

# Задания отборочного этапа Олимпиады школьников Санкт-Петербургского государственного университета 2023/2024 учебного года по химии

## 8 класс

### Задание 1, 25 баллов

В приведенном ниже ребусе картинки обозначают зашифрованные элементы, а числа – их массовые доли в веществе.



26,69%



40,49%



32,82%

Определите состав данного вещества. Известно, что при обработке его разбавленной соляной кислотой образуется соединение, другая модификация которого очень похожа на одно из наиболее известных простых веществ. Каков порядковый номер этого простого вещества?

#### Критерии оценивания.

1. Определение элементов (калий – олово – сера) – по 5 баллов за элемент
2. Определение состава вещества –  $K_2SnS_3$  – 5 баллов
3. Одна из модификаций – «сусальное золото» («муссивное золото», «золото Моисея») похожа на золото – элемент № 79 – 5 баллов

### Задание 2, 25 баллов

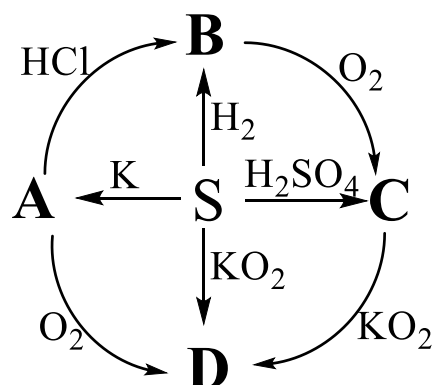
В Вашем распоряжении имеются алюмокалиевые квасцы (двенадцативодный кристаллогидрат сульфата калия-алюминия), каустическая сода и железный купорос (семиводный сульфат железа(II)), а также неограниченный выбор оборудования (за исключением необходимого для проведения ядерных реакций). Предложите не менее восьми продуктов, которые можно получить в чистом виде в одну или несколько стадий, используя **только** вещества из данного набора. Приведите уравнения соответствующих реакций, кратко опишите способ выделения целевого вещества.

#### Критерии оценивания.

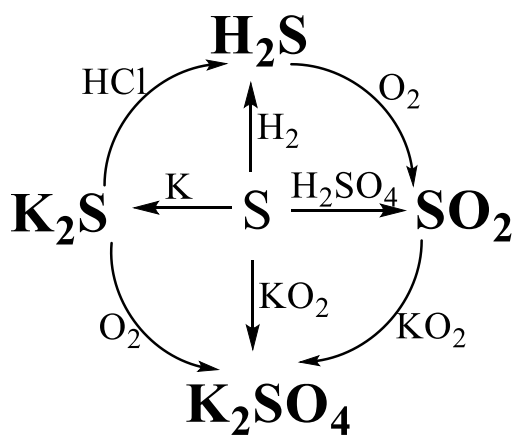
1. За каждое предложенное вещество, вместе с уравнением реакции и способом выделения – 3 балла. Отсутствие коэффициентов – штраф 0,5 балла, неверный метод синтеза или выделения – штрафы по 0,5 балла. Если все 8 веществ предложены без ошибок – 1 балл бонуса.

### Задание 3, 25 баллов

На схеме показаны превращения с участием серы. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме соединений **A-D**, могут получаться и другие продукты). Идентифицируйте соединения **A-D**, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения.



Решение с разбалловкой:



Вещества **A, B, C, D** – см. схему, по 2 балла за каждое вещество (в сумме 8 баллов)

Написанные и уравненные реакции (всего 8 реакций) по 2 балла за каждую реакцию (в сумме 16 баллов).

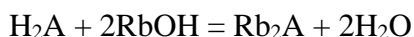
Дополнительный 1 балл за полностью правильную схему и реакции.

Использовано учебное пособие Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева «Химические свойства неорганических веществ», М. Химия, 1997.

#### Задание 4, 25 баллов

На полную нейтрализацию 40,0 г раствора кислоты **X**, образованной элементом VI группы Периодической системы элементов Д. И. Менделеева, с массовой долей растворенного вещества 1,45% было израсходовано 40,0 см<sup>3</sup> раствора гидроксида рубидия, в литре которого содержалось 0,2 моль вещества. Определите формулу вещества **X** и составьте его название согласно номенклатуре IUPAC. Известно, что кислота **X** является сильным окислителем и при нагревании способна растворять золото. Напишите пример окислительно-восстановительной реакции с участием данной кислоты в качестве окислителя.

#### Решение:



Количество вещества RbOH в растворе находим из пропорции (учитывая перевод единиц):

0,2 моль – 1000 мл

x моль – на 40 мл,

отсюда x или  $n(\text{RbOH}) = 0,008$  моль.

Масса кислоты в растворе  $m = w \cdot m_{(\text{р-ра})} = 40 \cdot 0,0145 = 0,58$  г.

По уравнению реакции количество вещества кислоты в два раза меньше количества вещества гидроксида калия и равно  $0,08/2 = 0,004$  моль.

Тогда  $M(\text{H}_2\text{A}) = m/n = 0,58/0,004 = 145$  г/моль.

Молярная масса кислотного остатка (A):  $145 - 2 = 143$  г/моль.

Варианты строения кислотного остатка для элемента VI группы:

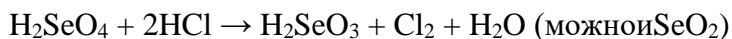
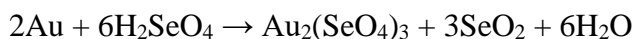
$\text{A} = \text{Э}$ ,  $A_r(\text{Э}) = 143$  – не подходит, элемента с такой атомной массой нет.

