

## 11 класс

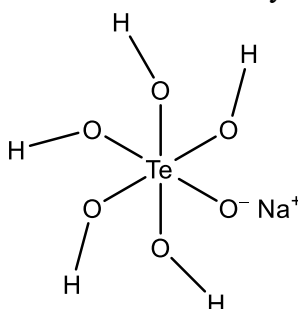
Авторы задач – Скрипкин М.Ю. (№№ 1, 2), Пошехонов И.С. (№№ 3, 5),  
Ростовский Н.В. (№№ 4, 6)

### I вариант

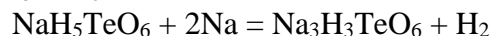
1. Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:  
 $n(\text{Na}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 9,14/22,99 : 2,00/1,01 : 38,15/16 = 0,398 : 1,98 : 2,38 = 1 : 5 : 6$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения X содержит 1 моль атомов натрия. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения X, составит:  $m = 50,71 \cdot 22,99/9,14 = 127,55$  г, что соответствует 1 моль теллура (2 атома меди 127,1 г и 4 атома серы 128,3 г не дадут указанные в условии процентные содержания). Таким образом, формула вещества – **NaH<sub>5</sub>TeO<sub>6</sub>**.

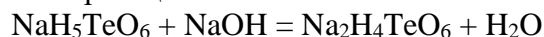
По-видимому, это соединение относится к классу кислых солей:



Наличие в составе атома теллура в высшей положительной степени окисления обуславливает сильные окислительные свойства данного вещества. Кроме того, вещество будет окислителем за счет кислого атома водорода. Возможные окислительно-восстановительные реакции:



Возможная кислотно-основная реакция:



#### Рекомендации к оцениванию:

- |  |       |
|--|-------|
| 1) Определение формулы соединения 1,5 балла                                | = 1,5 |
| балла  |       |
| 2) Класс соединения 0,5 балла (без указания характера соли – 0,25 балла)   | = 0,5 |
| балла  |       |
| 3) Структурная формула 1 балл (без указания ионной связи – 0,5 балла)      | = 1   |
| балл   |       |
| 4) Вывод об окислительных свойствах 0,5 балла (без обоснования 0,25 балла) | = 0,5 |
| балла  |       |
| 5) Уравнение ОВР 1 балл  | = 1   |
| балл   |       |
| 6) Уравнение кислотно-основной реакции 0,5 балла                           | = 0,5 |
| балла  |       |

**ИТОГО**  
**баллов**

**5**

2. Поскольку в результате прокаливания вещества А образуется газ, поглощающийся фосфорным ангидридом, но не реагирующий со щелочью, можно сделать вывод, что этот газ – аммиак, а вещество содержит соль аммония.

Образование с ионом бария белого осадка, нерастворимого в азотной кислоте, указывает на наличие сульфат-иона. Студенистый осадок, образующийся при действии аммиака на раствор вещества А – нерастворимый в воде гидроксид металла. При его прокаливании получается оксид.

Таким образом, по-видимому, вещество представляет собой двойной сульфат аммония и какого-то трёхвалентного металла, вероятно, кристаллогидрат. Такие двойные сульфаты могут иметь состав:  $(\text{NH}_4)\text{Me}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Определим металл. Количество металла в 2 раза, а количество оксида металла – в 4 раза меньше количества сульфат-ионов.

$$n(\text{BaSO}_4) = 10,287/233 = 0,04415 \text{ моль}$$

$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = 0,01104 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_2\text{O}_3) = 1,125/0,01104 = 102 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Me}) = (102 - 3 \cdot 16)/2 = 27 \text{ г/моль. Металл – алюминий.}$$

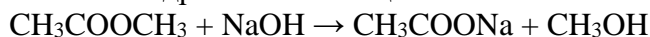
Молярная масса вещества А составит:  $M(\text{A}) = 10 \cdot 2/0,04415 = 453 \text{ г/моль}$ . Очевидно, это кристаллогидрат, так как молярная масса превышает молярную массу  $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2$  ( $M = 237 \text{ г/моль}$ ). Количество молекул воды  $x$  составит:  $x = (453 - 237)/18 = 12$ . Формула соединения:  $(\text{NH}_4)\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – алюмоаммонийные квасцы.

