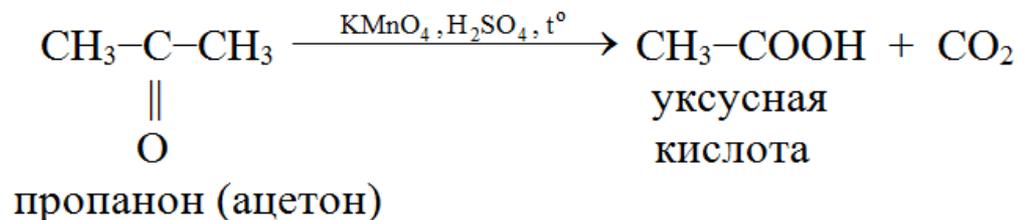
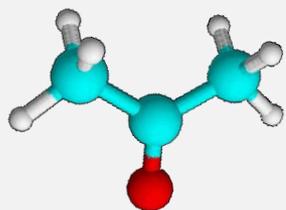
### ➤ Реакция «серебряного зеркала»



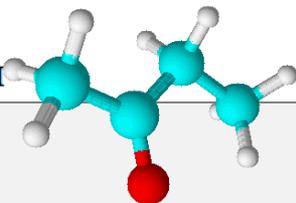
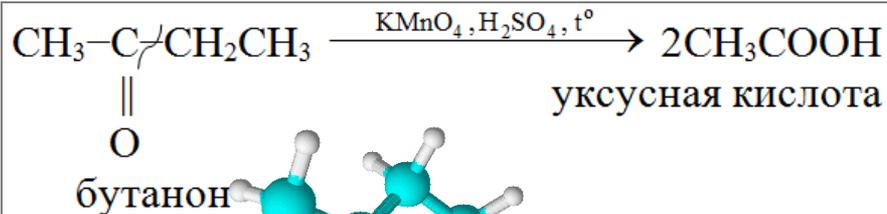
# Окисление альдегидов и кетонов

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

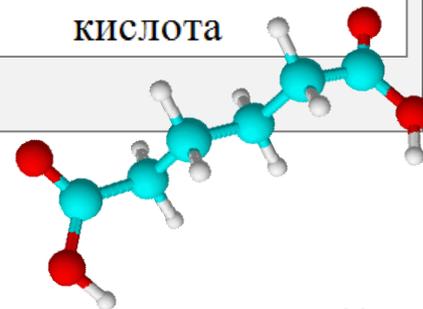
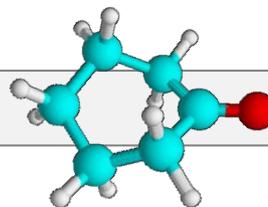
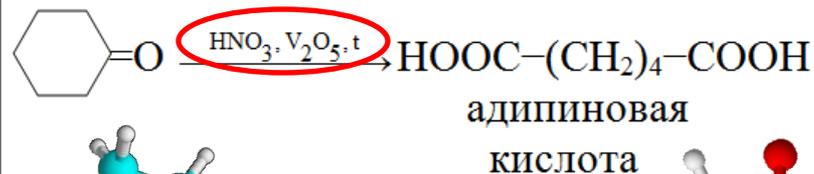
- Под действием **сильных окислителей** происходит разрыв C—C связей по обе стороны карбонильной группы с образованием **кислот**:



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

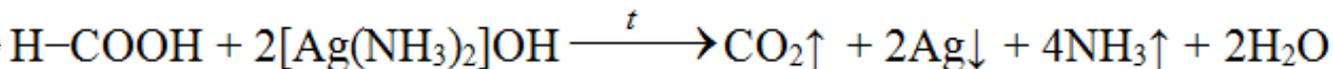
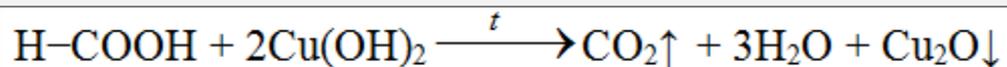
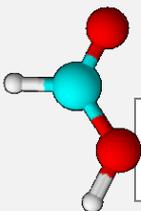
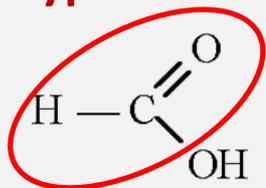


- Окисление **циклических кетонов**:

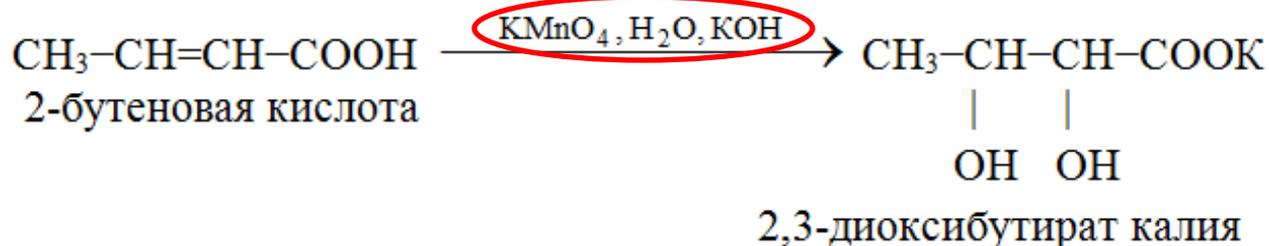
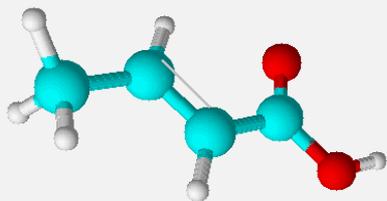


