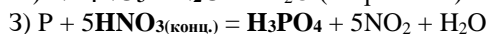
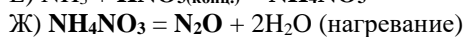
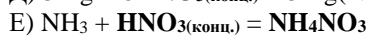
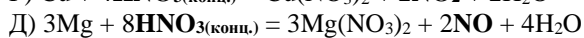
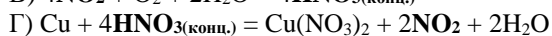
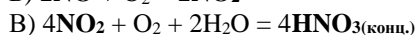
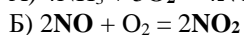
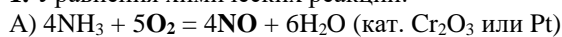


## 10 класс I вариант

### 1. Уравнения химических реакций:



#### Рекомендации к оцениванию:

1) Уравнения реакций по 0,5 балла

0,5·8 = 4 балла

2) Определение неизвестного вещества ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) 1 балл

= 1 балл

#### ИТОГО

**5 баллов**

### 2. Соответствия:

А	Б	В	Г	Д
3	4	7	4	8

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Правильное соответствие по 1 баллу

1·5 = 5 баллов

#### ИТОГО

**5 баллов**

**3.** Так как при указанных условиях из щелочных металлов с азотом реагирует только литий, то он является одним из компонентов смеси, тогда по изменению массы можно рассчитать количество вещества и массу лития в ней:  $n(\text{Li}_3\text{N}) = n(\text{N}) = 0,7/14 = 0,05$  моль,  $n(\text{Li}) = 0,05 \cdot 3 = 0,15$  моль,  $m(\text{Li}) = 0,15 \cdot 7 = 1,05$  г.

Так как второй металл не прореагирует с  $\text{N}_2$ , то в выделившейся смеси газов будет аммиак и водород. Количество и объем выделившегося аммиака:  $n(\text{NH}_3) = n(\text{Li}_3\text{N}) = 0,05$  моль,  $V(\text{NH}_3) = 0,05 \cdot 22,4 = 1,12$  л. Тогда объем и количество водорода:  $V(\text{H}_2) = 6,72 - 1,12 = 5,6$  л,  $n(\text{H}_2) = 5,6/22,4 = 0,25$  моль. Изменение массы раствора произошло из-за добавления к нему металлов и выделения газов, откуда можно посчитать массу металла X в исходной смеси:

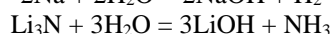
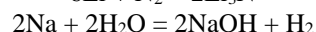
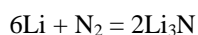
$$\Delta m(\text{p-ра}) = m(\text{X}) + m(\text{Li}) + \Delta m(\text{смеси}) - m(\text{H}_2) - m(\text{NH}_3);$$

$$m(\text{X}) = \Delta m(\text{p-ра}) - m(\text{Li}) - \Delta m(\text{смеси}) + m(\text{H}_2) + m(\text{NH}_3);$$

$$m(\text{X}) = 11,9 - 1,05 - 0,7 + 0,25 \cdot 2 + 0,05 \cdot 17 = 11,5 \text{ г, откуда можем посчитать молярную массу второго металла:}$$

$$n(\text{X}) = 2n(\text{H}_2) = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ моль, } M(\text{X}) = 11,5/0,5 = 23 \text{ г/моль. Итак, это натрий.}$$

Уравнения реакций:



#### Рекомендации к оцениванию:

1) Вывод о наличии лития 0,5 балла

= 0,5 балла

2) Масса лития 0,5 балла

= 0,5 балла

3) Масса второго металла 1,5 балла

= 1,5 балла

4) Определение второго металла 1 балл

= 1 балл

5) Уравнения реакций по 0,5 балла

0,5·3 = 1,5 балла

#### ИТОГО

**5 баллов**

**4.** Известно, что константа равновесия может быть представлена как отношение произведения концентраций продуктов реакции в степенях их стехиометрических коэффициентов к произведению концентраций исходных веществ в степенях их стехиометрических коэффициентов. При этом концентрации твердых веществ в выражение для константы равновесия не входят (условно принимаются равными единице).