$\text{A} = \text{ЭO}_3$ ,  $A_r(\text{Э}) = 143 - 48 = 95$  – не подходит, элемента с такой атомной массой нет.

$\text{A} = \text{ЭO}_4$ ,  $A_r(\text{Э}) = 143 - 64 = 79$  – подходит, это масса селена.

Значит кислота **X** – селеновая,  $\text{H}_2\text{SeO}_4$

Примеры реакций с участием кислоты **X** как окислителя:



#### Критерии оценивания.

1. Правильные расчеты и выход на молярную массу 145 г/моль – 10 баллов
2. За вывод селена и селеновой кислоты, подтверждённых расчетами – 7,5 баллов.

3. За правильно написанную реакцию с участием селеновой кислоты – 7,5 баллов.

## 9 класс

### Задание 1, 20 баллов

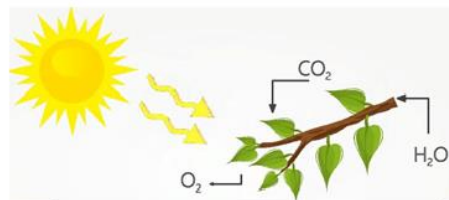
В приведенном ниже ребусе картинки обозначают зашифрованные элементы, а числа – их массовые доли в веществе.



59,72%



21,72%



18,56%

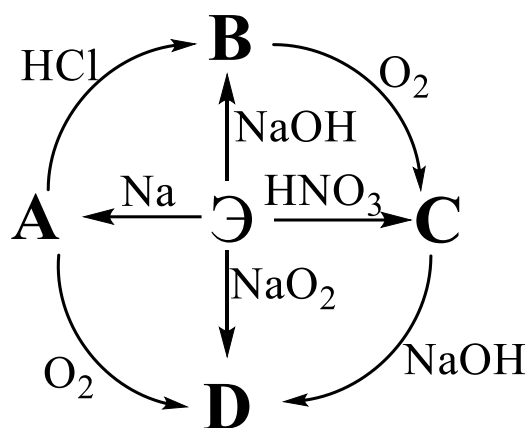
Определите состав данного вещества. Известно, что при восстановлении этого вещества водородом в момент выделения образуется газообразный продукт с характерным запахом. Какова молярная масса этого продукта?

#### Критерии оценивания.

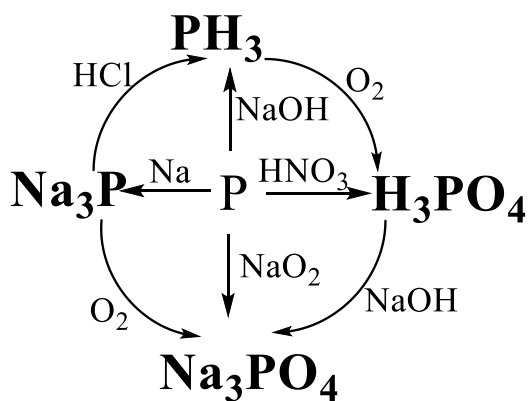
1. Определение элементов (барий – мышьяк – кислород) – по 4 балла за элемент
2. Определение состава вещества –  $\text{Ba}_3(\text{AsO}_4)_2$  – 4 балла
3. Молярная масса арсина – 78 г/моль – 4 балла

### Задание 2, 20 баллов

На схеме показаны превращения с участием элемента Э. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме соединений **A-D**, могут получаться и другие продукты). Простое вещество элемента Э имеет несколько аллотропных модификаций, различающихся по цвету, а его название с латинского переводится как «несущий свет». Идентифицируйте элемент Э и соединения **A-D**, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения.



Решение с разбалловкой:



Элемент Э – фосфор (4 балла).

Вещества **A**, **B**, **C**, **D** – см. схему, по 2 балла за каждое вещество (в сумме 8 баллов)

Написанные и уравненные реакции (всего 8 реакций) по 1 баллу за каждую реакцию (в сумме 8 баллов).

Использовано учебное пособие Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева «Химические свойства неорганических веществ», М. Химия, 1997.

### Задание 3, 20 баллов

Работники аэропортов постоянно имеют дело с разными цветами сигнальных огней. В том числе, используется следующая последовательность цветов: лунно-белый – желтый – синий. Такую последовательность цветов несложно смоделировать, проводя те или иные химические реакции. Предложите, какие вещества из предложенного списка (или их растворы) надо взять, чтобы получить следующую последовательность смены цветов:



Вещества:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{NaClO}$ ,  $\text{CrCl}_3$ ,  $\text{HCl}_{\text{конц}}$ ,  $\text{HNO}_3_{\text{конц}}$ , крахмал,  $\text{KI}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{KNCS}$ .

Напишите уравнения соответствующих реакций в молекулярном и ионном виде.

#### Критерии оценивания.

1. Определение веществ:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  (в любом порядке) –  $\text{KI}$  – крахмал с азотной кислотой – по 2 балла
2. Уравнения реакций – по 1,5 балла за уравнение в молекулярном/ионном виде – итого 12 баллов

Возможны варианты.

### Задание 4, 20 баллов

В Вашем распоряжении имеются железоаммонийные квасцы, бромид калия и марганцевый купорос, а также неограниченный выбор оборудования (за исключением необходимого для проведения ядерных реакций). Предложите не менее 10 продуктов, которые можно получить в чистом виде в одну или несколько стадий, используя **только** вещества из данного набора. Приведите уравнения соответствующих реакций, кратко опишите способ выделения целевого вещества.