**Рекомендации к оцениванию:**

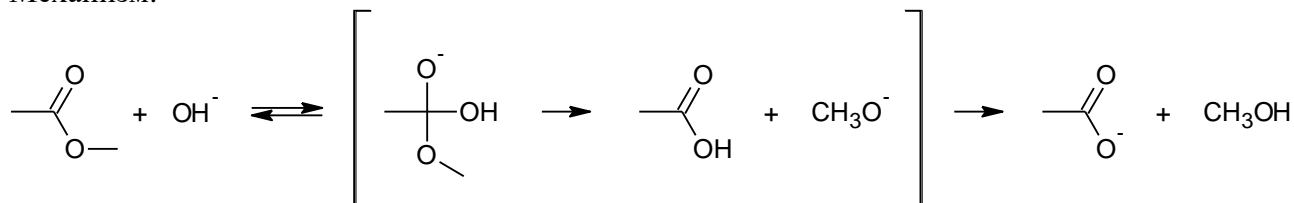
- |   |       |
|---|-------|
| 1) Обоснованное присутствие иона аммония 0,5 балла                                  | = 0,5 |
| балла   |       |
| 2) Выход на двойную соль 0,5 балла  | = 0,5 |
| балла   |       |
| 3) Определение количества сульфат-ионов 0,5 балла                                   | = 0,5 |
| балла   |       |
| 4) Обоснование поиска металла, образующего нерастворимый в воде гидроксид 0,5 балла | = 0,5 |
| балла   |       |
| 5) Определение металла 1 балл   | = 1   |
| балл  |       |
| 6) Определение количества молекул воды 0,5 балла                                    | = 0,5 |
| балла   |       |
| 7) Формула соединения 1 балл  | = 1   |
| балл  |       |
| 8) Тривиальное название 0,5 балла   | = 0,5 |
| балла   |       |

**ИТОГО** **5**  
**баллов**

3. 1) Уравнение щелочного гидролиза метилацетата:



Механизм:

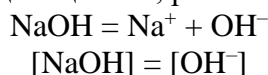


2) Кинетическое уравнение:

$$V = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3][\text{NaOH}]$$

В квадратных скобках указывается равновесная (или текущая) концентрация реагирующих частиц.

3) Скорость гидролиза в явном виде зависит от кислотности среды, т.к. в кинетическом уравнении есть текущая концентрация щелочи, равная концентрации гидроксид-ионов:



Таким образом, нужно связать концентрацию гидроксид-ионов и pH. Это нетрудно сделать из определения водородного показателя и ионного произведения воды:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+], \text{ откуда } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

подставляя концентрацию протонов через pH в ионное произведение воды, получим:

$$10^{-\text{pH}} \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ откуда } [\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14}$$

Зависимость скорости от pH щелочного гидролиза имеет следующий вид:

$$V = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}-14}$$

Определим, как изменится скорость при изменении pH:

$$V_1 = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}_1-14}$$

$$V_2 = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3] \cdot 10^{\text{pH}_2-14}$$

$V_2/V_1 = 10^{\text{pH}_2-14}/10^{\text{pH}_1-14} = 10^{\text{pH}_2-\text{pH}_1} = 10^{\Delta\text{pH}}$ , т.е.  $V_2 = V_1 \cdot 10^{\Delta\text{pH}}$ . Видно, что при увеличении pH на 1, скорость реакции щелочного гидролиза увеличится в 10 раз.




**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |         |
|---|---------|
| 1) Уравнение химической реакции и механизм по 1 баллу балла | 1·2 = 2 |
| 2) Кинетическое уравнение 1 балл балл                       | = 1     |
| 3) Вывод уравнения связи скорости и pH 1,5 балла балла      | = 1,5   |
| 4) Вывод об изменении скорости 0,5 балла балла              | = 0,5   |

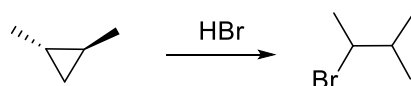
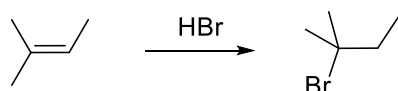
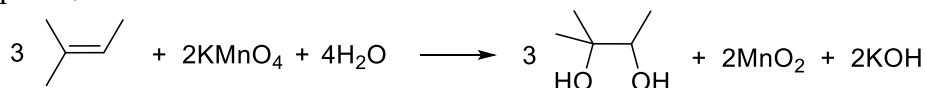
**ИТОГО баллов**

**5**

4. Циклоалканы, в том числе циклопропаны, устойчивы к действию перманганата калия даже при нагревании. В то же время циклопропаны, в отличие от циклоалканов с большим размером цикла, способны реагировать с кислотами, при этом происходит раскрытие цикла.

