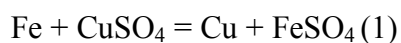


#### 4.2.2. Задания 10 класса

##### Задача №10-1

В результате реакции замещения железо ( $M = 56$  г/моль) вытесняет из сульфата меди ( $M = 160$  г/моль) металлическую медь ( $M = 64$  г/моль), с образованием сульфата железа:



Пусть прореагировало  $x$  моль железа. Поскольку количества веществ эквивалентны, масса пластины по окончании опыта:

$$m = 100 - 56x + 64x = 102, \text{ откуда } x = 0,25 \text{ моль}$$

Массы прореагировавшего железа и осажённой меди составляют:

$$m_{\text{Fe}} = 56 \cdot 0,25 = 14 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{Cu}} = 64 \cdot 0,25 = 16 \text{ (г)}$$

Масса полученного раствора равна:

$$m_{\text{р-ра}} = 250 + 14 - 16 = 248 \text{ (г)}$$

Масса сульфата меди в исходном растворе:

$$m_{\text{CuSO}_4} = 250 \cdot 0,2 = 50 \text{ (г)}$$

Находим массы сульфатов меди и железа в полученном растворе:

$$m_{\text{CuSO}_4} = 50 - 160 \cdot 0,25 = 10 \text{ (г)}$$

$$m_{\text{FeSO}_4} = 152 \cdot 0,25 = 38 \text{ (г)}$$

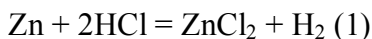
Массовые доли растворённых веществ в полученном растворе:

$$\omega \% \text{ CuSO}_4 = (10/248) \cdot 100\% = 4 \%$$

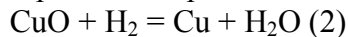
$$\omega \% \text{ FeSO}_4 = (38/248) \cdot 100\% = 15,3 \%$$

**Задача №10-2**

Цифрой 1 обозначен аппарат Киппа, который в данном случае используется для получения водорода по реакции:

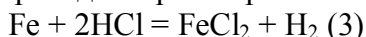


Цифрой 2 обозначен реактор, где происходит реакция восстановления оксида меди:



Цифрой 3 обозначена часть прибора, обеспечивающая связь с атмосферой, для выхода избытка водорода, водяного пара.

В результате протекания реакции восстановления образуется смесь меди и железа. При растворении в кислоте железо переходит в раствор:



Рассчитаем содержание железа в стали:

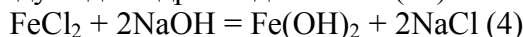
$$n(\text{CuO}) = n(\text{Cu}) = 0,25/64 = 0,0039 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = 0,0039 \cdot 80 = 0,31 \text{ г}$$

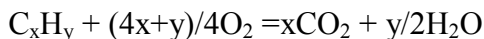
$$m(\text{Fe}) = 2,00 - 0,31 = 1,69 \text{ г}$$

$$w(\text{Fe}) = 1,69/2,00 \cdot 100 = 84,5$$

При добавлении щелочи образуется осадок гидроксида железа (II), который легко окисляется кислородом воздуха до гидроксида железа (III).

**Разбалловка**

|                                       |               |
|---------------------------------------|---------------|
| Описание каждой части прибора         | 3x1 б. = 3 б. |
| Расчет содержания железа в смеси      | 2 б.          |
| Написание уравнений реакций (1) – (5) | 5x1 б. = 5 б. |
| <b>ИТОГО</b>                          | <b>10 б.</b>  |

**Задача №10-3**

Найдем молярную массу изомеров:  $D_{\text{O}_2} = M(\text{C}_n\text{H}_{2n})/M(\text{O}_2) = 2,19$ ;

$$M(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = 2,19 \cdot 32 = 70 \text{ г/моль}$$

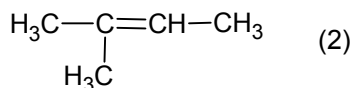
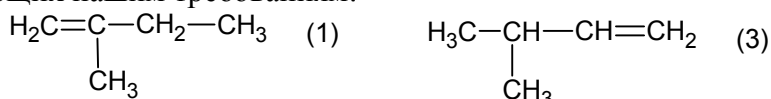
Из уравнения сжигания изомеров следует:

$$\frac{1,4}{70} = \frac{4,4}{44x} \rightarrow x = \frac{70 \cdot 4,4}{1,4 \cdot 44} = 5$$