#### Критерии оценивания.

1. За каждое предложенное вещество, вместе с уравнением реакции и способом выделения – 2 балла. Отсутствие коэффициентов – штраф 0,5 балла, неверный метод синтеза или выделения – штрафы по 0,5 балла.

### Задание 5, 20 баллов

В шести пронумерованных пробирках без надписей находятся растворы следующих веществ: гидроксид стронция, сульфид калия, сульфит натрия, хлорид кальция, иодид калия, фторид натрия. Для определения содержимого пробирок были взяты: азотная кислота, раствор аммиака и реактив X. Известно, что реактив X используется в медицине для прижигания ран и удаления бородавок и содержит в своем составе благородный металл Э, азот и кислород. Массовые доли последних двух элементов в реактиве X равны 8,245% и 28,255%.

Задания:

1. Определите реактив X;
2. Используя другие пустые пробирки и вышеуказанные три реактива для идентификации, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения протекания реакций и укажите признаки их протекания.

#### Решение с разбалловкой:

Чтоб найти реактив X проведем расчеты соотношения индексов исходя из массовых долей (предварительно вычислив массовую долю металла):

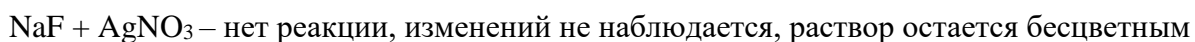
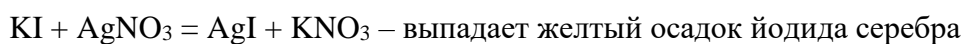
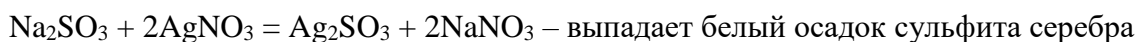
$$w(\text{Э}):w(\text{N}):w(\text{O}) = 63,500/\text{AЭ} : 8,245/14 : 28,255/16$$

$$w(\text{Э}):w(\text{N}):w(\text{O}) = 63,52/\text{AЭ} : 0,589 : 1,766 - \text{делим на наименьшее число получаем:}$$

$$w(\text{Э}):w(\text{N}):w(\text{O}) = 107,8/\text{AЭ} : 1 : 3, \text{ получаем } \text{ЭNO}_3;$$

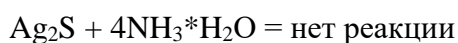
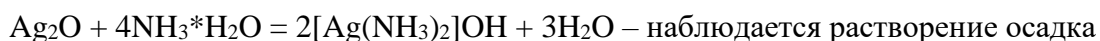
$n(\text{Э}) = 107,8/\text{AЭ}$ , так как по формуле элемент одновалентный ( $n=1$ ), то  $\text{AЭ} = 107,8$ , значит элемент – серебро. Таким образом получили, что вещество X –  $\text{AgNO}_3$ , тогда определение веществ будет происходить следующим образом:

1) Добавим  $\text{AgNO}_3$  во все пробирки, происходят следующие реакции:



Таким образом, мы точно определили  $\text{NaF}$  и  $\text{AgI}$ . Но еще есть 2 пробирки с черным осадком и 2 с белым.

2) В пробирки с черными осадками добавим раствор аммиака:



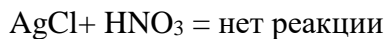
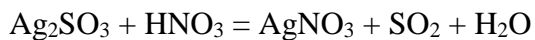
В случае сульфида серебра, осадок не растворяется ввиду низкого произведения



растворимости последнего.

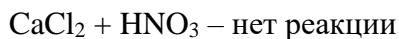
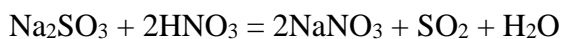
3) К белым осадкам добавим азотную кислоту.

В случае с сульфитом серебра наблюдается его растворение с образованием сернистого газа с резким запахом, а хлорид серебра не растворяется в азотной кислоте.



Другой вариант: можно разлить исходные растворы в другие пробирки с сохранением нумерации и к тем исходным растворам, где выпадали белые осадки налить азотную кислоту.

Также получим в одном случае выделение  $\text{SO}_2$ , а в другом не будет ничего происходить.



**Критерии оценивания:**

1. Правильное определение нитрата серебра с расчетами – 4 балла,
  2. Правильное определение каждого вещества – 2 балла ( $2 \cdot 4 = 8$  баллов),
- Правильное уравнение каждой реакции – 1 балл ( $1 \cdot 8 = 8$  баллов).

## 10 класс

### Задание 1, 20 баллов

Неизвестный неразветвленный углеводород (2 моль), не содержащий циклических фрагментов, реагируя с раствором брома в уксусной кислоте, образовывал 2 продукта (без учета энантиомеров) равной массы. Предложите возможную структуру углеводорода, если мольная доля продукта с большей молекулярной массой составляет 47,60%.