сосуд № 1	сосуд № 2	сосуд № 3
циклопентан 	2-метилбут-2-ен 	<i>транс</i> -1,2-диметилциклопропан 

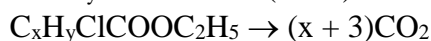
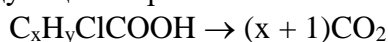
Уравнения реакций:



**Рекомендации к оцениванию:**

1) Структурные формулы соединений по 0,5 балла балла	0,5·3 = 1,5
2) Определение содержимого каждого сосуда по 0,5 балла балла	0,5·3 = 1,5
3) Уравнение реакции с $\text{KMnO}_4$ 1 балл балл	= 1
4) Уравнения реакций с $\text{HBr}$ по 0,5 балла балл	0,5·2 = 1
<b>ИТОГО</b> <b>баллов</b>	<b>5</b>

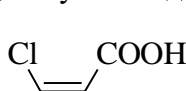
5. Пусть молекулярная формула карбоновой кислоты –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{ClCOOH}$ , тогда молекулярная формула ее этилового эфира –  $\text{C}_x\text{H}_y\text{ClCOOC}_2\text{H}_5$ . Схемы образования углекислого газа выглядят следующим образом:



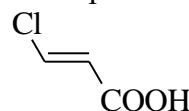
Исходя из условия, составим уравнение:  $(x + 3)/(x + 1) = 1,67$ , решая которое, получим  $x = 2$ .

Условию задачи удовлетворяют следующие пять кислот:

- 1)  $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$
- 2)  $\text{CH}_3\text{CHClCOOH}$
- 3)  $\text{CH}_2=\text{CClCOOH}$
- 4)  $\text{CHCl}=\text{CHCOOH}$  существует в виде двух геометрических изомеров:



Z- (цис-)



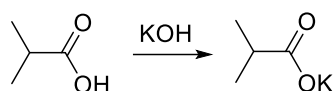
E- (транс-)

- 5)  $\text{ClC}\equiv\text{CCOOH}$

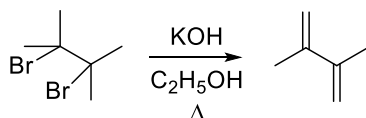
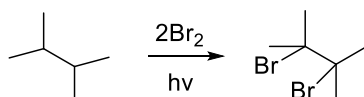
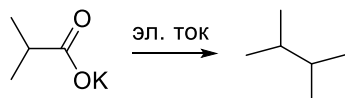
**Рекомендации к оцениванию:**

1) Число атомов углерода в кислоте или общая формула кислоты 2 балл балла	= 2
2) Структурные формулы кислот по 0,5 балла балла	0,5·6 = 3
<b>ИТОГО</b> <b>баллов</b>	<b>5</b>

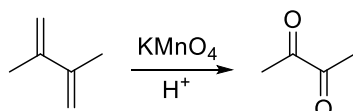
6.



вариант условий:  
КН



вариант условий:  
C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH  
(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>СОК/(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>СОН и др.



вариант условий:  
O<sub>3</sub>

### Рекомендации к оцениванию:

1) Каждая реакция с условиями, позволяющими осуществить превращение по 1 баллу  
баллов

1·5 = 5

**ИТОГО**

**5**

**баллов**

## II вариант

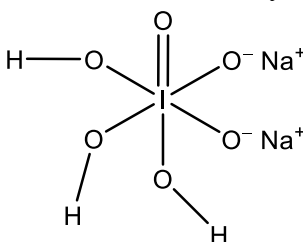
1. Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(\text{Na}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 16,91/22,99 : 1,11/1,01 : 35,31/16 = 0,736 : 1,1 : 2,21 = 2 : 3 : 6.$$

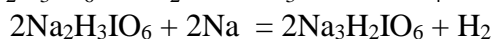
Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения X содержит 2 моль атомов натрия. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения X, составит:

$m = 46,67 \cdot 22,99 \cdot 2 / 16,91 = 126,9$  г, что соответствует 1 моль иода (2 атома меди 127,1 г и 4 атома серы 128,3 г не дадут указанные в условии процентные содержания). Таким образом, формула вещества – **Na<sub>2</sub>H<sub>3</sub>IO<sub>6</sub>**.

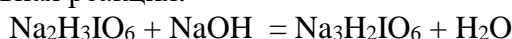
По-видимому, это соединение относится к классу кислых солей:



Наличие в составе атома галогена в высшей положительной степени окисления обуславливает сильные окислительные свойства данного вещества. Кроме того, вещество будет окислителем за счет кислого атома водорода. Возможные окислительно-восстановительные реакции:



Возможная кислотно-основная реакция:



**Рекомендации к оцениванию:**

1) Определение формулы соединения 1,5 балла	= 1,5
балла	
2) Класс соединения 0,5 балла (без указания характера соли – 0,25 балла)	= 0,5
балла	
3) Структурная формула 1 балл (без указания ионных связей – 0,5 балла)	= 1
балл	
4) Вывод об окислительных свойствах 0,5 балла (без обоснования 0,25 балла)	= 0,5
балла	
5) Уравнение ОВР 1 балл	= 1
балл	
6) Уравнение кислотно-основной реакции 0,5 балла	= 0,5
балла	
<b>ИТОГО</b>	<b>5</b>
<b>баллов</b>	

2. Поскольку в результате прокаливания вещества **A** образуется газ, поглощающийся фосфорным ангидридом, но не реагирующий со щелочью, можно сделать вывод, что этот газ – аммиак, а вещество содержит соль аммония.