# Окисление карбоновых кислот

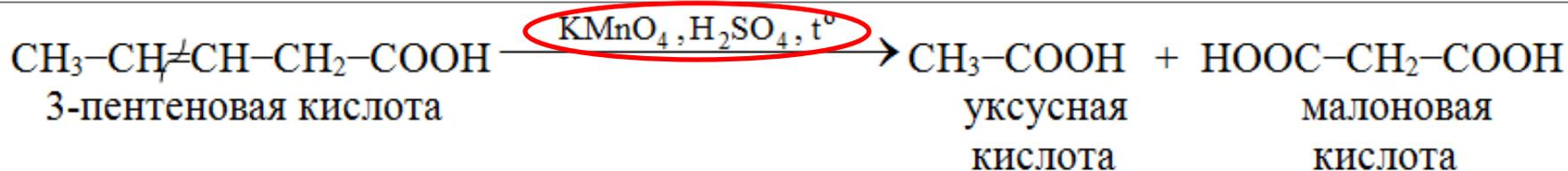
Среди **одноосновных карбоновых кислот** легко окисляется только **муравьиная кислота**:



**Непредельные карбоновые кислоты** окисляются **водным** раствором  $\text{KMnO}_4$  в **слабощелочной среде** с образованием **дигидрооксикислот** и **их солей**:



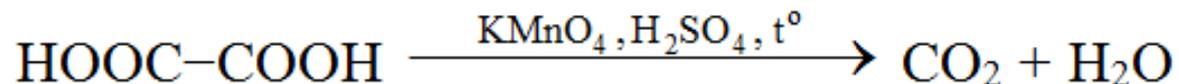
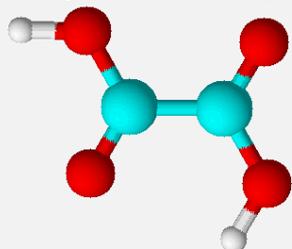
В **кислой** среде происходит разрыв углеродного скелета по месту двойной связи  $\text{C}=\text{C}$  с образованием **смеси кислот**:



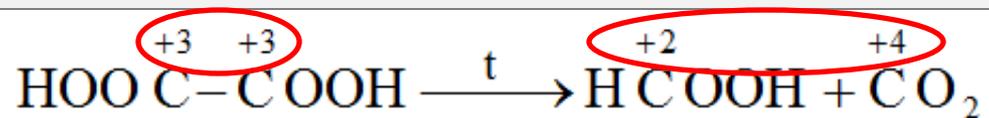
# Окисление карбоновых кислот

## Особые свойства щавелевой кислоты

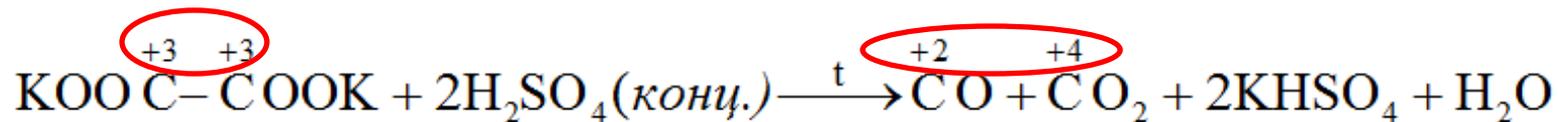
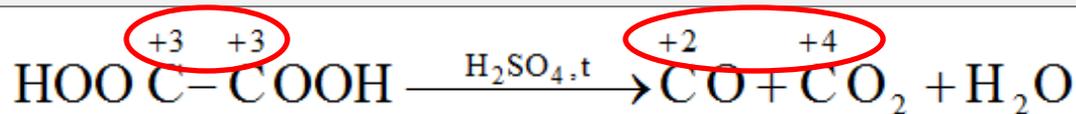
- Легко окисляется под действием  $\text{KMnO}_4$  в кислой среде при нагревании до  $\text{CO}_2$  (метод перманганатометрии):



- При нагревании подвергается декарбоксилированию :



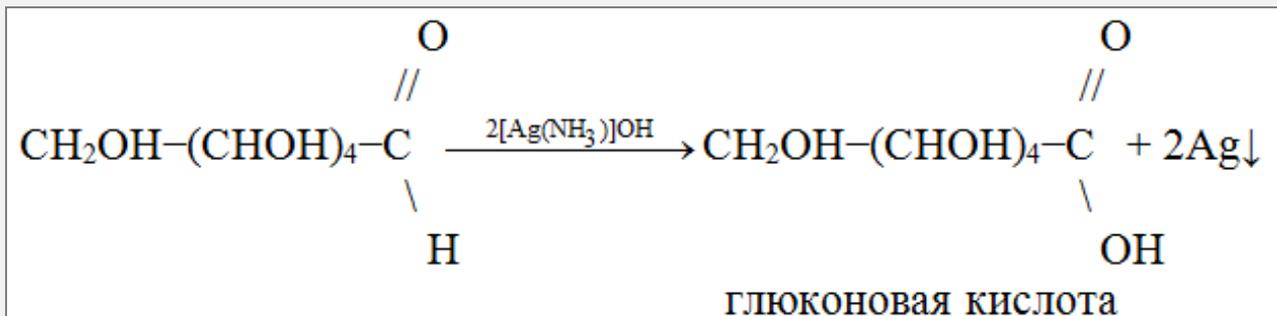
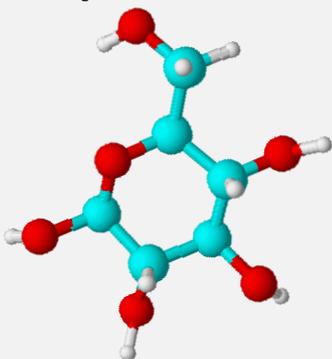
- Под действием концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагревании щавелевая кислота и ее соли (оксалаты) разлагаются до  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ :



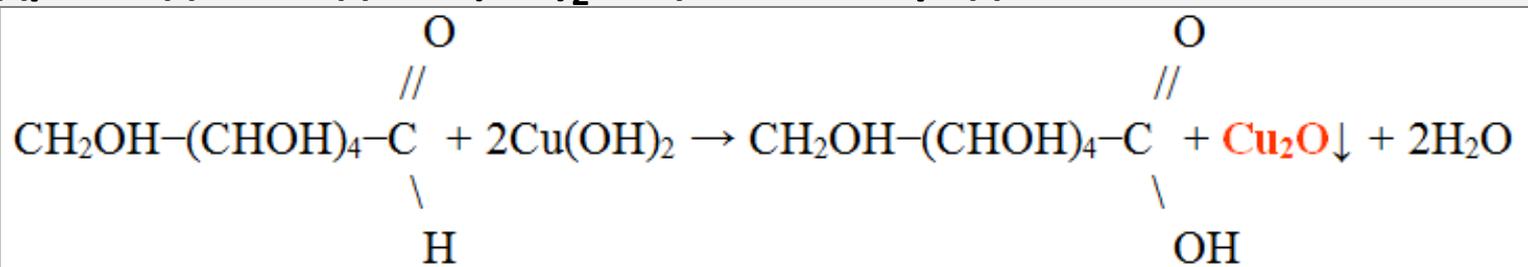
# Окисление моносахаридов

## Окисление глюкозы до глюконовой кислоты

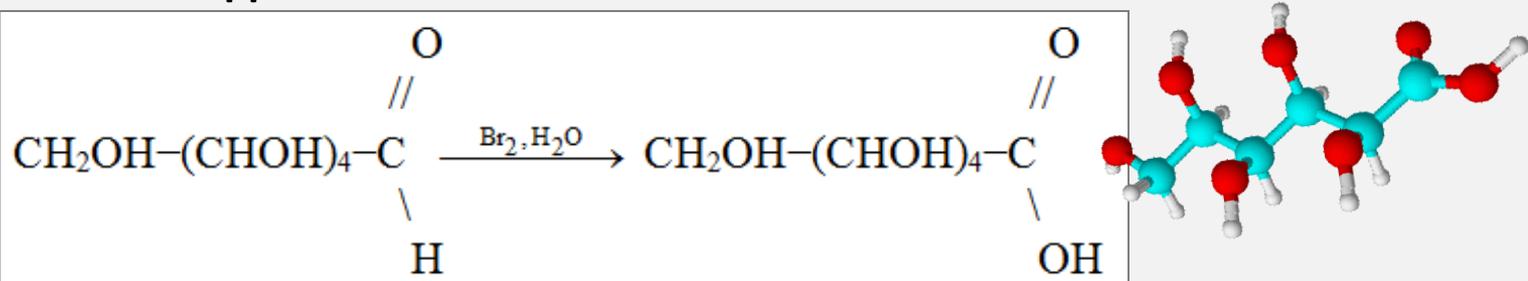
- реактивом Толленса



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

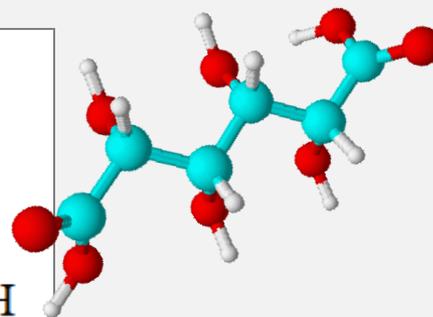
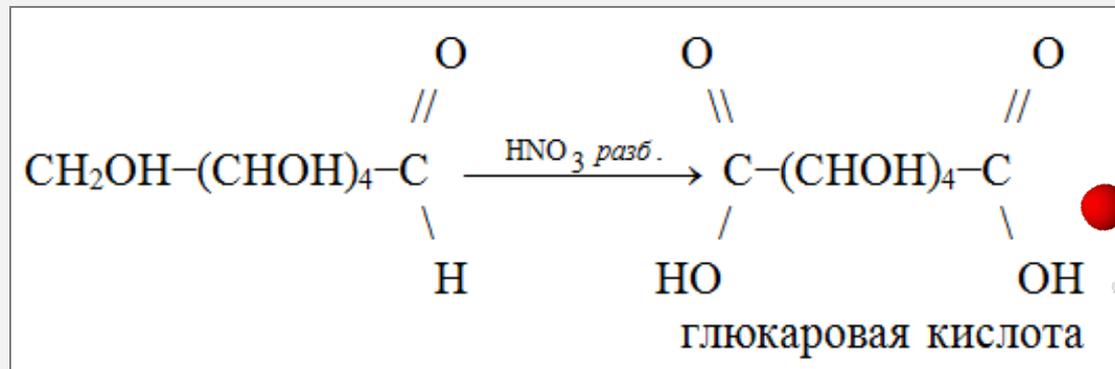