**Ответ:** углеводород - пент-1-ен (другие изомерные алкены не подойдут, т.к. там будут еще изомерные продукты)

### Решение

$$X \cdot M_x = Y \cdot M_y$$

$$X + Y = 2$$

$$Y / (X + Y) = 0.4760$$

$$X = 0.9521$$

$$Y = 1.0478$$

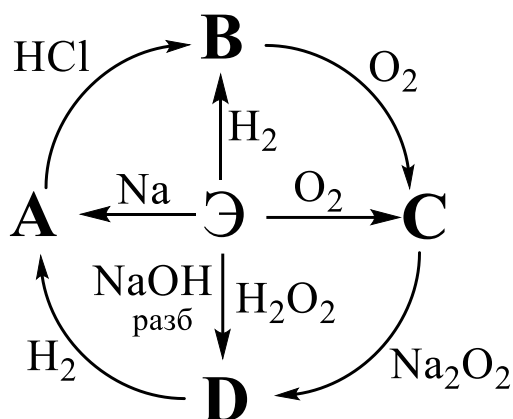
$$0.9521 \cdot (Z + 160) = 1.0475 \cdot (Z + 139)$$

$$Z = 55.97$$

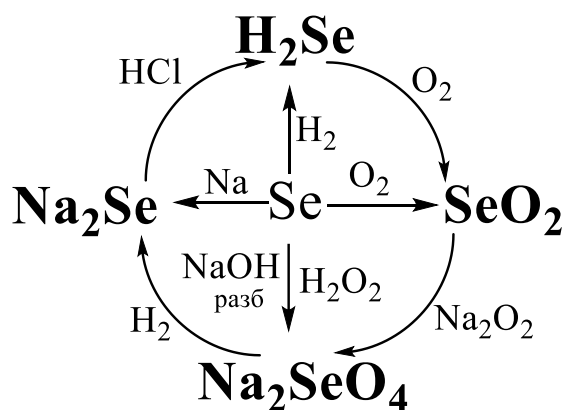
**Баллы:** Полное решение - 20 баллов, установлена брутто-формула  $C_5H_{10}$  – 10 баллов, правильно составлена система уравнений – 5 баллов

### Задание 2, 20 баллов

На схеме показаны превращения с участием элемента Э. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме соединений **A-D**, могут получаться и другие продукты). Элемент Э назван в честь спутника Земли. Идентифицируйте элемент Э и соединения **A-D**, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения.



**Решение с разбалловкой:**



Элемент Э – селен (4 балла).

Вещества **A**, **B**, **C**, **D** – см. схему, по 2 балла за каждое вещество (в сумме 8 баллов)

Написанные и уравненные реакции (всего 8 реакций) по 1 баллу за каждую реакцию (в сумме 8 баллов).

Использовано учебное пособие Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева «Химические свойства неорганических веществ», М. Химия, 1997.

### Задание 3, 20 баллов

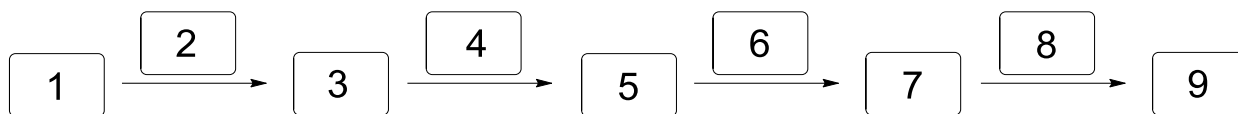
В Вашем распоряжении имеются хромокалиевые квасцы, валериановокислый натрий и никелевый купорос, а также неограниченный выбор оборудования (за исключением необходимого для проведения ядерных реакций). Предложите не менее 10 продуктов, которые можно получить в чистом виде в одну или несколько стадий, используя **только** вещества из данного набора. Приведите уравнения соответствующих реакций, кратко опишите способ выделения целевого вещества.

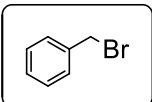
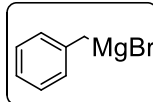
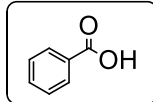
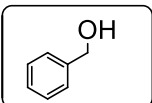
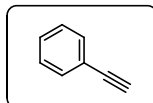
#### Критерии оценивания.

1. За каждое предложенное вещество, вместе с уравнением реакции и способом выделения – 2 балла. Отсутствие коэффициентов – штраф 0,5 балла, неверный метод синтеза или выделения – штрафы по 0,5 балла.

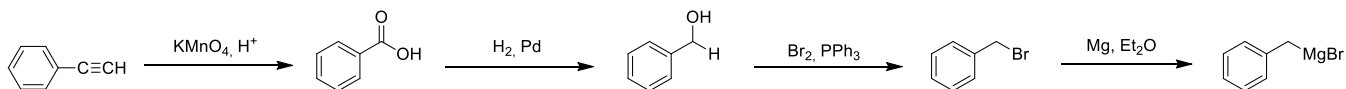
#### Задание 4, 20 баллов

Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую 4-х стадийную схему превращений, обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним. Ответ представьте в виде буквенной последовательности.



<b>A</b> - 	<b>E</b> - 	<b>I</b> - <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">KMnO<sub>4</sub>, H<sup>+</sup></span>
<b>B</b> - <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">H<sub>2</sub>, Pd</span>	<b>F</b> - <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Mg, Et<sub>2</sub>O</span>	
<b>C</b> - <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Br<sub>2</sub>, PPh<sub>3</sub></span>	<b>G</b> - 	<b>J</b> - <span style="border: 1px solid black; padding: 5px;">H<sub>2</sub>O, Hg<sup>2+</sup></span>
<b>D</b> - 	<b>H</b> - 	

РЕШЕНИЕ:



ОТВЕТ: **HIGBDCAFE** – 100%

За наличие в последовательности 3-х последовательно угаданных символа по 25% от максимального балла:

- HIG – 25%
- GBD – 25%
- DCA – 25%
- AFE – 25%

### Задание 5, 20 баллов

В шести пронумерованных пробирках без надписей находятся растворы следующих веществ: гидроксид бария, сульфид натрия, сульфит калия, хлорид бария, иодид натрия, ацетат калия. Для определения содержимого пробирок были взяты: азотная кислота (разб.) раствор едкого натрия и реактив X. Известно, что реактив X является токсичным для живых организмов и содержит в своем составе тяжелый металл Э, азот и кислород, массовые доли которых равны 62,559 %, 8,458% и 28,983%.

