

## Из опыта работы в классах с углубленным изучением химии

Сухина З.А., учитель химии, педагог-исследователь

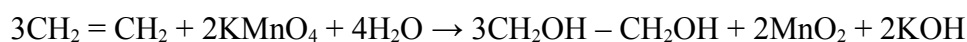
Школа-лицей №35, г. Уральск, Западно-Казахстанская область

### Реакции окисления этиленовых углеводородов и их производных

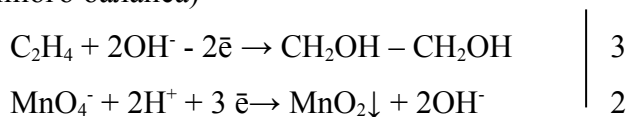
При изучении раздела «Непредельные углеводороды» с учащимися изучают тему «Химические свойства алкенов», рассматривая различные типы химических реакций на примере этилена и его гомологов. Рассматривают реакции окисления этилена и его гомологов разными окислителями. Как известно, что этилен легко окисляется, так как в строении имеет двойную связь. Гомологи его тоже окисляются, при чем происходит окисление по-разному, в зависимости от окислителя, реакции среды и строения молекулы алкена.

Алкены окисляются в более мягких условиях, чем алканы. Например, в слабо щелочном растворе  $\text{KMnO}_4$  образуются двухатомные спирты – гликоли:

$t^0$

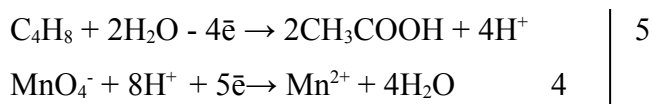
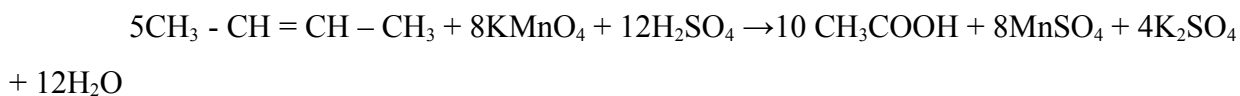


Уравнение химической реакции уравнием методом полуреакций (ионно-электронного баланса)



В кислой среде процесс окисления протекает более глубоко (с разрывом двойной связи), например:

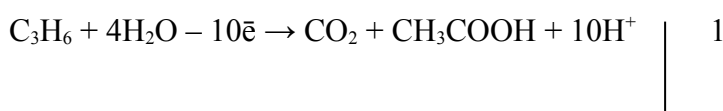
$t^0$

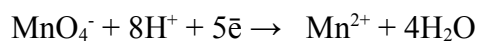


При окислении гомологов этилена в кислой среде продуктами окисления могут быть следующие вещества – углекислый газ, карбоновые кислоты, кетоны. Получение того или иного продукта зависит от строения исходного алкена.

В случае несимметричного алкена процесс протекает следующим образом:

