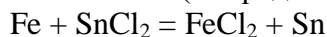


## 10 класс

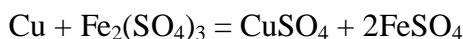
### I вариант

#### № 1

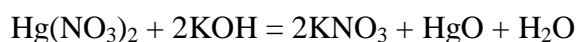
1) Погружение железной пластинки в раствор хлорида олова (II) ведет к типичной реакции замещения – железо способно вытеснить олово (см. ряд активности металлов):



2) Медь не может вытеснять железо из растворов его солей (см. ряд активности металлов), но ион железа в данном случае имеет заряд +3, что позволяет ему выступать в роли окислителя меди:



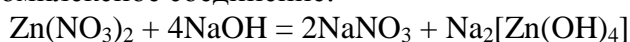
3) Взаимодействие растворов нитрата ртути (II) и гидроксида калия, очевидно, процесс не окислительно-восстановительный. Судя по таблице растворимости, гидроксид ртути (II) не существует. Единственное соединение с той же степенью окисления ртути, которое может образоваться, – оксид:



4) Взаимодействие хлорида меди (II) с иодидом калия – окислительно-восстановительный процесс:  $\text{Cu}^{2+}$  – окислитель,  $\text{I}^-$  – восстановитель (поэтому соединение  $\text{CuI}_2$  не существует):



5) Добавление по каплям раствора нитрата цинка к раствору гидроксида натрия указывает на избыток щелочи. Соединения цинка являются амфотерными, следовательно, в растворе будет образовываться комплексное соединение:



#### Рекомендации к оцениванию:

1) За каждое уравнение реакции по 1 баллу

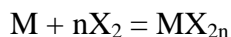
1·5 = 5 баллов

**ИТОГО**

**5 баллов**

#### № 2

Уравнение реакции:



Уравнение реакции электролиза:



Количество вещества галогена, полученного при электролизе (оно же – количество вещества галогена, вступившего в реакцию с металлом) составляет:

$$n = 9830/96500 \cdot 2 = 0,0507 \text{ моль}$$

( $z$  в данном случае равно 2, так как одна молекула галогена образуется из двух галогенид-ионов).

Молярная масса  $\text{X}_2$ :  $M = 8,14/0,0509 = 159,1$  г/моль, т.е. неизвестный галоген – **бром**.

Аналогичным образом ведем расчет молярной массы металла. Количество вещества металла, полученное при электролизе (оно же – количество вещества металла, вступившего в реакцию с галогеном) составляет  $n = 9830/96500z$  моль, а его молярная масса  $M = 3,0 \cdot 96500z/9830 = 29,45z$ , где  $z$  – валентность металла в галогениде.

$z$	$M$ , г/моль	металл
1	29,45	–
<b>2</b>	<b>58,9</b>	<b>Co</b>
3	88,35	–
4	117,8	–
5	147,25	–
6	176,7	–
7	206,15	–
8	235,6	–

Неизвестный металл – **кобальт**.

Уравнение реакции электролиза расплава:  $\text{CoBr}_2 = \text{Co} + \text{Br}_2$ .

**Рекомендации к оцениванию:**

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| 1) Определение галогена          | 2 балла |
| 2) Определение металла           | 2 балла |
| 3) Уравнение реакции электролиза | 1 балл  |

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 3

Глинозем –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; каустическая сода –  $\text{NaOH}$ ; нашатырь –  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; купоросное масло –  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .  
Уравнения реакций:

- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  (сплавление)
- $\text{NaAlO}_2 + \text{NH}_4\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3 + \text{NaCl}$   
(или  $2\text{NaAlO}_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} + (n-1)\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 + 2\text{NaCl}$ )
- $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NH}_4\text{HSO}_4$
- $\text{NH}_4\text{HSO}_4 = \text{NH}_3 + \text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (прокаливание)  
(или  $\text{NH}_4\text{HSO}_4 = \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ )

**Рекомендации к оцениванию:**

- |                                     |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|
| 1) Формулы соединений по 0,75 балла | $0,75 \cdot 4 = 3$ балла |
| 2) Уравнения реакции по 0,5 балла   | $0,5 \cdot 4 = 2$ балла  |

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 4

А)  $\text{NH}_3$  и  $\text{PH}_3$

Б) Не одинаковы. Скорость реакции зависит от концентрации, выраженной количеством вещества в единице объема (чаще всего моль/л). Количество вещества образующегося аммиака ( $20/17 = 1,18$  моль) в два раза больше, чем фосфина ( $20/34 = 0,59$  моль), поэтому скорость реакции образования аммиака в два раза выше.