А) Тогда для равновесия  $\text{PtS}_{(\text{тв.})} = \text{Pt}^{2+} + \text{S}^{2-}$

$$K = c(\text{Pt}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})$$

Б) Поскольку в этом растворе концентрации ионов равны молярной концентрации соли:

$$K = c^2$$

$$c = 1 \cdot 10^{-39} \text{ моль/л}$$

В) Тогда один ион платины, согласно расчёту, будет содержаться в объеме  $V = 1/(c \cdot N_A) =$

$$= 1 \cdot 10^{39} / (6 \cdot 10^{23}) = 1,67 \cdot 10^{15} \text{ л} = 1,67 \cdot 10^{12} \text{ м}^3 = 1670 \text{ км}^3$$

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Выражение для константы равновесия 2 балла

= 2 балла

2) Расчет концентрации 1,5 балла

= 1,5 балла

3) Расчет объема раствора 1,5 балла

= 1,5 балла

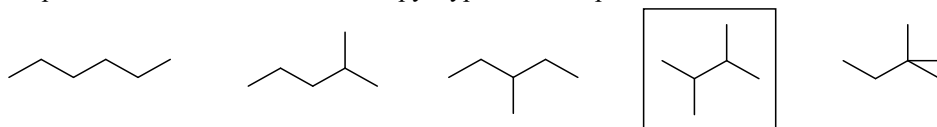
#### ИТОГО

**5 баллов**

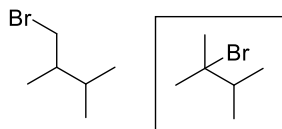
### 5. Найдём брутто-формулу углеводорода:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 83,72/12 : (100 - 83,72)/1 = 6,977 : 16,28 = 1 : 2,333.$$

Умножая полученные значения на 3, получаем простейшую формулу углеводорода – C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>, тогда истинная формула углеводорода – C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>. Гексан имеет 5 структурных изомеров:

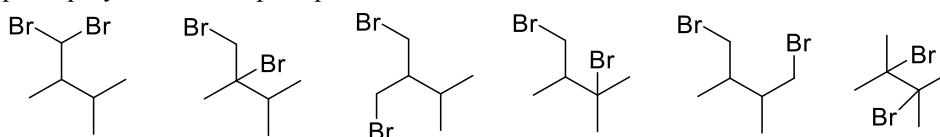


из которых только 2,3-диметилбутан имеет два типа химически неэквивалентных атомов водорода и, соответственно, может давать при радикальном бромировании только два монобромпроизводных:



Радикальное замещение водорода на бром протекает при третичном атоме углерода гораздо более легко, чем при первичном, основным продуктом бромирования будет 2-бром-2,3-диметилбутан.

Структуры образующихся дибромпроизводных:



**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Установление брутто-формулы 1 балл = 1 балл
- 2) Структура углеводорода 1 балл = 1 балла
- 3) Структура основного монобромида 1 балл = 1 балл
- 4) Структуры дибромидов (за 6-7 – 2 балла, за 4-5 – 1 балл, менее 4 – 0 баллов) = 2 балла

**ИТОГО**

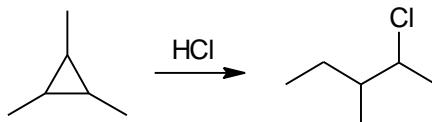
**5 баллов**

6. Пусть общая формула хлорпроизводного C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>Cl<sub>z</sub>, тогда массовая доля хлора в нем выражается отношением 35,5z/(12x + y + 35,5z). Предположим, что присоединилась только 1 молекула HCl, т.е. z = 1:

$$35,5/(12x + y + 35,5) = 0,2946$$

Решая это уравнение относительно y, получим, y = 85 – 12x. Химический смысл имеет единственное целочисленное решение x = 6, y = 13, т.е. формула Y – C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>Cl, X – C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>.