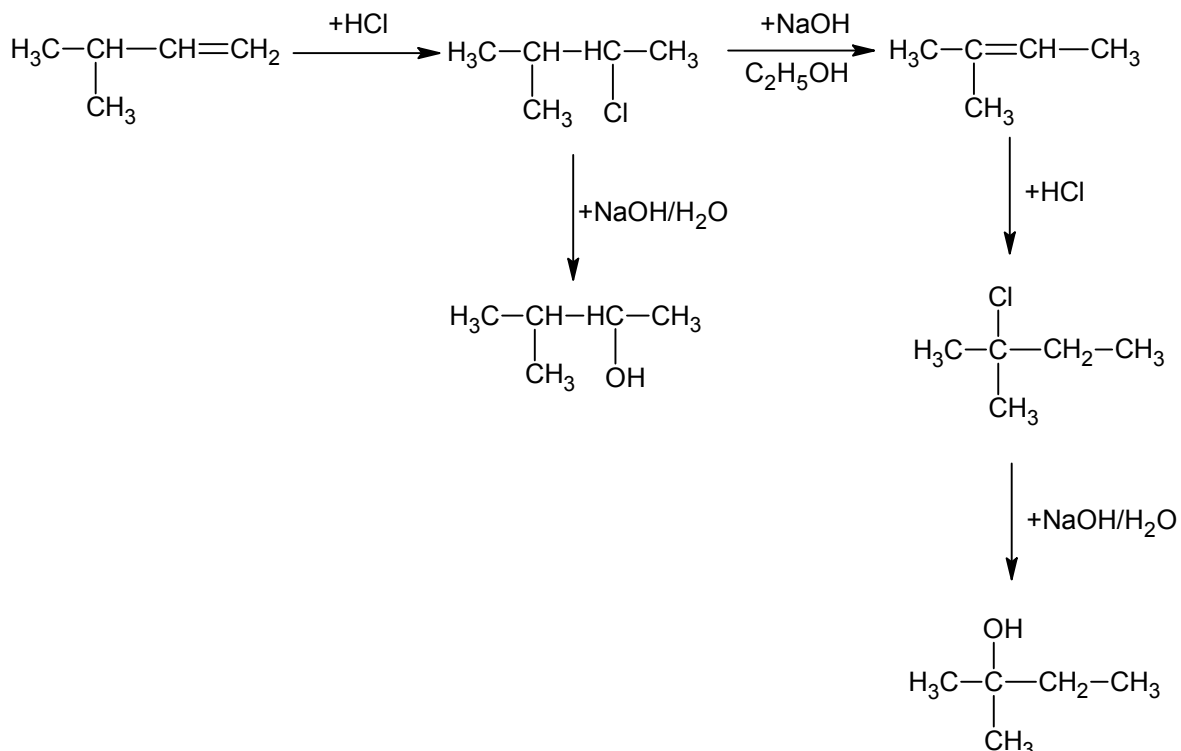
$$\frac{1,4}{70} = \frac{1,8}{18 \cdot 0,5y} \rightarrow y = \frac{70 \cdot 1,8}{1,4 \cdot 9} = 10$$

Получаем, что брутто-формула изомеров  $\text{C}_5\text{H}_{10}$

Так как **F** – третичный спирт, а превращение между **A** и **B** не связаны с участием атомов углерода можно предположить, что **A** и **B** – это разветвленные алканы. Существует три изомера, отвечающих нашим требованиям:



Так как **F** – третичный спирт, значит соединение **B** – это изомер (1) или (2), то есть алкены с двойной связью у третичного атома углерода. Методом исключения получаем, что изомер **A** – 3-метилбутен-1



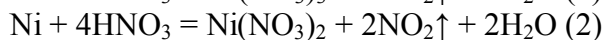
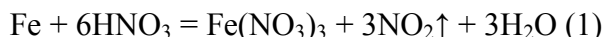
Правилами «противоположного действия» являются правило Марковникова, определяющее присоединение атома водорода к алкенам и правило Зайцева, определяющее отщепление атома водорода от галогенпроизводных и спиртов.