- бромной водой

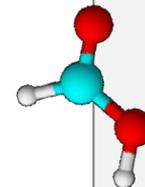
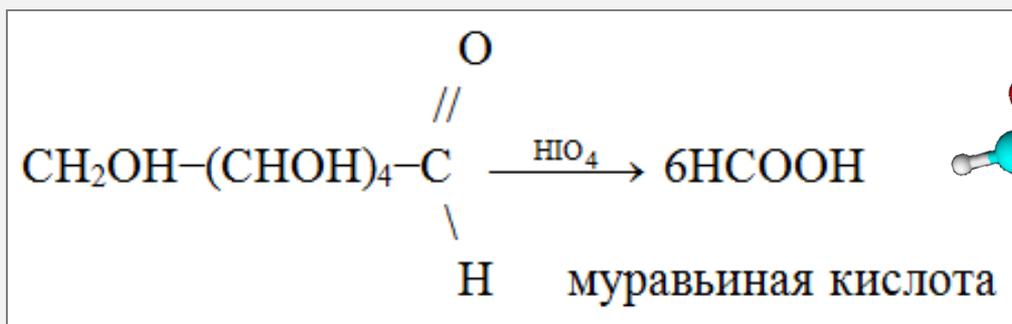
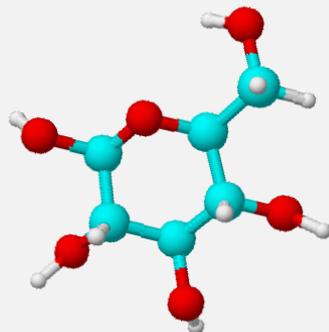


# Окисление моносахаридов

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



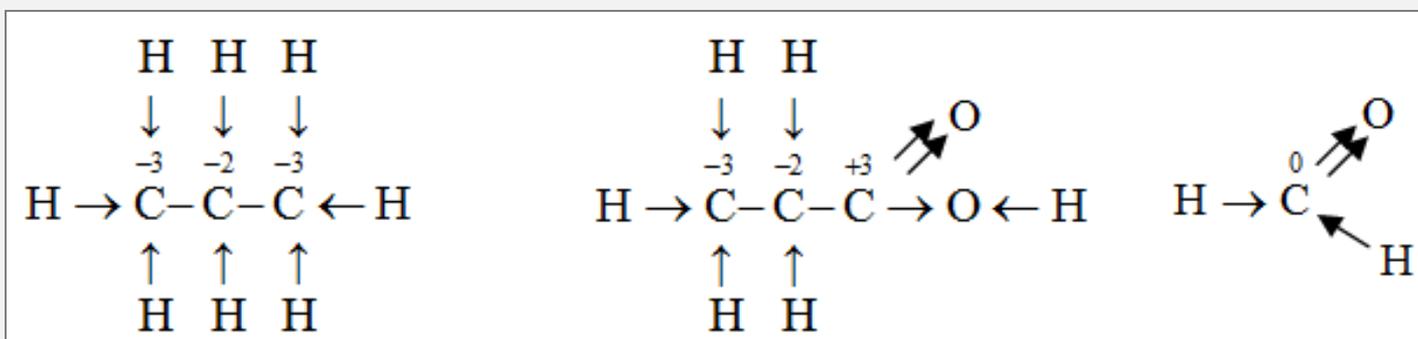
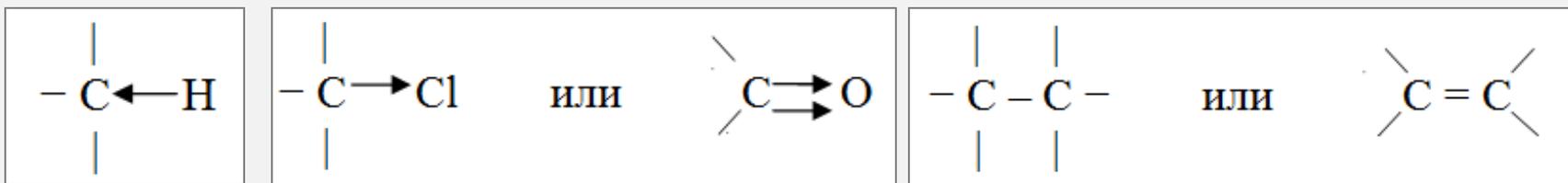
## Окисление глюкозы до муравьиной кислоты под действием иодной кислоты $\text{HIO}_4$ (периодатное окисление)



# 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. 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.

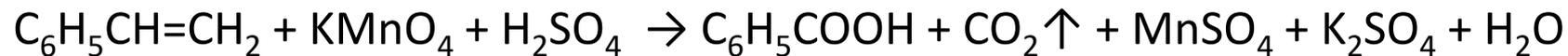
## Правила при расстановке коэффициентов:

- 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.

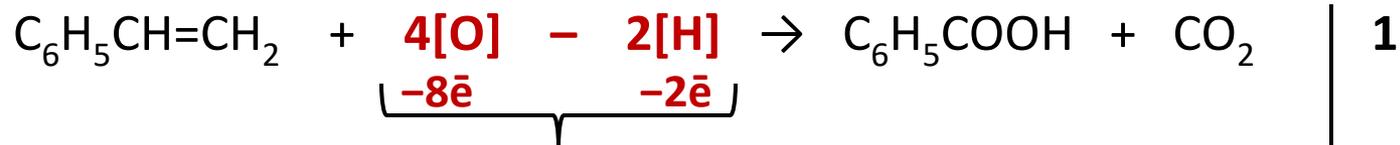
# Расстановка коэффициентов в ОВР. Кислородно-водородный метод

**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)

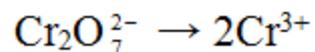
Следует придерживаться той же формы записи, которая принята для уравнений реакций **ионного обмена**, а именно: **малорастворимые, малодиссоциированные и газообразные соединения следует записывать в молекулярной форме.**