Исходя из возможных изомеров и того, что в составе X присутствуют только первичные и третичные атомы углерода в равном соотношении, а в результате взаимодействия с хлороводородом получается единственное производное, наиболее вероятным представляется вариант симметричного циклоалкана с малым размером цикла:



X – 1,2,3-триметилциклопропан, Y – 3-метил-2-хлорпентан

**Рекомендации к оцениванию:**

- 1) Выход на брутто-формулы 0,5 балла = 0,5 балла
- 2) Брутто-формулы по 0,5 балла 0,5·2 = 1 балл
- 3) Структурные формулы по 1 баллу 1·2 = 2 балла
- 4) Названия по 0,75 балла 0,75·2 = 1,5 балла

**ИТОГО**

**5 баллов**

**II вариант**

1. Уравнения химических реакций:

- А) 2H<sub>2</sub>S + 3O<sub>2</sub> = 2SO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O
- Б) 2SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2SO<sub>3</sub> (кат. V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> или Pt)
- В) SO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O = H<sub>2</sub>SO<sub>4(конт.)</sub>
- Г) Cu + 2H<sub>2</sub>SO<sub>4(конт.)</sub> = CuSO<sub>4</sub> + SO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O
- Д) 4Mg + 5H<sub>2</sub>SO<sub>4(конт.)</sub> = 4MgSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>S + 4H<sub>2</sub>O
- Е) H<sub>2</sub>S + FeCl<sub>2</sub> = FeS + 2HCl
- Ж) H<sub>2</sub>SO<sub>4(конт.)</sub> + 3H<sub>2</sub>S = 4S + 4H<sub>2</sub>O
- З) 2P + 5H<sub>2</sub>SO<sub>4(конт.)</sub> = 2H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> + 5SO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O

2. Соответствия:

А	Б	В	Г	Д
2	6	4	8	7

3. Так как при указанных условиях из щелочных металлов с азотом реагирует только литий, то он является одним из компонентов смеси, тогда по изменению массы можно рассчитать количество вещества и массу лития в ней:  $n(\text{Li}_3\text{N}) = n(\text{N}) = 1,4/14 = 0,1$  моль,  $n(\text{Li}) = 0,1 \cdot 3 = 0,3$  моль,  $m(\text{Li}) = 0,3 \cdot 7 = 2,1$  г.

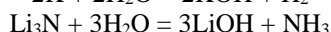
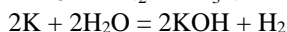
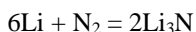
Так как второй металл не прореагирует с  $\text{N}_2$ , то в выделившейся смеси газов будет аммиак и водород. Количество и объем выделившегося аммиака:  $n(\text{NH}_3) = n(\text{Li}_3\text{N}) = 0,1$  моль,  $V(\text{NH}_3) = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24$  л. Тогда объем и количество вещества водорода:  $V(\text{H}_2) = 6,72 - 2,24 = 4,48$  л,  $n(\text{H}_2) = 4,48/22,4 = 0,2$  моль. Изменение массы раствора произошло из-за добавления к нему металлов и выделения газов, откуда можно посчитать массу металла X в исходной смеси:

$$\Delta m(\text{p-ра}) = m(\text{X}) + m(\text{Li}) + \Delta m(\text{смеси}) - m(\text{H}_2) - m(\text{NH}_3);$$

$$m(\text{X}) = \Delta m(\text{p-ра}) - m(\text{Li}) - \Delta m(\text{смеси}) + m(\text{H}_2) + m(\text{NH}_3);$$

$m(\text{X}) = 17,0 - 2,1 - 1,4 + 0,2 \cdot 2 + 0,1 \cdot 17 = 15,6$  г, откуда можем посчитать молярную массу второго металла:  $n(\text{X}) = 2n(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4$  моль,  $M(\text{X}) = 15,6/0,4 = 39$  г/моль. Итак, это калий.

