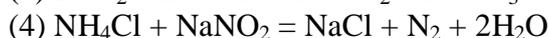
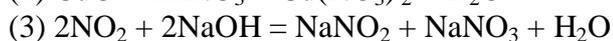
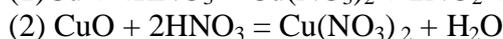
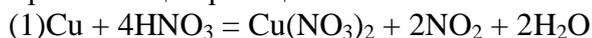


## 10 класс

### № 1

#### 1 вариант

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Определим количество вещества выделившегося азота. Оно составило  $2.24 \cdot 10^{-3} \cdot 101325 / (8.31 \cdot 298.15) = 0.092$  моль

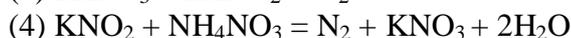
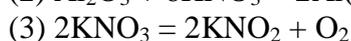
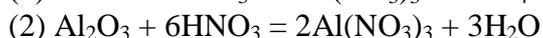
Следовательно, в реакцию вступило 0.092 моль меди.

3) Пусть количество вещества оксида меди в исходной смеси составляла  $x$  моль. Тогда:  $x \cdot 16 / (x \cdot 79.5 + 0.092 \cdot 63.5) = 0.15$ ;  $x = 0.215$  моль

Масса смеси составит  $0.092 \cdot 63.5 + 0.215 \cdot 79.5 = 22.935$  г

#### 2 вариант

1) Уравнения протекающих реакций:



2) Определим количество вещества выделившегося азота. Оно составило:  $1.12 \cdot 10^{-3} \cdot 101325 / (8.31 \cdot 298.15) = 0.046$  моль

Следовательно, в реакцию вступило 0.123 моль алюминия.

3) Пусть количество вещества  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в исходной смеси составляла  $x$  моль. Тогда:  $3x \cdot 16 / (x \cdot 102 + 0.123 \cdot 27) = 0.30$ ;  $x = 0.057$  моль

Масса смеси составит  $0.057 \cdot 102 + 0.123 \cdot 27 = 9.135$  г

#### Рекомендации к оцениванию:

- |                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Записаны реакции 1 и 2 по 0.25 балла<br>если реакция уравнена неверно — 0.1 балла | 0.5 балла |
| 2. Записаны реакции 3 и 4 по 0.75 балла<br>если реакция уравнена неверно — 0.3 балла | 1.5 балла |
| 3. Определено количество вещества азота                                              | 1 балл    |
| 4. Определено количество вещества металла                                            | 0.5 балла |
| 5. Определено количество вещества оксида металла                                     | 1 балл    |
| 6. Рассчитана масса смеси                                                            | 0.5 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**

### № 2

#### 1 вариант

Определим молярную массу простого вещества  $X_1$  по относительной плотности:

$$D_{O_2}(X_1) = \frac{M(X_1)}{M(O_2)}$$

$$M(X_1) = D_{O_2}(X_1) \cdot M(O_2) = 2.22 \cdot 32 = 71 \text{ г/моль}$$

Простое вещество с такой молярной массой – хлор  $\text{Cl}_2$ .

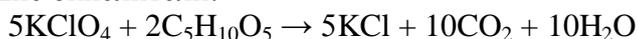
В растворе со щелочью при нагревании происходит диспропорционирование до хлората и хлорида:



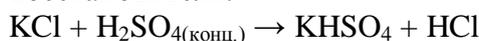
С хлоридом калия при нагревании химических процессов не происходит, значит,  $\text{X}_2$  – хлорат калия. Без катализатора ( $\text{MnO}_2$ ) при нагревании хлораты также диспропорционируют:



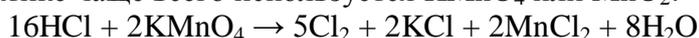
Перхлораты – сильнейшие окислители:



Взаимодействие с концентрированной серной кислотой – обменный процесс, хлорид-ион в данном случае не сильный восстановитель:



Для получения хлора из соляной кислоты (лучше концентрированной) нужен окислитель. В лабораторной практике чаще всего используется  $\text{KMnO}_4$  или  $\text{MnO}_2$ :



или



*\*Возможно использование других окислителей.*

Таким образом, вещества, зашифрованные на схеме:

$\text{X}_1$	$\text{X}_2$	$\text{X}_3$	$\text{X}_4$	$\text{X}_5$
$\text{Cl}_2$	$\text{KClO}_3$	$\text{KClO}_4$	$\text{KCl}$	$\text{HCl}$

## 2 вариант

Определим молярную массу простого вещества  $\text{X}_1$  по относительной плотности:

$$D_{F_2}(\text{X}_1) = \frac{M(\text{X}_1)}{M(F_2)}$$

$$M(\text{X}_1) = D_{F_2}(\text{X}_1) \cdot M(F_2) = 1.87 \cdot 38 = 71 \text{ г/моль}$$

Простое вещество с такой молярной массой – хлор  $\text{Cl}_2$ .