Образование с ионом бария белого осадка, нерастворимого в азотной кислоте, указывает на наличие сульфат-иона. Студенистый осадок, образующийся при действии аммиака на раствор вещества **A** – нерастворимый в воде гидроксид металла. При его прокаливании получается оксид.

Таким образом, по-видимому, вещество представляет собой двойной сульфат аммония и какого-то трёхвалентного металла, вероятно, кристаллогидрат. Такие двойные сульфаты могут иметь состав:  $(\text{NH}_4)\text{Me}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ .

Определим металл. Количество металла в 2 раза, а количество оксида металла – в 4 раза меньше количества сульфат-ионов.

$$n(\text{BaSO}_4) = 9,668/233 = 0,04149 \text{ моль}$$

$$n(\text{Me}_2\text{O}_3) = 0,01037 \text{ моль}$$

$$M(\text{Me}_2\text{O}_3) = 1,659/0,01037 = 160 \text{ г/моль.}$$

$$M(\text{Me}) = (160 - 3 \cdot 16)/2 = 56 \text{ г/моль. Металл – железо.}$$

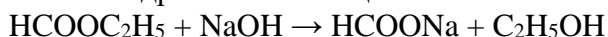
Молярная масса вещества **A** составит:  $M(\text{A}) = 10 \cdot 2/0,04149 = 482 \text{ г/моль}$ . Очевидно, это кристаллогидрат, так как молярная масса превышает молярную массу  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  ( $M = 266 \text{ г/моль}$ ). Количество молекул воды  $x$  составит:  $x = (482 - 266)/18 = 12$ . Формула соединения:  $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$  – железоаммонийные квасцы

**Рекомендации к оцениванию:**

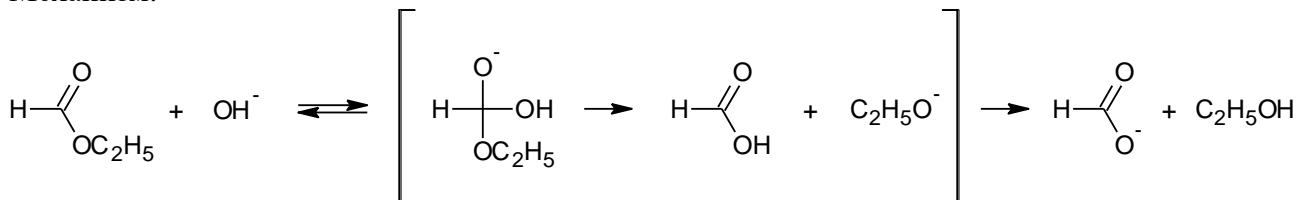
1) Обоснованное присутствие иона аммония 0,5 балла	= 0,5
балла	
2) Выход на двойную соль 0,5 балла	= 0,5
балла	
3) Определение количества сульфат-ионов 0,5 балла	= 0,5
балла	
4) Обоснование поиска металла, образующего нерастворимый в воде гидроксид 0,5 балла	= 0,5
балла	
5) Определение металла 1 балл	= 1
балл	
6) Определение количества молекул воды 0,5 балла	= 0,5
балла	

- 7) Формула соединения 1 балл = 1  
балл
- 8) Тривиальное название 0,5 балла = 0,5  
балла
- ИТОГО** 5  
**баллов**

3. 1) Уравнение щелочного гидролиза метилацетата:



Механизм:



2) Кинетическое уравнение:

$$V = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5][\text{NaOH}]$$

В квадратных скобках указывается равновесная (или текущая) концентрация реагирующих частиц.