В) Моль/(л·с) (другие варианты размерности, в которых моль делится на единицу измерения объема ( $\text{м}^3$ ,  $\text{дм}^3$  и пр.) и на единицу измерения времени (мин, час и пр.) также являются верными).

Г) Согласно правилу Вант-Гоффа, при повышении температуры на 10 градусов Цельсия скорость реакции возрастает в 2–4 раза, что математически выражается формулой:

$$V_{T_2}/V_{T_1} = (\gamma)^{(T_2-T_1)/10}$$

где  $T_2$  и  $T_1$  – температуры, при которых измеряется скорость реакции,  $V_{T_2}$  и  $V_{T_1}$  – скорости реакций при соответствующих температурах,  $\gamma$  – температурный коэффициент скорости,  $(T_2-T_1)/10$  – показатель степени, в которую возводится  $\gamma$ , т.е. для условия задачи  $V_{T_2}/V_{T_1} = (2)^4$ . Скорость реакции **увеличится в 16 раз**.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1) Формулы веществ по 0,5 балла            | $0,5 \cdot 2 = 1$ балл |
| 2) Правильный ответ на вопрос Б            | 1 балл                 |
| 3) Объяснение при ответе на вопрос Б       | 1 балл                 |
| 4) Размерность скорости                    | 0,5 балла              |
| 5) Влияние температуры, качественный ответ | 0,5 балла              |
| 6) Количественное увеличение скорости      | 1 балл                 |

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 5

1) Общая формула предельного углеводорода –  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ . Тогда формулы моно- и дибромпроизводных:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Br}$  и  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{Br}_2$  соответственно. Массовые доли галогена в них:

$$\omega_1(\text{Br}) = \frac{80}{14n+81} \cdot 100\%$$

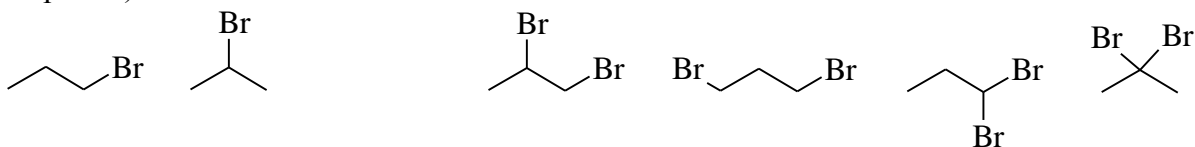
$$\omega_2(\text{Br}) = \frac{160}{14n+160} \cdot 100\%$$

По условию в дибромпроизводном массовая доля брома в 1,218 раза больше, следовательно, можно составить уравнение:

$$\frac{160 \cdot (14n + 81)}{(14n + 160) \cdot 80} = 1,218$$

решая которое, получим, что  $n = 3$ , т.е. неизвестный углеводород – пропан  $C_3H_8$ .

2) У пропана 2 моно- и 4 дибромпроизводных (основной продукт монобромирования – 2-бромпропан):



3) В пропане два типа неэквивалентных атомов водорода: 6 из них принадлежат двум первичным атомам углерода, а 2 других – вторичному. В условиях повышения температуры и активности галогена селективность снижается, и будет действовать статистический фактор. При повышенной температуре радикальное хлорирование пропана приведет к образованию преимущественно 1-хлорпропана.