Уравнения реакций:



4. Известно, что константа равновесия может быть представлена как отношение произведения концентраций продуктов реакции в степенях их стехиометрических коэффициентов к произведению концентраций исходных веществ в степенях их стехиометрических коэффициентов. При этом концентрации твердых веществ в выражение для константы равновесия не входят (условно принимаются равными единице).

А) Тогда для равновесия  $\text{HgS}_{(\text{тв.})} = \text{Hg}^{2+} + \text{S}^{2-}$

$$K = c(\text{Hg}^{2+}) \cdot c(\text{S}^{2-})$$

Б) Поскольку в этом растворе концентрации ионов равны молярной концентрации соли:

$$K = c^2$$

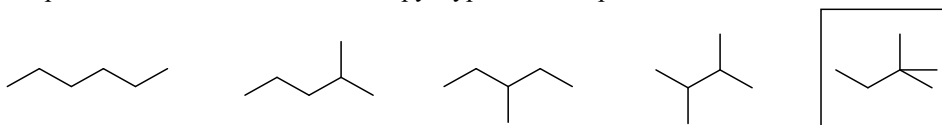
$$c = 6,3 \cdot 10^{-27} \text{ моль/л}$$

В) Тогда один ион ртути, согласно расчёту, будет содержаться в объеме  $V = 1/(c \cdot N_A) = 6,3 \cdot 10^{27} / (6 \cdot 10^{23}) = 1,05 \cdot 10^4$  л = 10500 л.

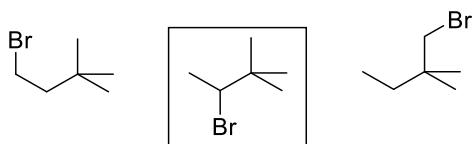
5. Найдём брутто-формулу углеводорода:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) = 83,72/12 : (100 - 83,72)/1 = 6,977 : 16,28 = 1 : 2,333.$$

Умножая полученные значения на 3, получаем простейшую формулу углеводорода –  $\text{C}_3\text{H}_7$ , тогда истинная формула углеводорода –  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . Гексан имеет 5 структурных изомеров:

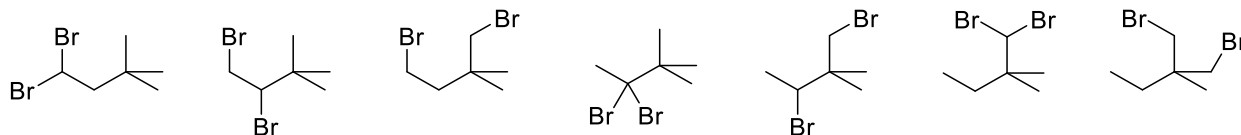


из которых только 2,2-диметилбутан является разветвлённым, имеющим три типа химически неэквивалентных атомов водорода, и, соответственно, может давать при радикальном бромировании только три монобромпроизводных:



Радикальное замещение водорода на бром протекает при вторичном атоме углерода гораздо более легко, чем при первичном, основным продуктом бромирования будет 3-бром-2,2-диметилбутан.

Структуры образующихся дибромпроизводных:

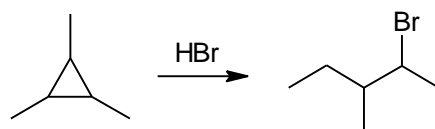


6. Пусть общая формула бромпроизводного  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Br}_z$ , тогда массовая доля брома в нем выражается отношением  $80z/(12x + y + 80z)$ . Предположим, что присоединилась только 1 молекула  $\text{HBr}$ , т.е.  $z = 1$ :

$$80/(12x + y + 80) = 0,4848$$

Решая это уравнение относительно  $y$ , получим,  $y = 85 - 12x$ . Химический смысл имеет единственное целочисленное решение  $x = 6$ ,  $y = 13$ , т.е. формула  $\text{Y} - \text{C}_6\text{H}_{13}\text{Br}$ ,  $\text{X} - \text{C}_6\text{H}_{12}$ .