#### Разбалловка

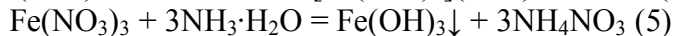
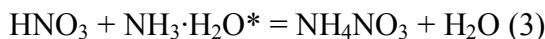
|                                                         |                 |
|---------------------------------------------------------|-----------------|
| Определение брутто-формулы изомеров <b>А</b> и <b>В</b> | 2 б.            |
| Определение строения изомеров <b>А</b> и <b>В</b>       | 2x1 б. = 2 б.   |
| Написание уравнений реакций соответствующих схеме       | 5x1 б. = 5 б.   |
| Указание на правила Марковникова и Зайцева              | 2x0,5 б. = 1 б. |
| <b>ИТОГО</b>                                            | <b>10 б.</b>    |

#### Задача №10-4

Растворение в азотной кислоте сплава сопровождается образованием нитратов железа (III) и никеля:

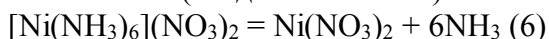


При добавлении аммиака происходит нейтрализация избытка кислоты, образование аммиачного комплекса никеля (соединение **А**) и осаждение железа (III) в виде гидроксида (соединение **Б**):

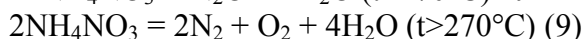
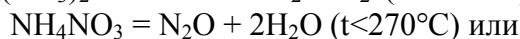
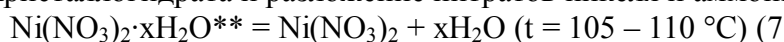


*\*При оценке работ записи  $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{NH}_4\text{OH}$  считать идентичными*

При выпаривании отфильтрованного раствора образуется смесь солей – нитрата аммония и кристаллогидрата нитрата никеля\*\* (соединения **В** и **Г**).



При нагревании полученной смеси последовательно происходят следующие реакции – обезвоживание кристаллогидрата и разложение нитратов никеля и аммония:



*\*\*При оценке количество молекул кристаллизационной воды не является существенным, важно лишь указание на образование кристаллогидрата*



Согласно уравнениям (2), (8) и (10) из 1 моль никеля образуется 1 моль кристаллогидрата сульфата никеля, то есть:

$$n(\text{Ni}) = n(\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 10,15/281 = 0.036 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ni}) = 0.036 \cdot 59 = 2,13 \text{ г}$$

$$w(\text{Ni}) = 2.13/4.95 \cdot 100 = 43.0\%$$

#### Разбалловка

|                                        |                  |
|----------------------------------------|------------------|
| Определение веществ <b>А – Г</b>       | 4*1 б. = 4 б.    |
| Написание уравнений реакций (1) – (10) | 10*0,5 б. = 5 б. |
| Расчет массовой доли никеля в сплаве   | 1 б.             |
| <b>ИТОГО</b>                           | <b>10 б.</b>     |

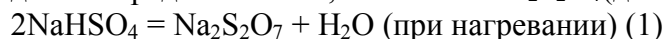
#### Задача №10-5

1. Определяем молекулярные формулы кислот **А, В и С**.

Так как **А** и **В** – кислоты, то находим массовую долю водорода в соединениях: 2,04% и 1,12%.

1.1. Для кислоты **А**:  $n(\text{H}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 2,04/1 : 32,65/32 : 65,31/16 = 2 : 1 : 4$ . Так как в условии задачи указано, что **А** – сильная кислота, следовательно **А** – серная кислота (молекулярная формула – **H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**).

1.2. Для кислоты **В**:  $n(\text{H}) : n(\text{S}) : n(\text{O}) = 1,12/1 : 35,96/32 : 62,92/16 = 1,12 : 1,12 : 3,9$ . Возможно, простейшая формула кислоты **В** – **HSO<sub>4</sub>**. Можно предположить, что молекулярная формула вещества **В** – **H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>**. Однако, в таком случае содержание серы не согласуется с проведенными расчетами. Так как в условии задачи указано, что кислая соль кислоты **А** легко плавится, а после плавления переходит в среднюю соль кислоты **В**, то делаем предположение, что **В** – это **H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub>** (дисерная кислота):



1.3. Для кислоты **С** даны массовые доли водорода и серы – 1,82% и 87,27%, однако, указано, что кислота не содержит кислород. Вычисляем массовую долю неизвестного элемента **Х** в кислоте:  $100 - (1,82 + 87,27) = 10,91 \text{ (\%)}$ .

В условии задачи сказано, что при нагревании кислота **С** разлагается на два бинарных вещества **Д** и **Е**, **Е** при н.у. является газом с неприятным запахом и плотностью по воздуху 1,172.