Задания:

1. Определите реактив X;
2. Используя другие пустые пробирки и вышеуказанные три реактива для идентификации, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения протекающих реакций и укажите признаки их протекания.

**Решение:**

Чтобы различить все галогенид-ионы, то нужно подобрать такой реактив X, чтоб какие-либо соли галогенидов были нерастворимые в воде (ни кислота, ни аммиак не подходят для этого). Из таблицы растворимости, вероятно подходят растворимые соли  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Ag^{+}$ .

Далее проведем расчеты соотношения индексов исходя из массовых долей:

$$w(Э):w(N):w(O) = 62,559/A_Э : 8,458/14 : 28,983/16$$

$$w(Э):w(N):w(O) = 62,559/A_Э : 0,604 : 1,811 - \text{делим на наименьшее число получаем:}$$

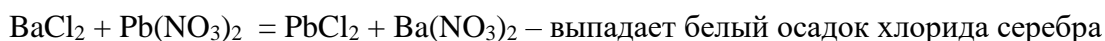
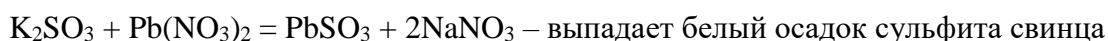
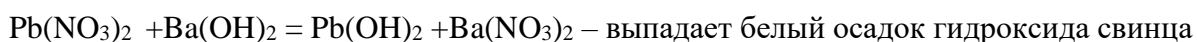
$$w(Э):w(N):w(O) = 103,57/A_Э : 1 : 3, \text{ получаем } ЭNO_3;$$

$n(Э) = 103,57/A_Э$ , при  $n=1$  в таблице не ни одна  $A(Э)$  не подходит, значит соотношение умножим на 2, подучится:

$$w(Э):w(N):w(O) = 207,14/A_Э : 2 : 6, \text{ получаем } ЭN_2O_6;$$

При  $n=1$   $A(Э) = 207,14$ , под элемент подходит свинец. Таким образом получили, что вещество X –  $Pb(NO_3)_2$ , тогда определение веществ будет происходить следующим образом:

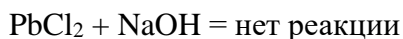
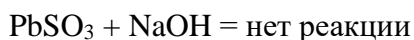
1) Добавим  $Pb(NO_3)_2$  во все пробирки, происходят следующие реакции:



$CH_3COOK + Pb(NO_3)_2$  – нет реакции, изменений не наблюдается, раствор остается бесцветным

Таким образом, мы точно определили  $\text{CH}_3\text{COOK}$ ,  $\text{NaI}$  и  $\text{Na}_2\text{S}$ . Но еще есть 3 пробирки с белыми осадками.

2) В пробирки с белыми осадками добавим раствор едкого натрия:



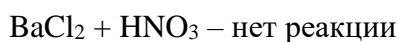
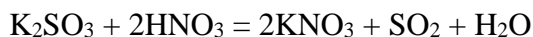
3) К оставшимся белым осадкам добавим азотную кислоту.

В случае с сульфитом свинца наблюдается его растворение с образованием сернистого газа с резким запахом, а хлорид свинца не растворяется в азотной кислоте.



Другой вариант: можно разлить исходные растворы в другие пробирки с сохранением нумерации и к тем исходным растворам, где выпадали белые осадки налить азотную кислоту.

Также получим в одном случае выделение  $\text{SO}_2$ , а в другом не будет ничего происходить.



#### **Критерии оценивания:**

1. Правильное определение нитрата свинца с расчетами – 4 балла
2. Правильное определение каждого вещества – 2 балла ( $2 \cdot 4 = 8$  баллов)
3. Правильное уравнение каждой реакции – 1 балл ( $1 \cdot 8 = 8$  баллов).

## 11 класс

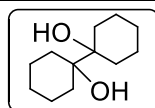
### Задание 1, 20 баллов

Из предложенного перечня реагентов и катализаторов составьте синтетическую 4-х стадийную схему превращений, обратите внимание, что один из реагентов или катализаторов является лишним. Ответ представьте в виде буквенной последовательности.



A -  $\text{Br}_2, h\nu$

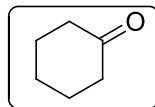
E -



I -  $\text{KMnO}_4, \text{H}^+$

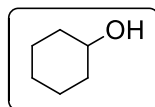
B -  $\text{KOH}, \text{H}_2\text{O}$

F -



C -  $\text{Ti}(0) / \text{Ti}(2+)$

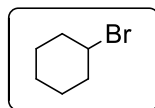
G -



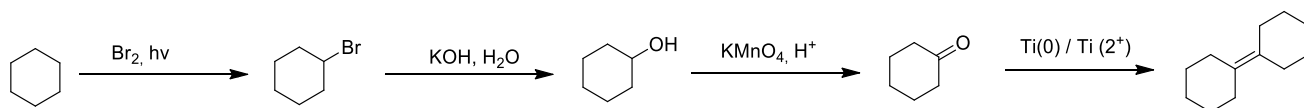
J -

D -

H -



РЕШЕНИЕ:



ОТВЕТ: **DAHGBIFCJ** – 100%

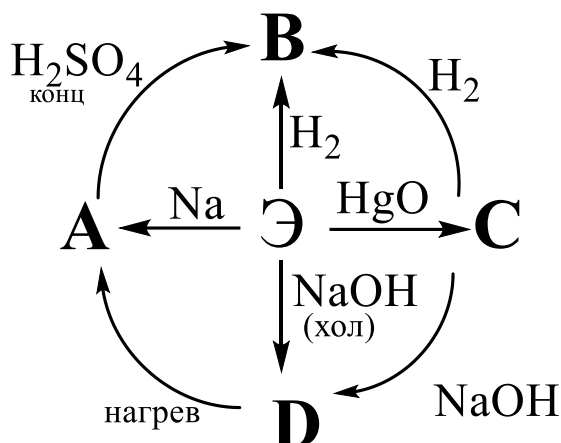
За наличие в последовательности 3-х последовательно угаданных символа по 25% от максимального балла:

- **DAH** – 25%
- **HBG** – 25%
- **GIF** – 25%
- **FCJ** – 25%

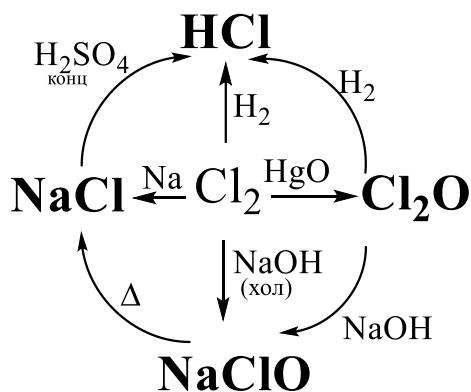


## Задание 2, 20 баллов

На схеме показаны превращения с участием простого вещества элемента Э. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме соединений **A-D**, могут получаться и другие продукты). Идентифицируйте элемент Э и соединения **A-D**, напишите уравнения протекающих реакций и укажите условия их проведения. Укажите лабораторные и промышленные способы получения простого вещества элемента Э, напишите уравнения протекающих реакций.



**Решение с разбалловкой:**



Элемент Э – хлор (4 балла).

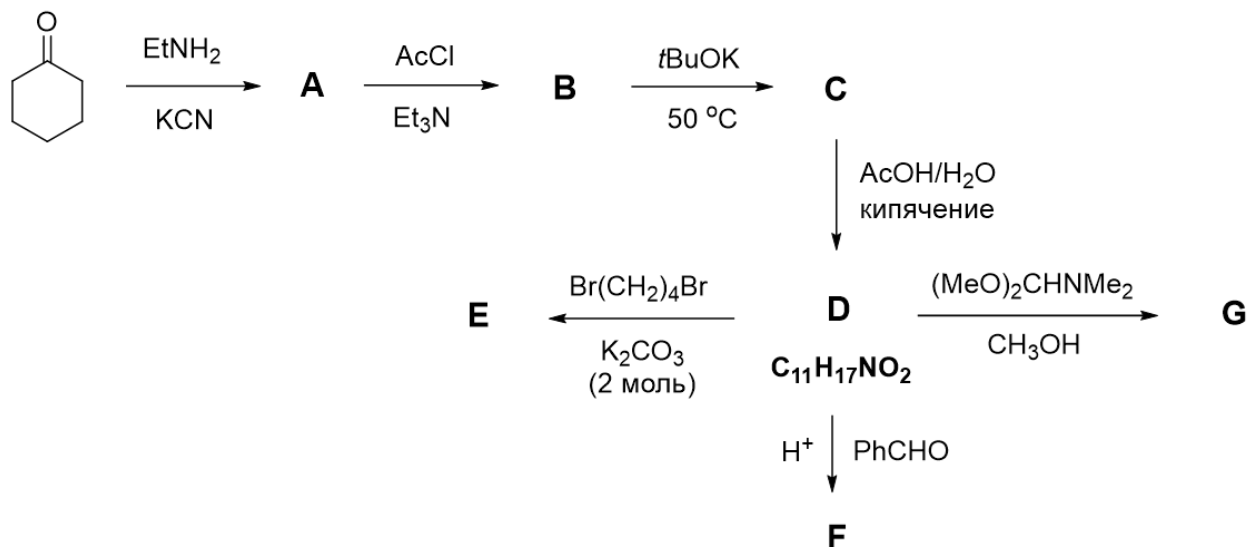
Вещества **A, B, C, D** – см. схему, по 2 балла за каждое вещество (в сумме 8 баллов)

Написанные и уравненные реакции (всего 8 реакций) по 1 баллу за каждую реакцию (в сумме 8 баллов).