**Рекомендации к оцениванию:**

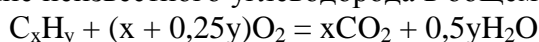
- |  |                       |
|--|-----------------------|
| 1) Молекулярная формула углеводорода                         | 1,5 балла             |
| 2) Число моно- и дибромпроизводных по 1 баллу                | $1 \cdot 2 = 2$ балла |
| 3) Основной продукт монобромирования                         | 0,5 балла             |
| 4) Основной продукт монохлорирования (только с обоснованием) | 1 балл                |

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 6

Запишем уравнение сгорания неизвестного углеводорода в общем виде:



Учитывая, что количество вещества кислорода в 4,5 раза больше количества вещества углеводорода (900/200), получаем уравнение с двумя неизвестными:

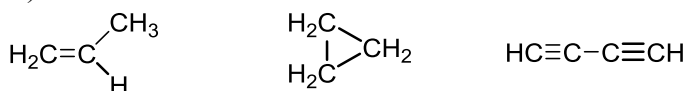
$$n(O_2)/n(C_xH_y) = (x + 0,25y)/1 = 4,5$$

Откуда  $y = (4,5 - x) \cdot 4$

Далее перебирая целочисленные значения  $x$  (число атом углерода в молекуле), найдём соответствующие значения  $y$  (число атом водорода в молекуле):

$x = 1$	$y = 14$	$CH_{14}$ (не имеет химического смысла)
$x = 2$	$y = 10$	$C_2H_{10}$ (не имеет химического смысла)
$x = 3$	$y = 6$	$C_3H_6$
$x = 4$	$y = 2$	$C_4H_2$

Таким образом, неизвестный углеводород может иметь брутто-формулу  $C_3H_6$  или  $C_4H_2$ . Составу  $C_3H_6$  отвечает общая формула  $C_nH_{2n}$ , т.е. углеводород может иметь либо 1 двойную связь, либо это циклоалкан. Составу  $C_4H_2$  отвечает общая формула  $C_nH_{2n-8}$ . В этом случае, несмотря на кажущееся многообразие возможных структур, единственным разумным вариантом с химической точки зрения является наличие в углеводороде 2 тройных связей. Тогда три возможные структурные формулы неизвестного углеводорода (пропен, циклопропан, бутадиин):



**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |                       |
|---|-----------------------|
| 1) За выход на брутто-формулы $C_3H_6$ и $C_4H_2$ , в том числе подбором по 1 баллу | $1 \cdot 2 = 2$ балла |
| 2) Структурные формулы по 1 баллу   | $1 \cdot 3 = 3$ балла |

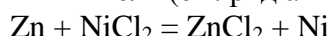
**ИТОГО**

**5 баллов**

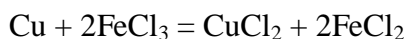
## II вариант

### № 1

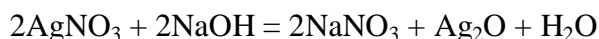
1) Погружение цинковой пластинки в раствор хлорида никеля (II) ведет к типичной реакции замещения – цинк способен вытеснить никель (см. ряд активности металлов):



2) Медь не может вытеснить железо из растворов его солей (см. ряд активности металлов), но ион железа в данном случае имеет заряд +3, что позволяет ему выступать в роли окислителя меди:



3) Взаимодействие растворов нитрата серебра и гидроксида натрия, очевидно, процесс не окислительно-восстановительный. Судя по таблице растворимости, гидроксид серебра не существует. Единственное соединение с той же степенью окисления серебра, которое может образоваться – оксид:



4) Взаимодействие хлорида меди (II) с иодидом калия – окислительно-восстановительный процесс:  $\text{Cu}^{2+}$  – окислитель,  $\text{I}^-$  – восстановитель (поэтому соединение  $\text{CuI}_2$  не существует):



5) Добавление по каплям раствора хлорида алюминия к раствору гидроксида калия указывает на избыток щелочи. Соединения алюминия являются амфотерными, следовательно, в растворе будет образовываться комплексное соединение:



#### Рекомендации к оцениванию:

1) За каждое уравнение реакции по 1 баллу

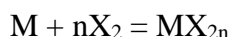
1·5 = 5 баллов

**ИТОГО**

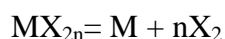
**5 баллов**

### № 2

Уравнение реакции:



Уравнение реакции электролиза:



Количество вещества галогена, полученного при электролизе (оно же – количество вещества галогена, вступившего в реакцию с металлом) составляет:

$$n = 3726/96500 \cdot 2 = 0,0193 \text{ моль}$$

( $z$  в данном случае равно 2, так как одна молекула галогена образуется из двух галогенид-ионов).