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		

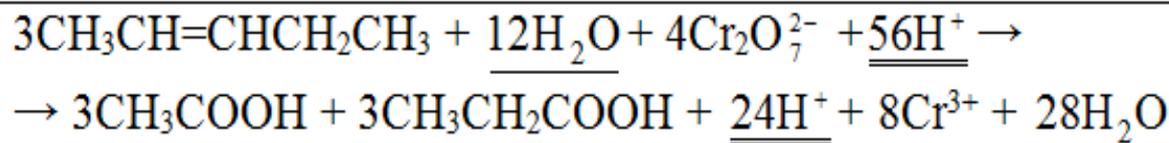
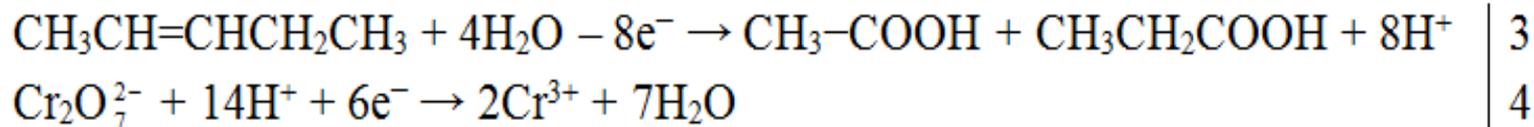
# Расстановка коэффициентов в ОВР. Метод полуреакций (ионно-электронный)

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

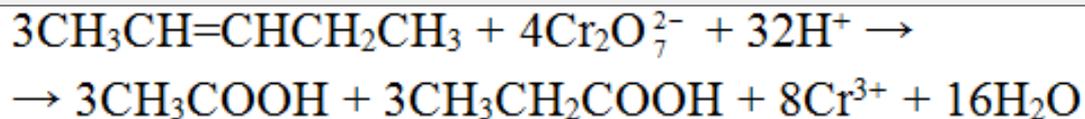
1. Составим схемы процессов окисления и восстановления



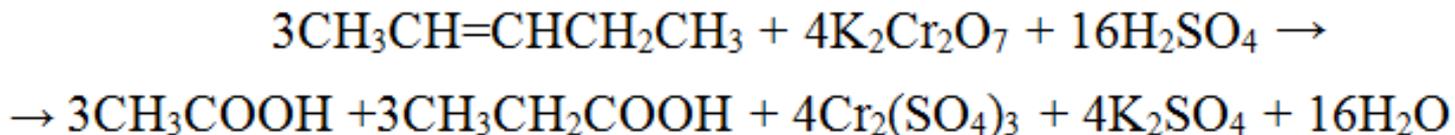
2. Составим уравнения полуреакций окисления и восстановления:



3. Составим уравнение реакции в ионном виде:



4. Составим уравнение реакции в молекулярном виде:



## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

О.С. Габриеляна и др.

## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

Н.Е. Кузнецовой и др.



## УМК «ХИМИЯ. 10-11 классы»

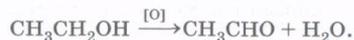
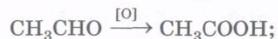
В.В. Еремина и др.



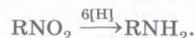
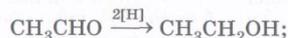
# Возможности УМК «Химия» для подготовки к экзамену по теме «ОВР»

## § 23 Окислительно-восстановительные реакции в органической химии

В органической химии окислением называют реакцию, при которой под действием окислителя органическое вещество приобретает атомы кислорода или теряет атомы водорода. В схеме реакции окисления окислитель обозначают символом кислорода, заключённым в квадратные скобки:



Восстановление — реакция, противоположная окислению. Под действием восстановителя органическое соединение присоединяет атомы водорода или теряет атомы кислорода. Восстановитель обозначают символом водорода, заключённым в квадратные скобки:

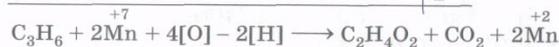
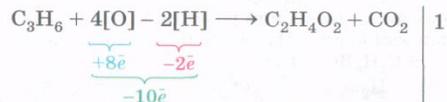


Потеря атома водорода соответствует отрыву одного электрона, а присоединение атома кислорода — потере двух электронов. Это можно использовать для расстановки коэффициентов в уравнениях органических реакций, не прибегая к электронно-ионному балансу.

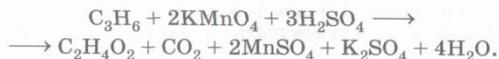
Так, в реакции



процессы электронного переноса можно условно представить так:

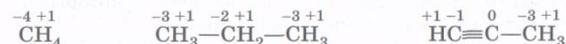


или



Степень окисления атома углерода в органических веществах — величина условная. Она никак не связана с реальным распределением электронной плотности и носит формальный характер. В то же время, знание степеней окисления позволяет использовать для расстановки коэффициентов метод электронного баланса.

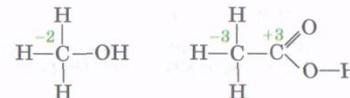
В углеводородах и углеводородных радикалах степень окисления каждого атома углерода равна взятому со знаком «минус» числу атомов водорода, которые с ним связаны:



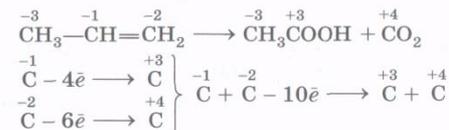
В производных углеводородов можно применять следующее правило: степень окисления любого атома углерода равна алгебраической сумме числа всех его связей с атомами более электроотрицательных элементов (O, N, Cl и т. д.), учитываемых со знаком «+», и числа связей с атомами водорода, учитываемых со знаком «-». При этом связи с другими атомами углерода не учитывают.

Так, в метаноле  $\text{CH}_3-\text{OH}$  атом углерода связан с тремя атомами водорода (это даёт условный заряд  $-3$ ) и с одним атомом кислорода (это даёт  $+1$ ). Суммарно получаем  $-3 + 1 = -2$ .