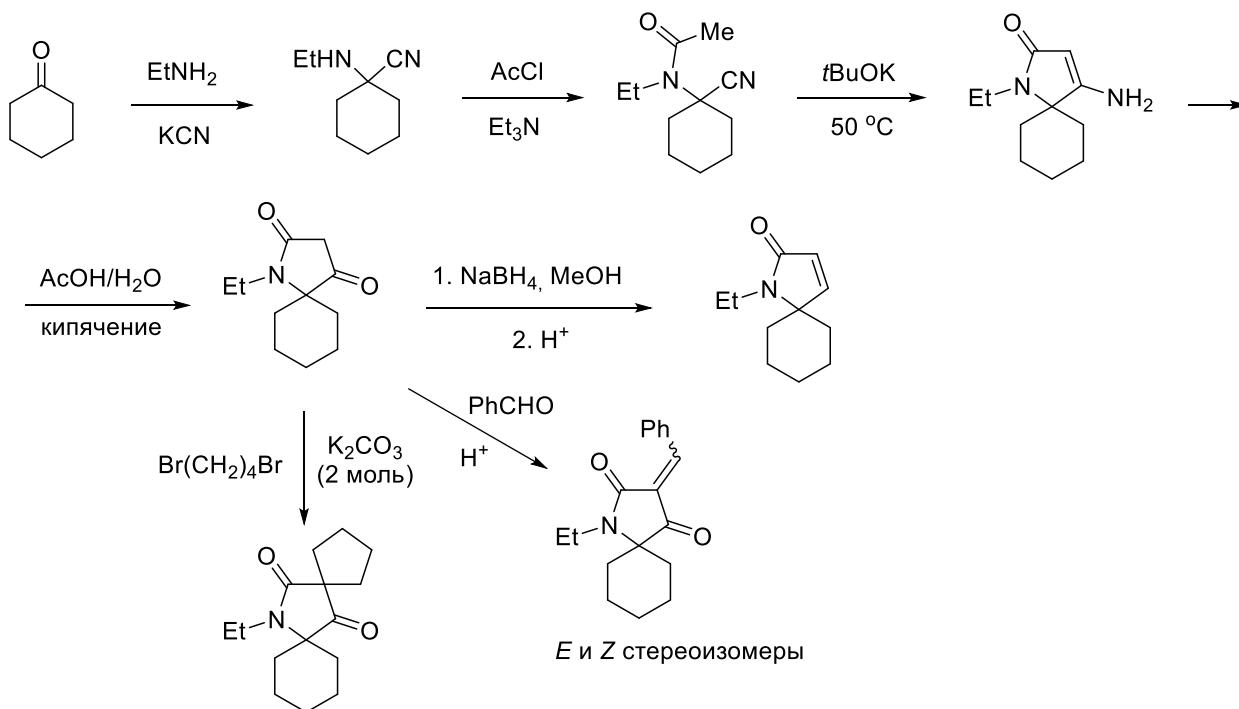
Использовано учебное пособие Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева «Химические свойства неорганических веществ», М. Химия, 1997.

### Задание 3, 20 баллов

Расшифруйте структуры соединений **A-G**. В виде каких изомеров может получаться соединение **F**?



**Решение:**



Правильно определенное вещество А – 2 балла, остальные – по 3 балла.

### Задание 4, 20 баллов

В шести пронумерованных пробирках без надписей находятся растворы следующих веществ: гидроксид бария, сульфид натрия, сульфит калия, хлорид бария, иодид натрия, ацетат калия. Для определения содержимого пробирок были взяты: азотная кислота (разб.) раствор едкого натрия и реактив X. Известно, что реактив X является токсичным для живых

организмов и содержит в своем составе тяжелый металл Э, азот и кислород, массовые доли которых равны 62,559 %, 8,458% и 28,983%.

Задания:

1. Определите реактив X;
2. Используя другие пустые пробирки и вышеуказанные три реактива для идентификации, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения протекающих реакций и укажите признаки их протекания.

**Решение:**

Чтобы различить все галогенид-ионы, то нужно подобрать такой реактив X, чтоб какие-либо соли галогенидов были нерастворимые в воде (ни кислота, ни аммиак не подходят для этого). Из таблицы растворимости, вероятно подходят растворимые соли  $Pb^{2+}$ ,  $Hg^{2+}$ ,  $Ag^{+}$ .

Далее проведем расчеты соотношения индексов исходя из массовых долей:

$$w(Э):w(N):w(O) = 62,559/A_{Э} : 8,458/14 : 28,983/16$$

$$w(Э):w(N):w(O) = 62,559/A_{Э} : 0,604 : 1,811 - \text{делим на наименьшее число получаем:}$$

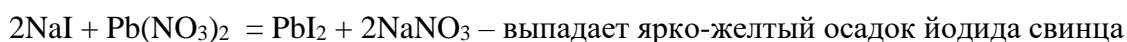
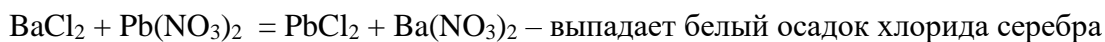
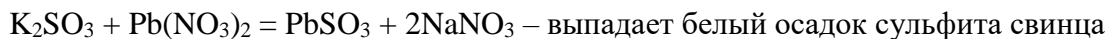
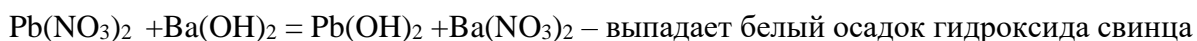
$$w(Э):w(N):w(O) = 103,57/A_{Э} : 1 : 3, \text{ получаем } ЭNO_3;$$

$n(Э) = 103,57/A_{Э}$ , при  $n=1$  в таблице не ни одна  $A(Э)$  не подходит, значит соотношение умножим на 2, получится:

$$w(Э):w(N):w(O) = 207,14/A_{Э} : 2 : 6, \text{ получаем } ЭN_2O_6;$$

При  $n=1$   $A(Э) = 207,14$ , под элемент подходит свинец. Таким образом получили, что вещество X –  $Pb(NO_3)_2$ , тогда определение веществ будет происходить следующим образом:

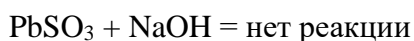
1) Добавим  $Pb(NO_3)_2$  во все пробирки, происходят следующие реакции:



$CH_3COOK + Pb(NO_3)_2$  – нет реакции, изменений не наблюдается, раствор остается бесцветным

Таким образом, мы точно определили  $CH_3COOK$ ,  $NaI$  и  $Na_2S$ . Но еще есть 3 пробирки с белыми осадками.