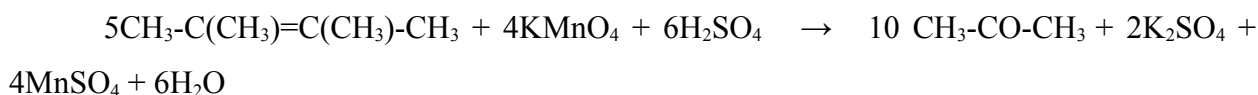
$t^0$



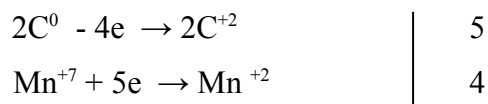


2

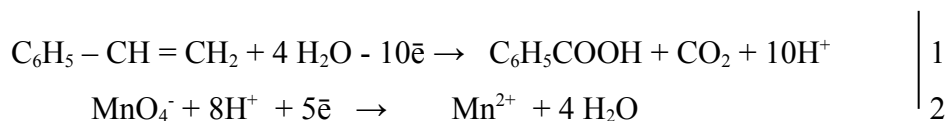
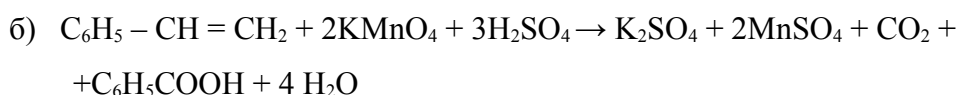
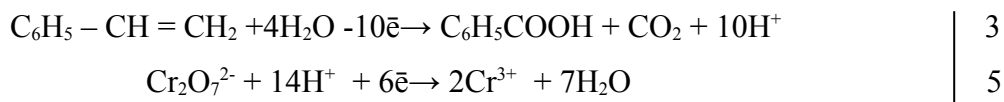
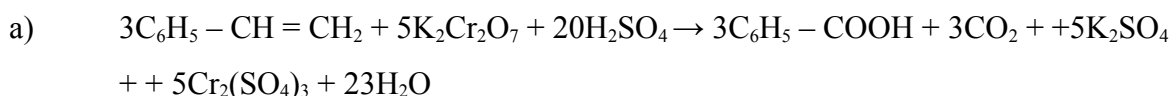
Если в молекуле алкена у атомов углерода при двойной связи нет атомов водорода, то процесс окисления дает кислородсодержащие вещества – кетоны. Например, при окислении 2,3-диметилбутена-2 образуется пропанон - ацетон (диметилкетон)



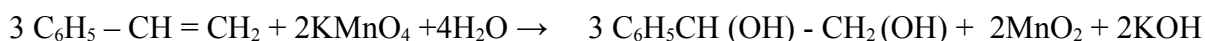
Уравняем данное уравнение методом электронного баланса



При изучении стирола, в боковом ответвлении которого имеется непредельный радикал – винил, и его свойств рассматриваем процессы его окисления различными окислителями, в разных средах. Так при окислении стирола в кислой среде, двойная связь рвется и образуется углекислый газ и бензойная кислота.



в) В мягких условиях, в нейтральной среде, идет окисление атомов углерода, соединенных двойной связью, образуется двухатомный ароматический спирт

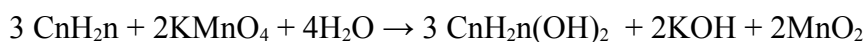


### Примеры задач и упражнений по данной теме

**Задача 1.** При пропускании алкена через избыток раствора перманганата калия масса выпавшего осадка оказалась в 2,07 раза больше массы исходного алкена. Установите строение алкена.

**Решение:**

Запишем уравнение реакции окисления алкена в водной среде



Пусть  $\nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = X$  моль, тогда по уравнению реакции

$$\nu(\text{MnO}_2) = 2/3 \nu(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 0,6667x$$

Выразим массы алкена и оксида марганца (IV) по формуле  $m = M \cdot \nu$ .

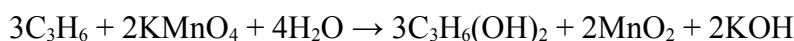
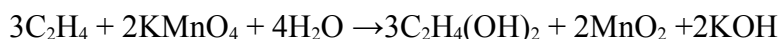
$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 14nx, \quad m(\text{MnO}_2) = 87 \cdot 0,6667x = 58x$$

По условию задачи  $m(\text{MnO}_2) = 2,07 m(\text{C}_n\text{H}_{2n})$  т.е.  $58x = 2,07 \cdot 14nx$ . откуда

$$n = 2. \text{ Значит искомое вещество - этен } \text{C}_2\text{H}_4$$

**Задача 2.** При пропускании 3,78г смеси этена и пропена через избыток слабощелочного раствора перманганата калия была получена смесь спиртов, которая после полного удаления воды была обработана избытком калия. Объем выделившегося газа составил 2,69л (н.у.). Вычислите суммарную массу образовавшихся алкоголятов.

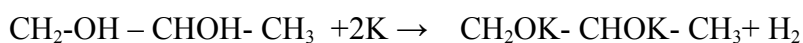
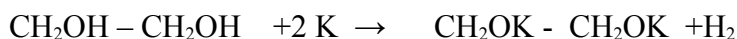
**Решение:** Запишем уравнения реакций окисления этена и пропена в растворе перманганата калия



Рассчитаем количество выделившегося водорода по формуле  $\nu = V/V_M$

$$\nu(\text{H}_2) = 2,69\text{л} / 22,4 \text{ г/моль} = 0,12 \text{ моль}$$

Запишем уравнения реакций взаимодействия полученных спиртов с калием



Пусть  $\nu(\text{C}_2\text{H}_4) = X$  моль. По УХР видим, что  $\nu(\text{C}_2\text{H}_4) = \nu(\text{H}_2) = X$  моль