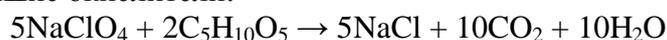
В растворе со щелочью при нагревании происходит диспропорционирование до хлората и хлорида:



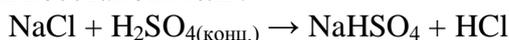
С хлоридом калия при нагревании химических процессов не происходит, значит,  $\text{X}_2$  – хлорат калия. Без катализатора ( $\text{MnO}_2$ ) при нагревании хлораты также диспропорционируют:



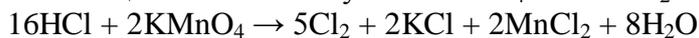
Перхлораты – сильнейшие окислители:



Взаимодействие с концентрированной серной кислотой – обменный процесс, хлорид-ион в данном случае не сильный восстановитель:



Для получения хлора из соляной кислоты (лучше концентрированной) нужен окислитель. В лабораторной практике чаще всего используется  $\text{KMnO}_4$  или  $\text{MnO}_2$ :



или



*\*Возможно использование других окислителей.*

Таким образом, вещества, зашифрованные на схеме:

$\text{X}_1$	$\text{X}_2$	$\text{X}_3$	$\text{X}_4$	$\text{X}_5$
$\text{Cl}_2$	$\text{NaClO}_3$	$\text{NaClO}_4$	$\text{NaCl}$	$\text{HCl}$

**Рекомендации к оцениванию:**

1. Вещества  $X_1$ – $X_5$  по 0.25 балла 1.25 балла  
 2. Уравнения реакций по 0.75 балла 3.75 балла  
 \*если реакция уравнена неверно – по 0.25 балла за схему реакции

**ИТОГО: 5 баллов**

### № 3

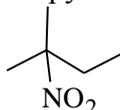
#### 1 вариант

1) Пусть общая формула углеводорода  $X$  –  $C_xH_y$ , тогда:

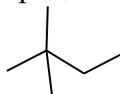
$$x : y = \frac{83.72}{12} : \frac{16.28}{1} = 6.977 : 16.28 = 1 : 2.333 = 3 : 7$$

Простейшая формула –  $C_3H_7$ , истинная молекулярная формула –  $C_6H_{14}$ .

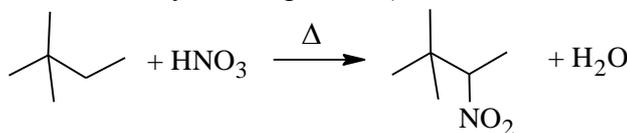
Т.к. среди производных нитрования был обнаружен 2-метил-2-нитробутан:



с учетом определенного состава  $X$  можно предположить следующую его структуру:



2) Нитрование алканов идет по механизму радикального замещения (через наиболее устойчивый радикал, в данном случае вторичный):



при этом образуется **2,2-диметил-3-нитробутан**.

3) Наибольшее промышленное значение имеет нитрование метана. В этом случае процесс крекинга отсутствует. Таким образом, получают моно-, ди-, три- и тетра-нитропроизводные, используемые как растворители, реагенты в органическом синтезе.

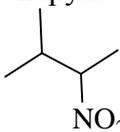
#### 2 вариант

1) Пусть общая формула углеводорода  $X$  –  $C_xH_y$ , тогда:

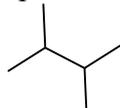
$$x : y = \frac{83.72}{12} : \frac{16.28}{1} = 6.977 : 16.28 = 1 : 2.333 = 3 : 7$$

Простейшая формула –  $C_3H_7$ , истинная молекулярная формула –  $C_6H_{14}$ .

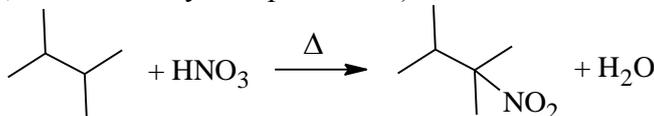
Т.к. среди производных нитрования был обнаружен 2-метил-3-нитробутан:



с учетом определенного состава  $X$  можно предположить следующую его структуру:



2) Нитрование алканов идет по механизму радикального замещения (через наиболее устойчивый радикал, в данном случае третичный):



при этом образуется **2,3-диметил-2-нитробутан**.