3) Скорость гидролиза в явном виде зависит от кислотности среды, т.к. в кинетическом уравнении есть текущая концентрация щелочи, равная концентрации гидроксид-ионов:



$$[\text{NaOH}] = [\text{OH}^-]$$

Таким образом, нужно связать концентрацию гидроксид-ионов и pH. Это нетрудно сделать из определения водородного показателя и ионного произведения воды:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+], \text{ откуда } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

подставляя концентрацию протонов через pH в ионное произведение воды, получим:

$$10^{-\text{pH}} \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}, \text{ откуда } [\text{OH}^-] = 10^{\text{pH}-14}$$

Зависимость скорости от pH щелочного гидролиза имеет следующий вид:

$$V = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}-14}$$

Определим, как изменится скорость при изменении pH:

$$V_1 = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}_1-14}$$

$$V_2 = k[\text{HCOOC}_2\text{H}_5] \cdot 10^{\text{pH}_2-14}$$

$V_2/V_1 = 10^{\text{pH}_2-14}/10^{\text{pH}_1-14} = 10^{\text{pH}_2-\text{pH}_1} = 10^{\Delta\text{pH}}$ , т.е.  $V_2 = V_1 \cdot 10^{\Delta\text{pH}}$ . Видно, что при уменьшении pH на 1, скорость реакции щелочного гидролиза уменьшится в 10 раз.

**Рекомендации к оцениванию:**

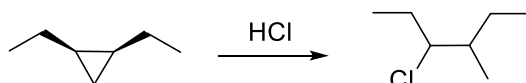
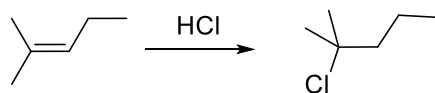
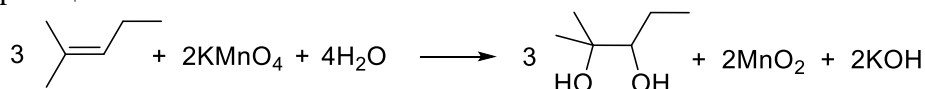
- 1) Уравнение химической реакции и механизм по 1 баллу 1·2 = 2  
балла
- 2) Кинетическое уравнение 1 балл = 1  
балл
- 3) Вывод уравнения связи скорости и pH 1,5 балла = 1,5  
балла
- 4) Вывод об изменении скорости 0,5 балла = 0,5  
балла
- ИТОГО** 5  
**баллов**

4. Циклоалканы, в том числе циклопропаны, устойчивы к действию перманганата калия даже при нагревании. В то же время циклопропаны, в отличие от циклоалканов с большим размером цикла, способны реагировать с кислотами, при этом происходит раскрытие цикла.

сосуд № 1	сосуд № 2	сосуд № 3
-----------	-----------	-----------

<p>цис-1,2-диэтилциклопропан</p> <p>или</p>	<p>циклогексан</p>	<p>2-метилпент-2-ен</p>
---	--------------------	-------------------------

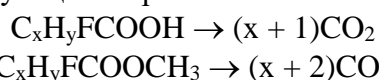
Уравнения реакций:



**Рекомендации к оцениванию:**

1) Структурные формулы соединений по 0,5 балла балла	0,5·3 = 1,5
2) Определение содержимого каждого сосуда по 0,5 балла балла	0,5·3 = 1,5
3) Уравнение реакции с KMnO <sub>4</sub> 1 балл балл	= 1
4) Уравнения реакций с HBr по 0,5 балла балл	0,5·2 = 1
<b>ИТОГО баллов</b>	<b>5</b>

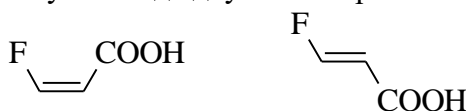
5. Пусть молекулярная формула карбоновой кислоты – C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>FCOOH, тогда молекулярная формула ее метилового эфира – C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>FCOOCH<sub>3</sub>. Схемы образования углекислого газа выглядят следующим образом:



Исходя из условия, составим уравнение: (x + 2)/(x + 1) = 1,33, решая которое, получим x =

2. Условию задачи удовлетворяют следующие пять кислот:

- 1) FCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>COOH
- 2) CH<sub>3</sub>CHFCOOH
- 3) CH<sub>2</sub>=FCOOH
- 4) CHF=CHCOOH существует в виде двух геометрических изомеров:



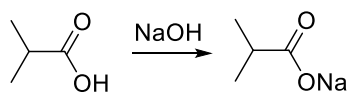
- 5) FC≡CCOOH

**Рекомендации к оцениванию:**

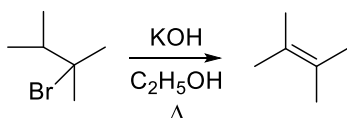
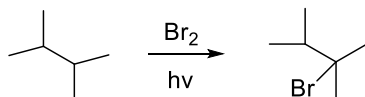
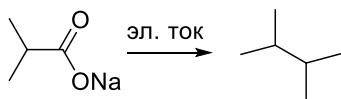
1) Число атомов углерода в кислоте или общая формула кислоты 2 балл балла	= 2
2) Структурные формулы кислот по 0,5 балла балла	0,5·6 = 3
<b>ИТОГО баллов</b>	<b>5</b>



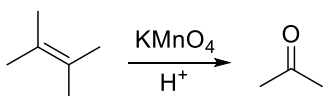
6.