Пусть  $\nu(\text{C}_3\text{H}_6) = y$  моль, тогда  $\nu(\text{C}_3\text{H}_6) = \nu(\text{H}_2) = y$  моль

$$M(\text{C}_2\text{H}_4) = 28\text{г/моль} \quad M(\text{C}_3\text{H}_6) = 42\text{г/моль}$$

Составим систему уравнений и решим ее

$$\begin{cases} x+y=0,12 \\ 28x+42y=3,78 \end{cases} \quad \begin{cases} x=0,09 \\ y=0,03 \end{cases}$$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_4) = \nu(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OK})_2) = 0,09 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_4(\text{OK})_2) = 0,09\text{моль} \cdot 138\text{г/моль} = 12,42 \text{ г}$$

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_6) = \nu(\text{C}_3\text{H}_6(\text{OK})_2) = 0,03 \text{ моль}$$

$$m(\text{C}_3\text{H}_6(\text{OK})_2) = 0,03 \text{ моль} \cdot 152 \text{ г/моль} = 4,56 \text{ г}$$

$$m_{\text{общ}} \text{ солей} = 12,42 \text{ г} + 4,56 \text{ г} = \mathbf{16,98 \text{ г}}$$

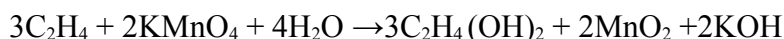
**Задача 3.** При окислении бутена-2 перманганатом калия в сернокислом растворе образовалось 8 моль уксусной кислоты. Вычислите, какое количество вещества соли марганца образовалось в ходе реакции.

**Решение:** Составим УХР взаимодействия бутена-2 с сернокислым раствором  $\text{KMnO}_4$   
 $5\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3 + 8\text{KMnO}_4 + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 10\text{CH}_3\text{COOH} + 8\text{MnSO}_4 + 4\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$

По уравнению химической реакции видим, что  $\nu(\text{MnSO}_4) = 4/5\nu(\text{CH}_3\text{COOH})$ , тогда количество соли марганца будет равно  $\nu(\text{MnSO}_4) = 4/5 \cdot 8 = \mathbf{6,4 \text{ моль}}$

**Задача 4.** Смесь этана и этилена пропустили через холодный водный раствор перманганата калия, при этом выпал бурый осадок  $\text{MnO}_2$  массой 17,4г и осталось непоглощенный 224мл газа (н.у.). Определите объем исходной смеси газов (н.у.) и массовые доли газов в смеси.

**Решение:** Запишем уравнения реакций окисления этена в растворе перманганата калия



$\text{C}_2\text{H}_6$  – этан, при указанных условиях, не реагирует с  $\text{KMnO}_4$ , поэтому непоглощенный газ – этан. По формуле найдем его количество  $\nu = V/V_M$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,224\text{л} / 22,4 \text{ г/моль} = 0,01 \text{ моль}$$

Найдем количество  $\text{MnO}_2$  по формуле  $\nu = m/M$ ,  $\nu(\text{MnO}_2) = 17,4\text{г} / 87\text{г/моль} = 0,2$  моль

$$\text{По уравнению } \nu(\text{C}_2\text{H}_4) = 3/2 \nu(\text{MnO}_2) = 3/2 \cdot 0,2 \text{ моль} = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_6) = 0,3 + 0,01 = 0,31 \text{ моль,}$$

$$\text{тогда } V(\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_6) = \nu(\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_6) \cdot V_M = 0,31 \cdot 22,4 = \mathbf{6,944\text{л}}$$