Молярная масса галогена  $\text{X}_2$ :  $M = 4,9/0,0193 = 253,9$  г/моль, т.е. неизвестный галоген – **иод**.

Аналогичным образом ведем расчет молярной массы металла. Количество вещества металла, полученное при электролизе (оно же – количество вещества металла, вступившего в реакцию с галогеном) составляет  $n = 9800/96500z$  (моль), а его молярная масса  $M = 4,0 \cdot 96500z/3726 = 103,6z$ , где  $z$  – валентность металла в галогениде.

При  $z = 2$ ,  $M = 103,6 \cdot 2 = 207,2$  г/моль, т.е. неизвестный металл – **свинец**.

Уравнение реакции электролиза расплава:  $\text{PbI}_2 = \text{Pb} + \text{I}_2$

#### Рекомендации к оцениванию:

1) Определение галогена

2 балла

2) Определение металла

2 балла

3) Уравнение реакции электролиза

1 балл

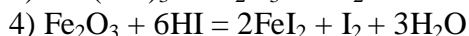
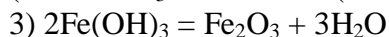
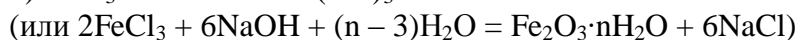
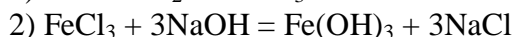
**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 3

Метеоритный металл – Fe; жёлто-зелёный газ – Cl<sub>2</sub>; каустическая сода – NaOH; гематит – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Уравнения реакций:



**Рекомендации к оцениванию:**

1) Формулы соединений по 0,75 балла

0,75·4 = 3 балла

2) Уравнения реакции по 0,5 балла

0,5·4 = 2 балла

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 4

А) NH<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>S

Б) Скорость реакции зависит от концентрации, выраженной количеством вещества в единице объема (чаще всего моль/л). Количество вещества образующегося аммиака ( $6,8/17 = 0,4$  моль) в два раза больше, чем сероводорода ( $6,8/34 = 0,2$  моль), поэтому скорость реакции образования аммиака в два раза выше.

В) Моль/(л·с) (другие варианты размерности, в которых моль делится на единицу измерения объёма (м<sup>3</sup>, дм<sup>3</sup> и пр.) и на единицу измерения времени (мин, час и пр.) также являются верными).

Г) Согласно правилу Вант-Гоффа, при повышении температуры на 10 градусов Цельсия скорость реакции возрастает в 2–4 раза, что математически выражается формулой:

$$V_{T_2}/V_{T_1} = (\gamma)^{(T_2-T_1)/10}$$

где T<sub>2</sub> и T<sub>1</sub> – температуры, при которых измеряется скорость реакции, V<sub>T<sub>2</sub></sub> и V<sub>T<sub>1</sub></sub> – скорости реакций при соответствующих температурах, γ – температурный коэффициент скорости, (T<sub>2</sub>–T<sub>1</sub>)/10 – показатель степени, в которую возводится γ, т.е. для условия задачи V<sub>T<sub>2</sub></sub>/V<sub>T<sub>1</sub></sub> = (2)<sup>3</sup>. Скорость реакции **увеличится в 8 раз**.