вариант условий:  
NaH



вариант условий:  
C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ONa/C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH  
(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>СОК/(СН<sub>3</sub>)<sub>3</sub>СОН и др.



вариант условий:  
O<sub>3</sub>

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Каждая реакция с условиями,  
позволяющими осуществить превращение по 1 баллу

баллов

**ИТОГО**

**баллов**

1·5 = 5

**5**

## 11 класс

Автор задания – Шершнев И.А.

### I вариант

#### Описание эксперимента:

В пяти пронумерованных пробирках без этикеток находятся водные растворы органических веществ: глюкоза, *para*-метилфенол, пропионовая кислота, 2-гидроксибензойная кислота, 2,3-дигидроксибутандиовая кислота. Для определения содержимого каждой пробирки были проделаны следующие операции.

1. К отобраным пробам всех растворов добавили гидрокарбонат натрия.
2. К отобраным пробам растворов №2 и №3 добавили аммиачный раствор оксида серебра.
3. К отобраным пробам растворов №1, №4 и №5 добавили бромную воду.
4. К отобраным пробам растворов №1 и №5 прибавили свежесозданный гидроксид меди(II).

#### Задание:

1. Сопоставьте номера пробирок с веществами, находящимися в них, и напишите уравнения всех протекающих реакций (если в реакции участвует лишь какая-то функциональная группа, то реакцию можно записать в общем виде).
2. Какие реагенты можно использовать в данной схеме анализа вместо аммиачного раствора оксида серебра, чтобы различить содержимое пробирок №2 и №3? Приведите два примера. Ответ поясните.

#### Решение:

В первом эксперименте протекают реакции кислот с гидрокарбонатом натрия:

№1, №4, №5  $\text{RCOOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{RCOONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  выделение газа

№2, №3 → реакция не протекает, нет видимых изменений

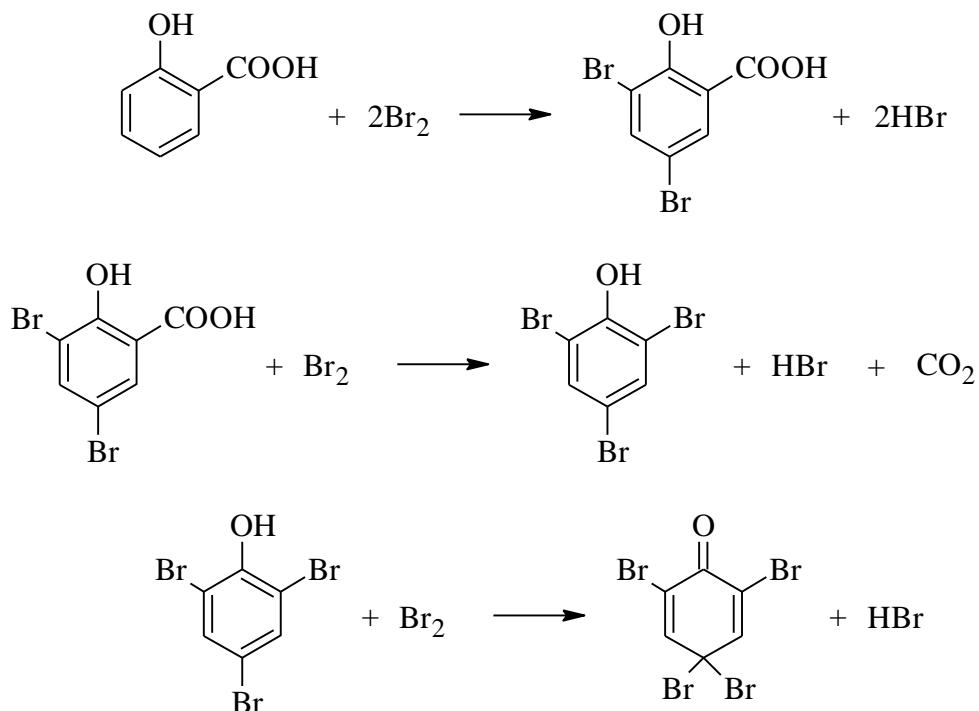
Реакция с аммиачным раствором оксида серебра — это качественная реакция на альдегидную группу (“серебряное зеркало”), которая присутствует в открытой форме глюкозы:

№3  $\text{RCHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} = \text{RCOONH}_4 + 2\text{Ag} + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$  серый осадок или серебряная плёнка

Таким образом, в пробирке №2 – *para*-метилфенол, в пробирке №3 – глюкоза.