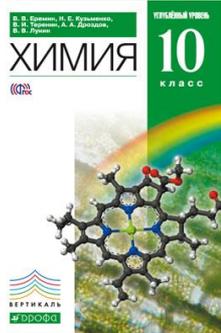
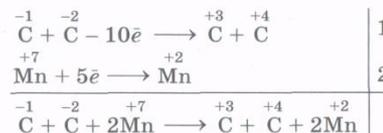
В уксусной кислоте, рассуждая аналогично, получаем:



Таким образом, в рассмотренном выше примере полуреакция окисления имеет вид:



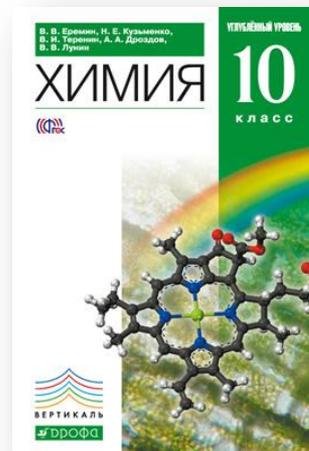
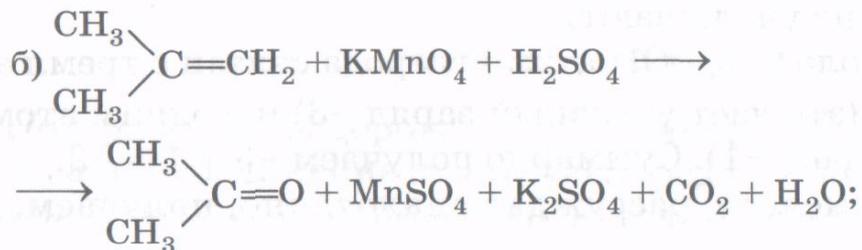
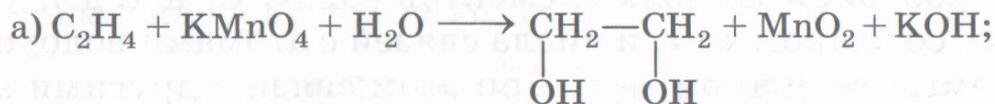
Это соответствует балансу:



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

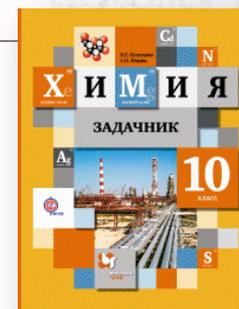
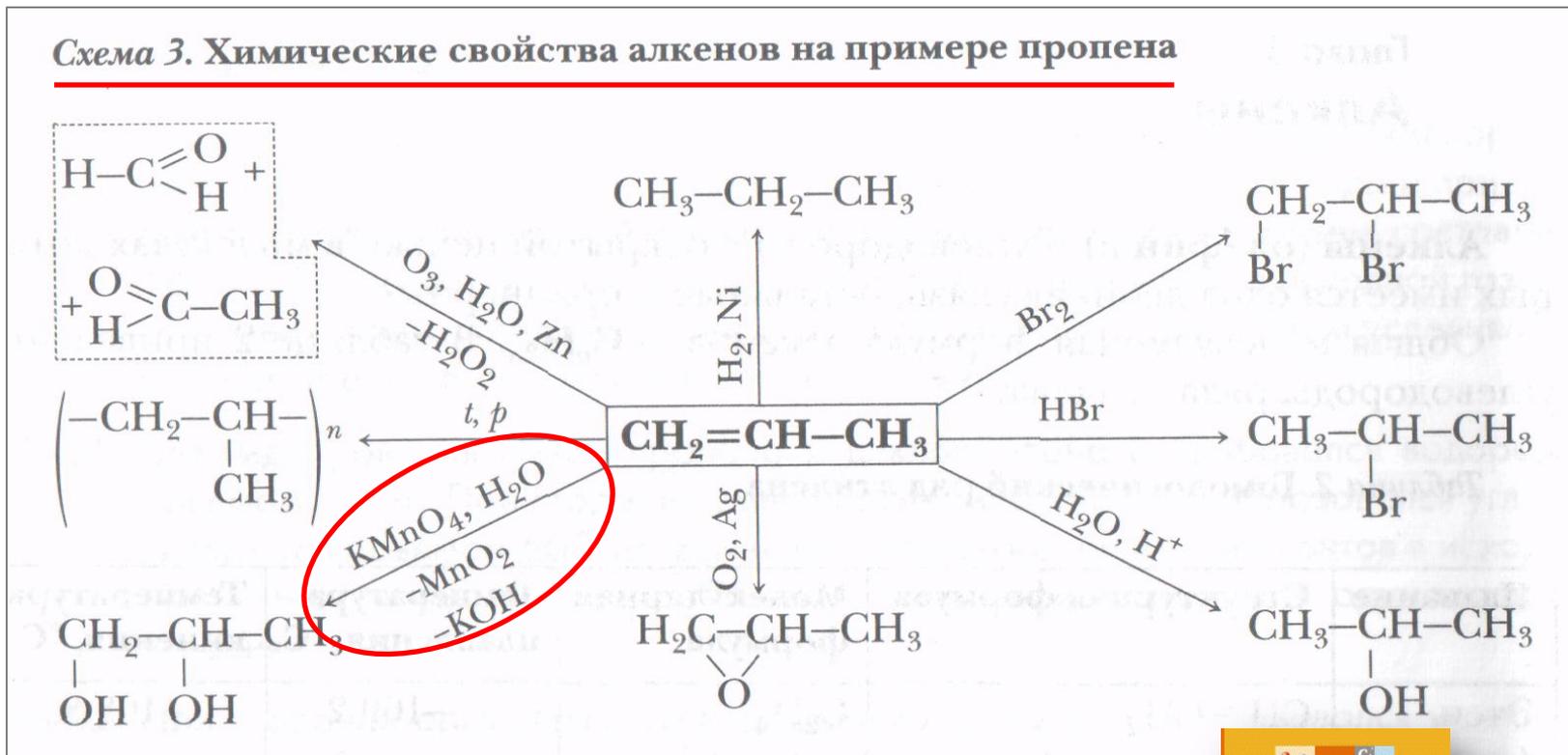
## ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что называют окислением и восстановлением в органической химии? Приведите примеры.
2. Можно ли называть окислением реакцию хлорирования метана? Ответ поясните.
3. Какие степени окисления имеет углерод в соединениях:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ ,  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ ,  $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3-\text{O}-\text{CH}_3$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CHCl}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ ?
4. Приведите пример двух сложных веществ, в которых углерод находится в нулевой степени окисления.
5. Имеются вещества состава  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ . Расположите их в ряд, в котором каждое следующее вещество можно получить окислением предыдущего.
6. Расставьте коэффициенты в схемах окислительно-восстановительных реакций:



# Возможности УМК «Химия» 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

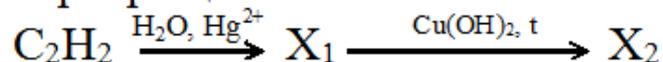
Определяемое вещество или класс веществ	Реагент	Признаки реакции	Пример (уравнение реакции)
Вещества, в молекулах которых имеются кратные связи	Бромная вода	Бромная вода обесцвечивается	$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 \xrightarrow{\text{Br}_2} \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\   \quad   \\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



**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

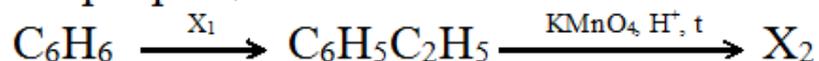
- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 1) $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$         | 4) $\text{CH}_3\text{OH}$ |
| 2) $\text{CH}_3\text{COOH}$                | 5) $\text{C}_2\text{H}_4$ |
| 3) $\text{CH}_3\text{C}(\text{O})\text{H}$ |                           |

Ответ:	$\text{X}_1$	$\text{X}_2$

ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



В схеме превращений

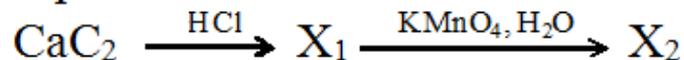


веществами  $\text{X}_1$  и  $\text{X}_2$  соответственно являются

- |                                    |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| 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) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ |                                      |

	$\text{X}_1$	$\text{X}_2$
--	--------------	--------------

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

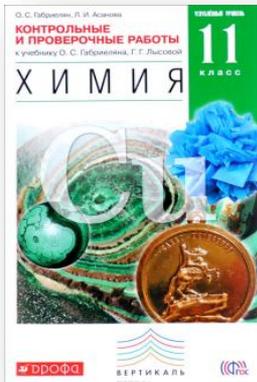
**В2.** Соотнесите субстрат с продуктом деструктивного окисления.

СУБСТРАТ

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

ПРОДУКТ

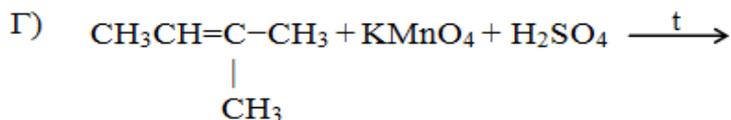
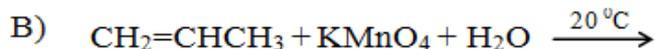
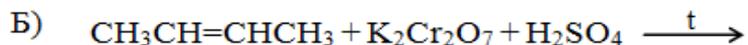
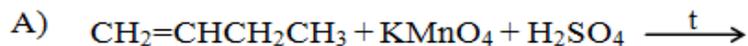
- 1) бутанон  
2) бутандион  
3) бутандиовая кислота  
4) бутановая кислота  
5) 2-оксобутановая кислота  
6) 3-оксобутановая кислота



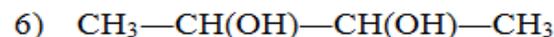
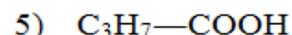
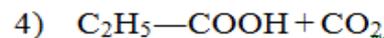
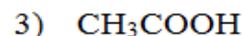
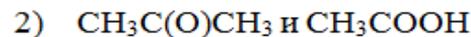
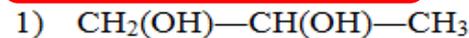
# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

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

ИСХОДНЫЕ ВЕЩЕСТВА



ПРОДУКТ (ПРОДУКТЫ)  
ОКИСЛЕНИЯ АЛКЕНА

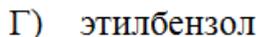
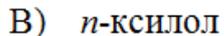
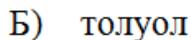
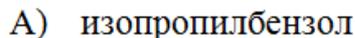


Ответ:

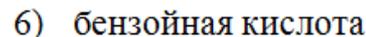
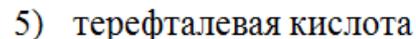
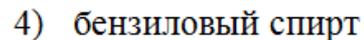
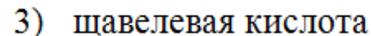
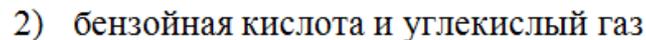
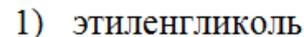
А	Б