**Рекомендации к оцениванию:**

1) Формулы веществ по 0,5 балла

0,5·2 = 1 балл

2) Правильный ответ на вопрос Б

1 балл

3) Объяснение при ответе на вопрос Б

1 балл

4) Размерность скорости

0,5 балла

5) Влияние температуры, качественный ответ

0,5 балла

6) Количественное увеличение скорости

1 балл

**ИТОГО**

**5 баллов**

### № 5

1) Общая формула предельного углеводорода – C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>. Тогда формулы моно- и дибромпроизводных: C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>Br и C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>Br<sub>2</sub> соответственно. Массовые доли галогена в них:

$$\omega_1(\text{Br}) = \frac{80}{14n + 81} \cdot 100\%$$

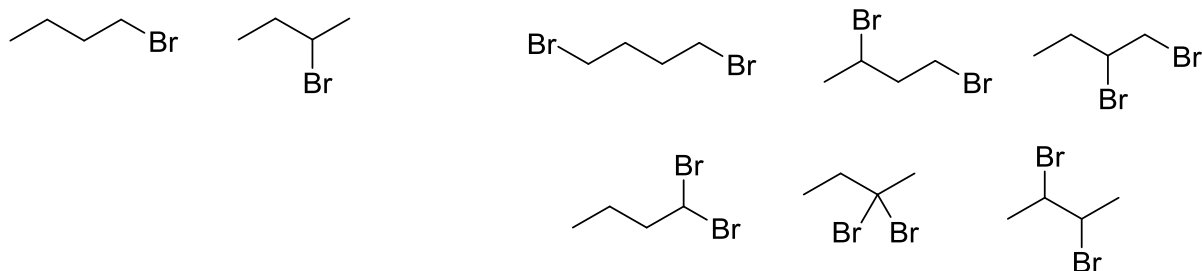
$$\omega_2(\text{Br}) = \frac{160}{14n + 160} \cdot 100\%$$

По условию в дибромпроизводном массовая доля брома в 1,269 раза больше, следовательно, можно составить уравнение:

$$\frac{160 \cdot (14n + 81)}{(14n + 160) \cdot 80} = 1,269$$

решая которое, получим, что n = 4, т.е. неизвестный углеводород – n-бутан C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>.

2) У бутана 2 моно- и 6 дибромпроизводных (основной продукт монобромирования – 2-бромбутан):



3) В бутане два типа неэквивалентных атомов водорода: 6 из них принадлежат двум первичным атомам углерода, а 4 других – вторичным. В условиях повышения температуры и активности галогена селективность снижается, и будет действовать статистический фактор. При повышенной температуре радикальное хлорирование бутана приведет к образованию преимущественно 1-хлорбутана.

**Рекомендации к оцениванию:**

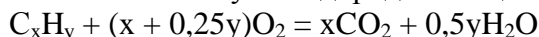
- |  |               |
|--|---------------|
| 1) Молекулярная формула углеводорода                         | 1,5 балла     |
| 2) Число моно- и дибромпроизводных по 1 баллу                | 1·2 = 2 балла |
| 3) Основной продукт монобромирования                         | 0,5 балла     |
| 4) Основной продукт монохлорирования (только с обоснованием) | 1 балл        |

**ИТОГО**

**5 баллов**

**№ 6**

Запишем уравнение сгорания неизвестного углеводорода в общем виде:



Учитывая, что количество вещества кислорода в 4 раза больше количества вещества углеводорода (600/150), получаем уравнение с двумя неизвестными:

$$n(O_2)/n(C_xH_y) = (x + 0,25y)/1 = 4$$

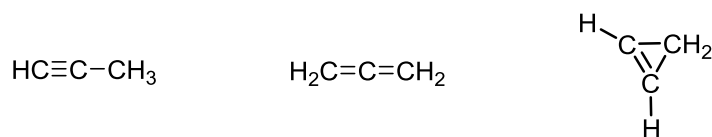
Откуда  $y = (4 - x) \cdot 4$

Далее перебирая целочисленные значения  $x$  (число атом углерода в молекуле), найдём соответствующие значения  $y$  (число атом водорода в молекуле):

$x = 1$	$y = 12$	$CH_{12}$ (не имеет химического смысла)
$x = 2$	$y = 8$	$C_2H_8$ (не имеет химического смысла)
$x = 3$	$y = 4$	<b><math>C_3H_4</math></b>
$x = 4$	$y = 0$	–

Таким образом, неизвестный углеводород имеет брутто-формулу  $C_3H_4$ . Такому составу отвечает общая формула  $C_nH_{2n-2}$ , т.е. углеводород может иметь либо 1 тройную связь, либо 2 двойных связи, либо 1 двойную связь и цикл.