2) В пробирки с белыми осадками добавим раствор едкого натрия:



$\text{PbCl}_2 + \text{NaOH} = \text{нет реакции}$

3) К оставшимся белым осадкам добавим азотную кислоту.

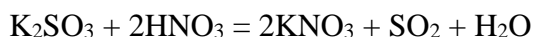
В случае с сульфитом свинца наблюдается его растворение с образованием сернистого газа с резким запахом, а хлорид свинца не растворяется в азотной кислоте.



$\text{PbCl}_2 = \text{нет реакции}$

Другой вариант: можно разлить исходные растворы в другие пробирки с сохранением нумерации и к тем исходным растворам, где выпадали белые осадки налить азотную кислоту.

Также получим в одном случае выделение  $\text{SO}_2$ , а в другом не будет ничего происходить.



$\text{BaCl}_2 + \text{HNO}_3 = \text{нет реакции}$

#### Критерии оценивания:

1. Правильное определение нитрата свинца с расчетами – 4 балла
2. Правильное определение каждого вещества – 2 балла ( $2 \cdot 4 = 8$  баллов)  
Правильное уравнение каждой реакции – 1 балл ( $1 \cdot 8 = 8$  баллов).

#### Задание 5, 20 баллов

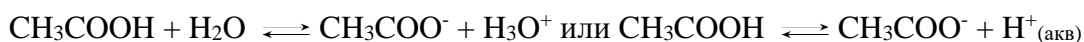
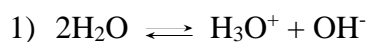
В химической промышленности и в природе химические превращения в водных растворах часто проходят при высокой температуре и давлении. В таких условиях, называемых гидротермальными, за счет высокого давления вода не закипает и раствор остается жидким. Значения констант диссоциации уксусной кислоты  $K_A$  и ионного произведения воды  $K_W$  при различных температурах и давлении 230 атм. приведены в таблице.

Температура, °C	Давление, атм.	$K_W$	$K_A$
25	230	$1,25 \cdot 10^{-14}$	$1,78 \cdot 10^{-5}$
100	230	$5,62 \cdot 10^{-13}$	$1,20 \cdot 10^{-5}$
200	230	$4,90 \cdot 10^{-12}$	$4,27 \cdot 10^{-6}$
275	230	$5,62 \cdot 10^{-12}$	$8,51 \cdot 10^{-7}$
300	230	$4,57 \cdot 10^{-12}$	$2,88 \cdot 10^{-7}$
350	230	$1,20 \cdot 10^{-12}$	$5,13 \cdot 10^{-8}$

Задания:

- 1) Напишите уравнения реакций автопротолиза воды и диссоциации уксусной кислоты.
- 2) Определите, экзо- или эндотермическими являются указанные реакции.
- 3) Рассчитайте концентрацию ионов водорода в дистиллированной воде и в сантиметомольном водном растворе уксусной кислоты при температурах 25<sup>0</sup>С и 200<sup>0</sup>С при давлении 230 атм.
- 4) Если водный раствор уксусной кислоты выдержать в течение длительного времени при температуре 200<sup>0</sup>С, то в растворе обнаружатся продукты разложения уксусной кислоты. Предложите продукты разложения уксусной кислоты, если известно, что уксусная кислота при высокой температуре подвергается декарбоксилированию и дегидратации. Напишите соответствующие химические реакции.

Решение с разбалловкой:



2) Значение константы автопротолиза воды увеличивается с увеличением температуры, что означает смещение равновесия в сторону продуктов ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ ) с увеличением температуры. Поэтому (по принципу Ле-Шателье) реакция автопротолиза воды является эндотермической.

Значение константы диссоциации уксусной кислоты уменьшается с увеличением температуры, что означает смещение равновесия в сторону реагентов (уксусная кислота) с увеличением температуры. Поэтому (по принципу Ле-Шателье) реакция диссоциации уксусной кислоты является экзотермической.



При 25<sup>0</sup>С в дистиллированной воде при давлении 230 атм  $[\text{H}^+] = 1,12 \cdot 10^{-7}$  моль/л

При 200<sup>0</sup>С в дистиллированной воде при давлении 230 атм  $[\text{H}^+] = 2,21 \cdot 10^{-6}$  моль/л

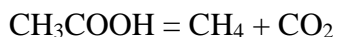
Т.к. значение константы диссоциации мало, то концентрацию ионов водорода водного раствора уксусной кислоты с начальной концентрацией  $C_0 = 0,01$  моль/л можно рассчитать по упрощенной формуле, исходя из закона разбавления Оствальда:

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_A \cdot C_0}$$

При 25<sup>0</sup>С в 0,01-молярном водном растворе уксусной кислоты при давлении 230 атм  $[\text{H}^+] = 4,22 \cdot 10^{-4}$  моль/л

При 200<sup>0</sup>С в 0,01-молярном водном растворе уксусной кислоты при давлении 230 атм  
[H<sup>+</sup>] = 2,07·10<sup>-4</sup> моль/л

4) При декарбоксилировании уксусной кислоты образуется метан и углекислый газ:



При дегидратации уксусной кислоты образуется кетен и вода:



Критерии оценивания:

- 1) Реакции автопротолиза воды и диссоциации уксусной кислоты – 2 реакции\*2 балла = 4 балла
  - 2) Правильное определение (с объяснением) знака теплового эффекта – 2 реакции\* 2 балла = 4 балла
  - 3) Расчет концентрации ионов водорода 4 значения \* 2 балла = 8 балла
  - 4) Реакции разложения уксусной кислоты 2 реакции\*2 балла = 4 балла
- Итого 20 баллов