К пробиркам №1, №4, №5 сначала добавили бромную воду (это реакция на кратные связи и фенолы):

№4

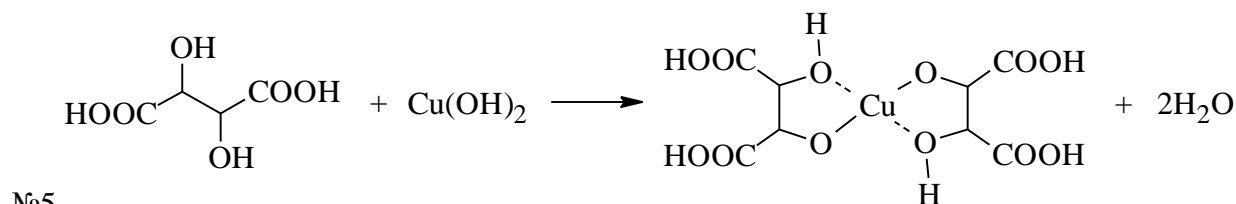


обесцвечивание бромной воды, выпадение белого осадка, желтеющего в избытке брома

Таким образом, в пробирке №4 – **2-гидроксibenзойная кислота**.

Затем проводят реакцию со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (качественная реакция на многоатомные спирты):

№1, №5  $2\text{RCOOH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 = (\text{RCOO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  растворение осадка



№5

раствор становится фиолетовым

Таким образом, в пробирке №1 – **пропионовая кислота**, в пробирке №5 – **2,3-дигидроксibутандиовая кислота**.

Различить глюкозу и *para*-метилфенол можно ещё по образованию комплекса фенола с  $\text{Fe}^{3+}$  фиолетового цвета, реакцией глюкозы со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с образованием фиолетового раствора и другими.

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Корректное сопоставление каждого вещества с номером пробирки по 0,5 баллов  
 $0,5 \cdot 5 = 2,5$  балла

2) Уравнения реакций (с карбонатом, с оксидом серебра, с гидроксидом меди (x2)) по 0,5 баллов	0,5·4 = 2 балла
3) Каждая из реакций с бромом по 0,5 баллов	0,5·3 = 1,5 баллов
4) Верные реагенты с объяснением в доп. вопросе по 1 баллу	1·2 = 2 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>8 баллов</b>

## II вариант

### Описание эксперимента:

В пяти пронумерованных пробирках без этикеток находятся водные растворы органических веществ: рибоза (2,3,4,5-тетрагидроксипентаналь), *мета*-метилфенол, уксусная кислота, 2-гидроксibenзойная кислота, 2,3-дигидроксипропановая кислота. Для определения содержимого каждой пробирки были проделаны следующие операции.

1. К отобраным пробам всех растворов добавили гидрокарбонат натрия.
2. К отобраным пробам растворов №4 и №5 добавили аммиачный раствор оксида серебра.
3. К отобраным пробам растворов №1, №2 и №3 добавили бромную воду.
4. К отобраным пробам растворов №1 и №3 прибавили свежесосаждённый гидроксид меди(II).

### Задание:

1. Сопоставьте номера пробирок с веществами, находящимися в них, и напишите уравнения всех протекающих реакций (если в реакции участвует лишь какая-то функциональная группа, то реакцию можно записать в общем виде).
2. Какие реагенты можно использовать в данной схеме анализа вместо аммиачного раствора оксида серебра, чтобы различить содержимое пробирок №4 и №5? Приведите два примера. Ответ поясните.

### Решение:

В первом эксперименте протекают реакции кислот с гидрокарбонатом натрия:

№1, №2, №3  $\text{RCOOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{RCOONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  выделение газа