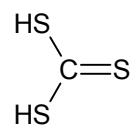
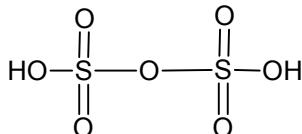
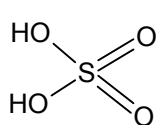
Найдем эти вещества: для неизвестного газа  $M(\text{Д}) = D_{\text{воздух}} \cdot 1,172 \approx 34 \text{ (г/моль)}$ . Исходя из того, что газ имеет неприятный запах, предположим, что это **H<sub>2</sub>S** (сероводород).

Второе бинарное соединение (**Е**) (так как нагревание происходит в отсутствии кислорода) содержит неизвестный элемент **Х**. Сказано, что это горючая жидкость, хороший растворителем для органических соединений. Можно предположить, что неизвестное вещество **CS<sub>2</sub>** (сероуглерод), тогда кислота **С** – **H<sub>2</sub>CS<sub>3</sub>** (тиоугольная кислота, кстати, достаточно сильная).

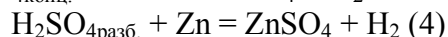
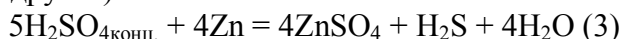


Тиоугольная кислота легко разлагается, но по термической устойчивости превосходит угольную кислоту.

Структурные формулы кислот:

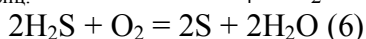
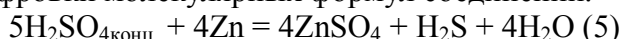


2. Взаимодействие серной кислоты с металлами. Необходимо указать, что в зависимости от концентрации серная кислота будет различно взаимодействовать с одним и тем же металлом (Cu, Fe, Zn и другие).

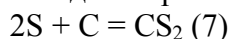


Это можно объяснить, что для разбавленной серной кислоты окислителем является водород в степени окисления (+1), а для концентрированной – сера в степени окисления (+6). S (+6) в данном случае является более сильным окислителем, чем H (+1).

3. Цепочка превращения:  $\text{A} \rightarrow \text{D} \rightarrow \text{сера} \rightarrow \text{E} \rightarrow \text{оксид серы (IV)}$  является своеобразной подсказкой для расшифровки молекулярных формул соединений.



(SO<sub>2</sub> образуется в небольшом количестве даже при недостатке кислорода).



### Разбалловка

|                                                                                                              |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Определение веществ А – Е                                                                                    | 5x0,5 б. = 2,5 б. |
| Приведены структурные формулы для А, В, С                                                                    | 3x0,5 б. = 1,5 б. |
| Определение молярной массы газа D                                                                            | 0,5 б.            |
| Уравнения реакций (1), (2)                                                                                   | 2x1 б. = 2 б.     |
| Уравнения взаимодействия H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> с одним металлом, но с разными продуктами реакциями  | 2x0,5 б. = 1 б.   |
| Пояснение особенности различного взаимодействия H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> в зависимости от концентрации | 0,5 б.            |
| Уравнения реакций (5) – (8)                                                                                  | 4x0,5 б. = 2 б.   |
| <b>ИТОГО:</b>                                                                                                | <b>10 б.</b>      |

### Задача №10-6

Рассчитаем молярные массы углеводородов

$$M_1 = D_1 M(\text{CH}_4) = 1,625 \cdot 16 = 26 \text{ г/моль,}$$

$$M_2 = D_2 M(\text{CH}_4) = 4,875 \cdot 16 = 78 \text{ г/моль.}$$

По молярным массам определяем  $n$ :

$$M(\text{CH}) = 13 \text{ г/моль}$$

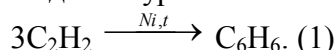
$$n = \frac{M_1}{M(\text{CH})} = \frac{26}{13} = 2$$

тогда  $\Rightarrow \text{C}_2\text{H}_2$  – **ацетилен**,

$$n = \frac{M_2}{M(\text{CH})} = \frac{78}{13} = 6$$

$\Rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$  – **бензол**.

Образование бензола из ацетилена идёт по уравнению:



### Разбалловка

|                                         |               |
|-----------------------------------------|---------------|
| Определение молярных масс углеводородов | 2x1 б. = 2 б. |
| Вычисление молярной массы СН-группы     | 1 б.          |
| Определение формул углеводородов        | 2x2 б. = 4 б. |
| Уравнение реакции (1)                   | 3 б.          |
| <b>ИТОГО</b>                            | <b>10 б.</b>  |