Тогда три возможные структурные формулы неизвестного углеводорода (пропин, аллен, циклопропен):



**Рекомендации к оцениванию:**

- |   |               |
|---|---------------|
| 1) За выход на брутто-формулу $C_3H_4$ , в том числе подбором | 2 балла       |
| 2) Структурные формулы по 1 баллу                             | 1·3 = 3 балла |

**ИТОГО**

**5 баллов**

## 10 класс

### I вариант

**A** –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , **B** –  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , **C** –  $\text{KBr}$ .

Пункт

Уравнения реакций:

- 1  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$   
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 + 2\text{NaCl}$   
Кислота при осаждении нужна для предотвращения осаждения бариевых солей других анионов.
- 2  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{KOH} = 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{SO}_4$
- 4  $\text{KBr} + \text{AgNO}_3 = \text{AgBr} + \text{KNO}_3$   
 $\text{AgBr} + 2\text{NH}_3 = [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Br}$
- 5  $10\text{KBr} + 2\text{KBrO}_3 + 12\text{HCl} = 6\text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 12\text{KCl}$

#### Рекомендации к оцениванию:

- 1) Правильно определенное вещество A, B, C по 1 баллу 1·3 = 3 балла
- 2) Уравнения реакций в п.1 – 4 по 0,5 балла 0,5·5 = 2,5 балла
- 3) Уравнение реакции п.5 1 балл = 1 балл
- 4) Обоснование использования кислоты, цвета эмиссионных линий натрия и калия по 0,5 балла 0,5·3 = 1,5 балла

*Примечание:* если в реакции правильные исходные вещества и продукты, но не расставлены коэффициенты, то баллы за соответствующую реакцию делятся пополам;

**ИТОГО**

**8 баллов**

### II вариант

**A** –  $\text{KNO}_3$ , **B** –  $\text{NaNO}_2$ , **C** –  $\text{KI}$ .

Пункт

Уравнения реакций:

- 1  $2\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- 3  $3\text{KNO}_3 + 8\text{Al} + 5\text{KOH} + 18\text{H}_2\text{O} = 3\text{NH}_3 + 8\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$   
 $\text{NaNO}_2 + 2\text{Al} + 2\text{KOH} + 5\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + 2\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{NaOH}$   
или  $\text{NaNO}_2 + 2\text{Al} + \text{KOH} + 5\text{H}_2\text{O} = \text{NH}_3 + \text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$
- 4  $2\text{KI} + 2\text{FeCl}_3 = \text{I}_2 + 2\text{FeCl}_2 + 2\text{KCl}$   
или  $6\text{KI} + 2\text{FeCl}_3 = \text{I}_2 + 2\text{FeI}_2 + 6\text{KCl}$
- 5  $2\text{NaNO}_2 + 2\text{KI} + 4\text{HCl} = \text{I}_2 + 2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl} + 2\text{NaCl}$

#### Рекомендации к оцениванию:

- 1) Правильно определенное вещество A, B, C по 1 баллу 1·3 = 3 балла
- 2) Уравнения реакций в п.3, 4 по 0,5 балла 0,5·3 = 1,5 балла
- 3) Уравнение реакции п.1, 5 по 1 баллу 1·2 = 2 балла
- 4) Обоснование подкисления, цвета эмиссионных линий натрия и калия по 0,5 балла 0,5·3 = 1,5 балла

*Примечание:* если в реакции правильные исходные вещества и продукты, но не расставлены коэффициенты, то баллы за соответствующую реакцию делятся пополам;

**ИТОГО**

**8 баллов**