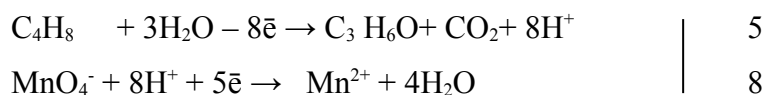
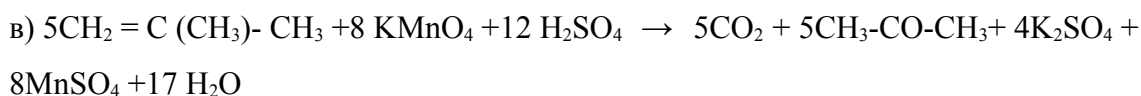
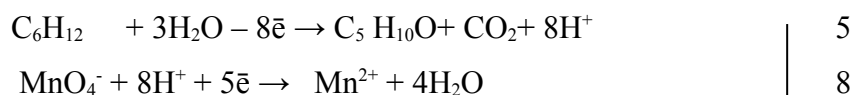
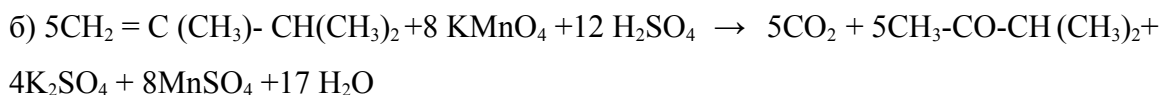
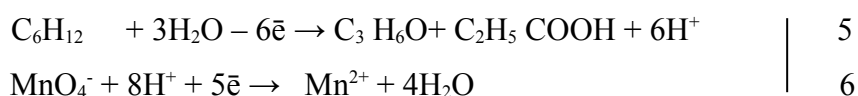
Для нахождения массовой доли компонентов смеси находим их массы по формуле  $m = M\nu$ ,  $m(\text{C}_2\text{H}_6) = 30\text{г/моль} \cdot 0,01\text{моль} = 0,3\text{г}$ ,  $m(\text{C}_2\text{H}_4) = 28\text{г/моль} \cdot 0,3\text{моль} = 8,4\text{г}$

$$W(\text{C}_2\text{H}_6) = m(\text{C}_2\text{H}_6) / m(\text{C}_2\text{H}_4, \text{C}_2\text{H}_6) = 0,3 / 8,7 = 0,034 = \mathbf{3,4\%}$$

$$W(\text{C}_2\text{H}_4) = \mathbf{96,6\%}$$

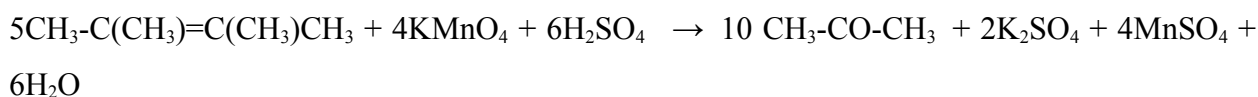
**Задача 5.** Какие продукты окисления можно выделить при действии горячего кислого раствора перманганата калия на следующие соединения: а) 2-метилпентен-2, б) 2,3-диметилбутен-1, в) метилпропен? Напишите полные уравнения реакций. Подберите стехиометрические коэффициенты методом электронного баланса или методом полуреакций.

**Решение:** а) Уравняем полученные уравнения методом ионно-электронного баланса

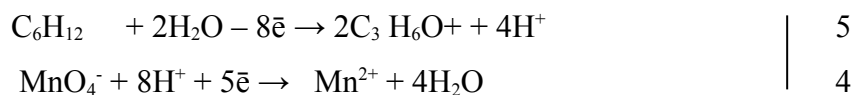


**Задача 6.** Какой алкен подвергли окислению горячим раствором перманганата калия, если были идентифицированы следующие продукты (в каждом случае все продукты окисления) а) ацетон, б) уксусная кислота и метилэтилкетон, в) 2-метилпропионовая кислота и углекислый газ. Напишите полные уравнения реакций. Подберите стехиометрические коэффициенты методом электронного баланса или методом полуреакций.

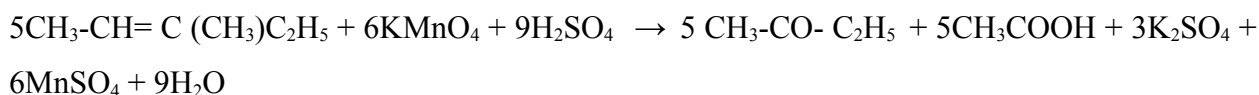
**Решение:** а) Если в ходе реакции окисления образовался один продукт – ацетон, значит, исходный алкен имел, симметричное строение и у атомов углерода при двойной связи нет атомов водорода. То есть исходное вещество – 2,3- диметилбутан, подвергшееся процессу окисления.