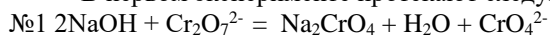
Исходя из возможных изомеров и того, что в составе  $\text{X}$  присутствуют только первичные и третичные атомы углерода в равном соотношении, а в результате взаимодействия с бромоводородом получается единственное производное, наиболее вероятным представляется вариант симметричного циклоалкана с малым размером цикла:



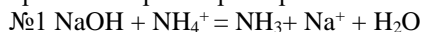
**X** – 1,2,3-триметилциклопропан, **Y** – 2-бром-3-метилпентан

## 10 класс I вариант

В первом эксперименте протекают следующие реакции:

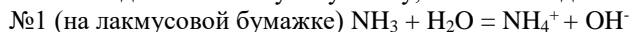


оранжевый раствор бихромата становится жёлтым из-за перехода в хромат



выделяется аммиак, имеющий резкий запах нашатырного спирта

Химик поднёс смоченную бумажку, так как в воде аммиак претерпевает реакцию

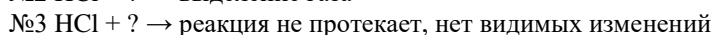
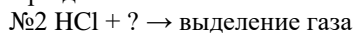


pH возрастает и лакмусовая бумажка окрашивается в синий цвет.

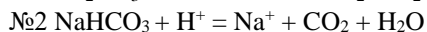
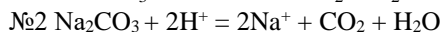
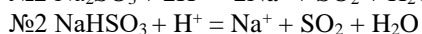
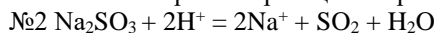
Таким образом, в пробирке **№1** –  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ .

Из последнего эксперимента можно сделать вывод о наличии  $\text{Na}^+$  в пробирке **№2** – этот катион окрашивает пламя горелки в яркий жёлтый цвет.

При добавлении соляной кислоты протекают следующие процессы:



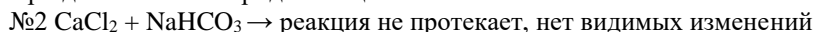
Возможные варианты реакций в пробирке **№2**:



$\text{SO}_2$  имеет запах, но если проводить реакцию с соляной кислотой (которая сама имеет сильный запах), его очень трудно почувствовать. С нелетучей серной кислотой различить карбонаты и сульфиты намного проще.

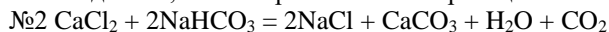
Раз запаха  $\text{SO}_2$  в эксперименте с серной кислотой не наблюдалось, значит, был взят карбонат или гидрокарбонат.

При добавлении хлорида кальция:



Осадок не выпадает, так как гидрокарбонат кальция относительно хорошо растворим.

Впоследствии, может протекать такая реакция:

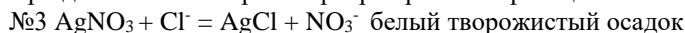


с выпадением белого осадка карбоната кальция, но идёт она гораздо медленнее, чем, если бы в пробирке был карбонат натрия.

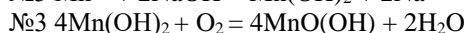
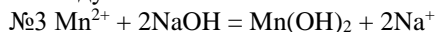
Таким образом, в пробирке **№2** –  $\text{NaHCO}_3$ .

Перейдём к пробирке **№3**.