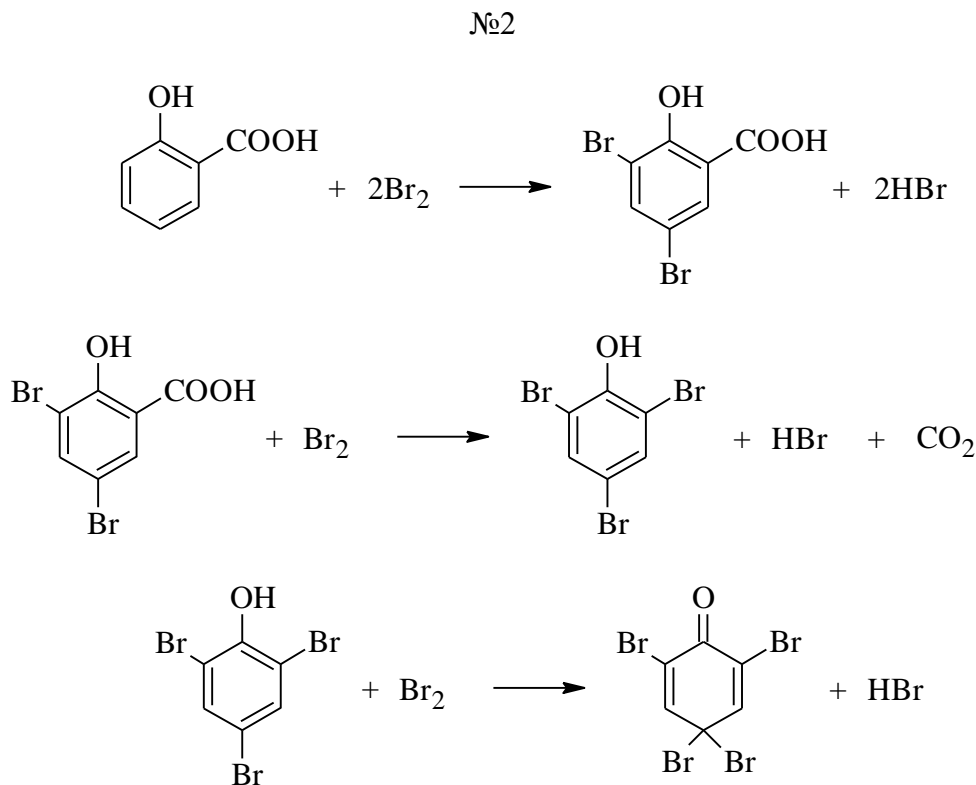
№4, №5 → реакция не протекает, нет видимых изменений

Реакция с аммиачным раствором оксида серебра — это качественная реакция на альдегидную группу (“серебряное зеркало”), которая присутствует в открытой форме рибозы:

№4  $RCHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH = RCOONH_4 + 2Ag + 3NH_3 + H_2O$  серый осадок или серебряная плёнка

Таким образом, в пробирке №4 – **рибоза**, в пробирке №5 – **мета-метилфенол**.

К пробиркам №1, №2, №3 сначала добавили бромную воду (это реакция на кратные связи и фенолы):

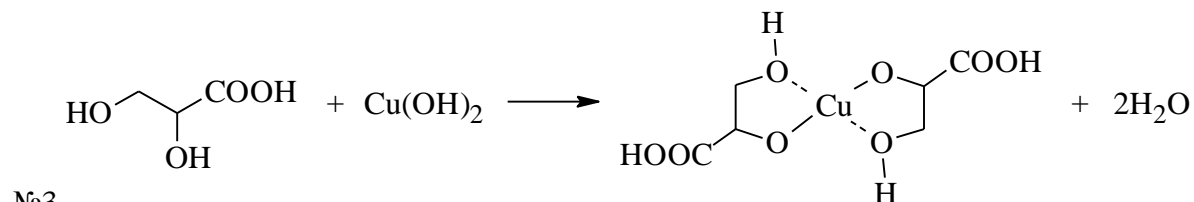


обесцвечивание бромной воды, выпадение белого осадка, желтеющего в избытке брома

Таким образом, в пробирке №2 – **2-гидроксibenзойная кислота**.

Затем проводят реакцию со свежеосаждённым  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (качественная реакция на многоатомные спирты):

№1, №3  $2\text{RCOOH} + \text{Cu}(\text{OH})_2 = (\text{RCOO})_2\text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$  растворение осадка



раствор становится фиолетовым

Таким образом, в пробирке №1 – **уксусная кислота**, в пробирке №3 – **2,3-дигидроксипропановая кислота**.

Различить рибозу и *мета*-метилфенол можно ещё по образованию комплекса фенола с  $\text{Fe}^{3+}$  фиолетового цвета, реакцией рибозы со свежесоздавшимся  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  с образованием фиолетового раствора и другими.

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Корректное сопоставление каждого вещества с номером пробирки по 0,5 баллов  
 $0,5 \cdot 5 = 2,5$  балла

2) Уравнения реакций (с гидрокарбонатом, с оксидом серебра,  
с гидроксидом меди (x2)) по 0,5 баллов  $0,5 \cdot 4 = 2$  балла

3) Каждая из реакций с бромом по 0,5 баллов  $0,5 \cdot 3 = 1,5$  баллов

4) Верные реагенты с объяснением в доп. вопросе по 1 баллу  $1 \cdot 2 = 2$  балла

**ИТОГО** **8 баллов**