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

УГЛЕВОДОРОД



ПРОДУКТЫ ОКИСЛЕНИЯ



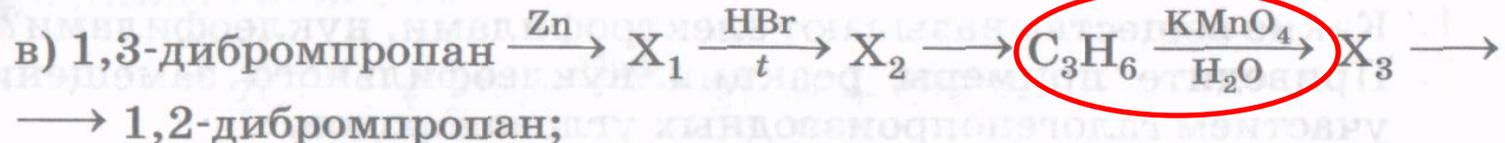
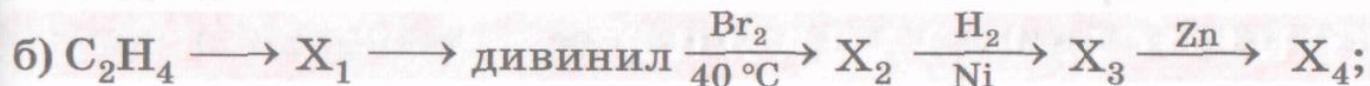
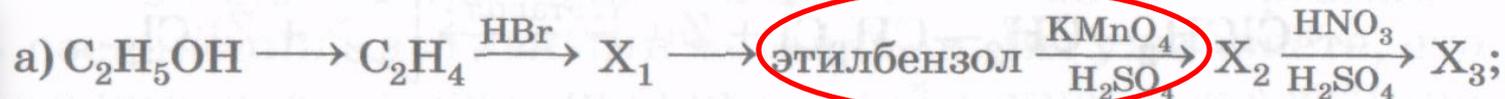
Ответ:

А	Б	В	Г

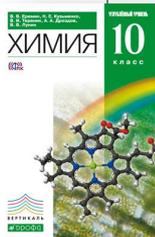
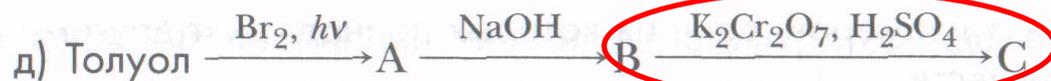


# Задания по теме «ОВР» в формате ЕГЭ

16. Запишите уравнения реакций, соответствующие следующим схемам превращений?

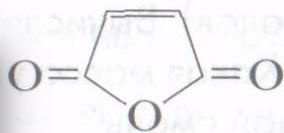


Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:  $CH_3COOK \xrightarrow{KOH, \text{ сплавление}} X_1 \longrightarrow C_2H_2 \longrightarrow K_2C_2O_4 \longrightarrow H_2C_2O_4 \xrightarrow{H_2SO_4, t^\circ} X_2$



## 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 сернокислй 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.

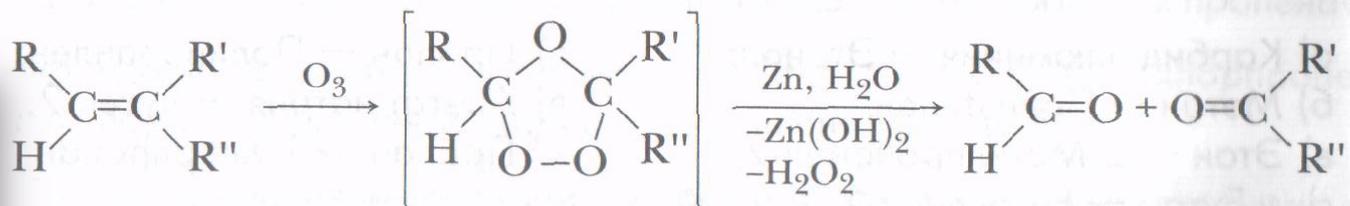
3–64. При окислении алкена массой 3,36 г образовался гликоль массой 7,44 г. Выведите молекулярную формулу этого алкена и запишите уравнение реакции его окисления.



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 пропанала и этанала. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.

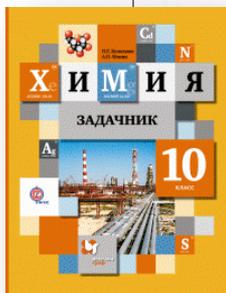
**3–37.** При озонировании некоторого алкена и последующем разложении образовавшегося озонида получена смесь бутанона-2 и этанала. Какой алкен вступил в реакцию? Напишите уравнения реакций.



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

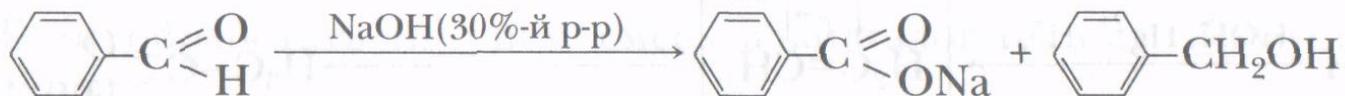
**7–65.** Кумольный способ производства фенола включает в себя две стадии: кумол окисляют кислородом воздуха в гидропероксид кумола, который затем обрабатывают разбавленной серной кислотой. Практический выход гидропероксида кумола составляет 89% от теоретически возможного, а выход фенола на второй стадии — 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.





ОБЪЕДИНЕННАЯ  
ИЗДАТЕЛЬСКАЯ ГРУППА



# Спасибо за внимание!

Лидия Ивановна Асанова  
[asanovali@yandex.ru](mailto:asanovali@yandex.ru)

910-391-46-47