При добавлении нитрата серебра протекает реакция:



При добавлении же щёлочи выпадает розово-бурый осадок гидроксида марганца (II), очень быстро бурящийся на воздухе:



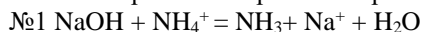
(один из вариантов, принимаются также другие формы гидроксидов  $\text{Mn(III)}$ ,  $\text{Mn(IV)}$  или  $\text{MnO}_2$ )

Тиоцианат калия добавили, чтобы убедиться, что в растворе нет катиона  $\text{Fe}^{3+}$ , который также даёт бурый осадок со щёлочью. Если бы он присутствовал, появилось бы кроваво-красное окрашивание, но такого не наблюдалось.

Таким образом, в пробирке **№3** –  $\text{MnCl}_2$ .

## II вариант

В первом эксперименте протекают следующие реакции:

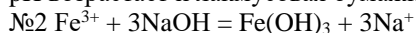


выделяется аммиак, имеющий резкий запах нашатырного спирта

Химик поднёс смоченную бумажку, так как в воде аммиак претерпевает реакцию

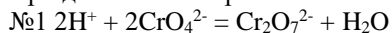


pH возрастает и лакмусовая бумажка окрашивается в синий цвет.



бурый осадок

При добавлении серной кислоты к пробе, отобранной из пробирки **№1**:



жёлтый раствор хромата становится оранжевым из-за перехода в бихромат

Таким образом, в пробирке **№1** –  $(\text{NH}_4)_2\text{CrO}_4$ .

Из последнего эксперимента можно сделать вывод о наличии  $\text{Na}^+$  в пробирке **№3** – этот катион окрашивает пламя горелки в яркий жёлтый цвет.

При добавлении серной кислоты к пробе из пробирки № 3 происходит реакция:

№3  $\text{H}_2\text{SO}_4 + ? \rightarrow$  выделение газа

Возможные варианты реакции в пробирке №3:

№3  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

№3  $\text{NaHSO}_3 + \text{H}^+ = \text{Na}^+ + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

№3  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{H}^+ = 2\text{Na}^+ + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

№3  $\text{NaHCO}_3 + \text{H}^+ = \text{Na}^+ + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$\text{SO}_2$  имеет запах, но если проводить реакцию с концентрированной уксусной кислотой (которая сама имеет сильный запах), его очень трудно почувствовать. С нелетучей серной кислотой различить карбонаты и сульфиты намного проще.

Раз запах в эксперименте с серной кислотой наблюдался, значит, был взят сульфит или гидросульфит.

При добавлении хлорида кальция:

№3  $\text{CaCl}_2 + \text{NaHSO}_3 \rightarrow$  реакция не протекает, нет видимых изменений

Осадок не выпадает, так как гидросульфит кальция относительно хорошо растворим.

Впоследствии, может протекать такая реакция:

№3  $\text{CaCl}_2 + 2\text{NaHSO}_3 = 2\text{NaCl} + \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$

с выпадением белого осадка сульфита кальция, но идёт она гораздо медленнее, чем, если бы в пробирке был сульфит натрия.

Таким образом, в пробирке №3 – **NaHSO<sub>3</sub>**.

Вернёмся к пробирке №2.

Чтобы убедиться в присутствии железа (III) добавили тиоцианат калия:

$\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3$  (или комплексный анион  $[\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-}$ )

крово-красное окрашивание раствора

При добавлении нитрата серебра протекает реакция:

№2  $\text{AgNO}_3 + \text{Br}^- = \text{AgBr} + \text{NO}_3^-$

выпадает лимонно-жёлтый творожистый осадок

В жёлтом растворе трудно определить желтизну осадка, но другие типичные жёлтые осадки с серебром (иодид, ортофосфат) невозможны в данном случае (из-за наличия в растворе  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{FePO}_4$  – малорастворим,  $\text{FeI}_3$  – крайне нестабилен).

Таким образом, в пробирке №2 – **FeBr<sub>3</sub>**.