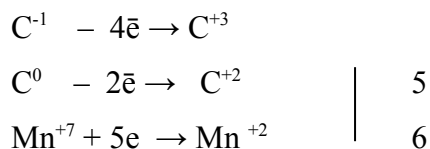
Для уравнивания уравнения используем метод ионно-электронного баланса (метод полуреакций)



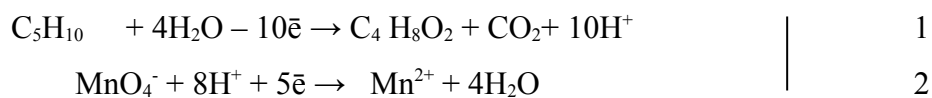
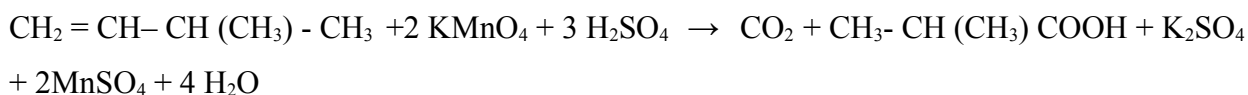
б) Если в ходе реакции окисления образовалось два продукта – уксусная кислота и метилэтилкетон, значит, исходный алкен имел несимметричное строение, и у одного из атомов углерода при двойной связи нет атомов водорода, а другой его имеет. Значит, исходный алкен – 3-метилпентен-2.



Для уравнивания уравнения используем метод электронного баланса

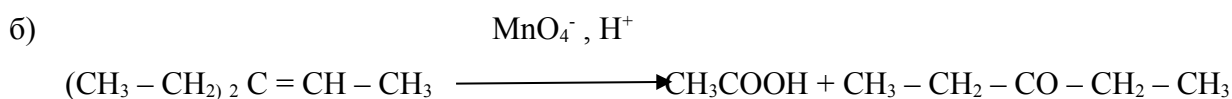


в) Если при окислении образовались 2-метилпропионовая кислота и углекислый газ, то был окислен 3- метилбутен-1 и уравнение химической реакции запишем так



### Задания для самостоятельного решения

1. Напишите уравнения реакций окисления:



Подберите стехиометрические коэффициенты методом электронного баланса или методом полуреакций.

**2. Задача.** При действии на непредельный углеводород избытка хлора в четыреххлористом углероде образовалось 22,95 г дихлорида. При действии избытка водного раствора перманганата калия на такое же количество углеводорода образовалось 17,4 г двухатомного спирта. Определите молекулярную формулу углеводорода и напишите структурные формулы его четырех изомеров, отвечающих условия задачи. (ответ:  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  – циклоалкен)

**3 Задача.** Какие продукты окисления можно выделить при действии горячего кислого раствора перманганата калия на следующие соединения: а) пентен-2, б) гексен-3, в) 4,6-диметилгелтен-3? Напишите полные уравнения реакций. Подберите стехиометрические коэффициенты методом электронного баланса или методом полуреакций.

**4 Задача.** Какой алкен подвергли окислению горячим раствором перманганата калия, если были идентифицированы следующие продукты (в каждом случае все продукты окисления), а) пропионовая кислота, б) диизопропилкетон и углекислый газ, в) масляная

кислота и уксусная кислота. Напишите полные уравнения реакций. Подберите стехиометрические коэффициенты методом электронного баланса или методом полуреакций.

### Литература

1. Дупал А.Я., Кожевникова С.В. и др. Химия. Подготовка к олимпиадам и экзаменам. Пособие для абитуриентов. Москва, 2010 г.
2. Егоров А.С. и др. «Химия. Пособие – репетитор для поступающих в ВУЗы». Ростов-на-Дону «Феникс», 2003г.
3. Жиряков В.Г.. Органическая химия. Издательство «Химия», Москва, 1970 г.
4. Кузьменко Н., В. Еремин, В. Попков. Химия. Издательский дом «Дрофа», Москва, 2002 г.
5. Кузьменко Н.Е., В.В. Еремин, 2400 задач по химии для школьников и поступающих в вузы. Москва. Издательский дом «Дрофа», 1999г.
6. Кузьменко Н.Е., В.В.Еремин, С.С. Чуранов. Сборник конкурсных задач по химии для школьников и абитуриентов. Издательство «Экзамен», Москва, 2002г.
7. Кушнарев А.А. Задачи для старшеклассников и абитуриентов. Москва «Школа - пресс», 1999г.
8. Пузаков С.А., В.А. Попков. Пособие по химии. Вопросы, упражнения, задачи Издательство «Высшая школа», 2001, Москва.
9. Степаненко Б.Н.. Курс органической химии. Издательство «Высшая школа», Москва, 1970 г.