3) Наибольшее промышленное значение имеет нитрование метана. В этом случае процесс крекинга отсутствует. Таким образом, получают моно-, ди-, три- и тетра-нитропроизводные, используемые как растворители, реагенты в органическом синтезе.

**Рекомендации к оцениванию:**

- |                                                                                                                                                 |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1. Молекулярная и структурная формулы X по 1 баллу                                                                                              | 2 балла |
| 2. Структурная формула продукта нитрования – 1.5 балла<br>Название основного продукта – 0.5 балла                                               | 2 балла |
| 3. Нитрование метана с обоснованием:<br>указания на отсутствие побочных продуктов – 0.5 балла<br>использования полученных продуктов – 0.5 балла | 1 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**

**№ 4**

**1 вариант**

1) Определим количество вещества брома и смеси веществ **B** и **C**:

$$n(\text{Br}_2) = 4.8/160 = 0.03 \text{ моль}; n(\text{B+C}) = 0.896/22.4 = 0.04 \text{ моль}.$$

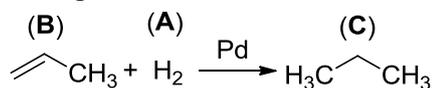
Отсюда следует, что с бромом реагирует только вещество **B**. Предположим, что вещество **B** – это алкен, тогда его количество вещества равно 0.03 моль, а количество вещества **C** равно 0.01 моль. Логично предположить, что вещество **B** в исходной смеси [**A+B**] находится в избытке, тогда вещество **C** получается по реакции соединения **A** с **B** при катализе палладием. Отсюда легко определить, что вещества **B** в исходной смеси [**A+B**] было  $0.03 + 0.01 = 0.04$  моль.

2) Найдем молярную массу газа **C**, оставшегося после реакции смеси [**B+C**] с бромом:  $M_r(\text{газа}) = 0.44/0.01 = 44$  г/моль ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ). Так как известны количества вещества газов в смеси [**B+C**], а также плотность этой смеси по водороду, можно рассчитать молярную массу второго газа:

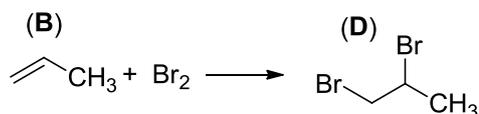
$21.25 = (44 \cdot 0.01 + M_r(\text{B}) \cdot 0.03)/(0.04 \cdot 2)$ ;  $M_r(\text{B}) = 42$  г/моль. Такой молярной массе соответствует  $\text{C}_3\text{H}_6$ . Если газ **C** — это пропан, то можно предположить, что газ **A** — это водород, а первая реакция – это реакция гидрирования пропена (**B**) до пропана (**C**). Подтвердим это расчетом. Если пропана в смеси [**B+C**] было 0.01 моль, то газа **A** в исходной смеси [**A+B**] было тоже 0.01 моль, откуда легко посчитать молярную массу **A**:

$17 = (M_r(\text{A}) \cdot 0.01 + 42 \cdot 0.04)/(0.05 \cdot 2)$ ;  $M_r(\text{A}) = 2$  г/моль, — действительно, водород подходит под условие задачи.

3) Тогда запишем реакции, описанные в задаче:



<b>было</b>	0.04 моль	0.01 моль	0
<b>стало</b>	0.03 моль	0	0.01 моль



<b>было</b>	0.03 моль	0.03 моль	0
<b>стало</b>	0	0	0.03 моль

4) Таким образом в исходной смеси [**A+B**] мольная доля вещества **A** составляла  $100 \cdot 0.01/0.05 = 20\%$ .

## 2 вариант

1) Определим количество вещества брома и смеси веществ **B** и **C**:

$$n(\text{Br}_2) = 4.8/160 = 0.03 \text{ моль}; n(\text{B+C}) = 0.896/22.4 = 0.04 \text{ моль}.$$

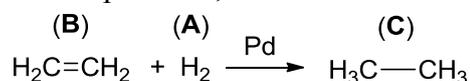
Отсюда следует, что с бромом реагирует только вещество **B**. Предположим, что вещество **B** — это алкен, тогда его количество вещества равно 0.03 моль, а количество вещества **C** равно 0.01 моль. Логично предположить, что вещество **B** в исходной смеси **[A+B]** находится в избытке, тогда вещество **C** получается по реакции соединения **A** с **B** при катализе палладием. Отсюда легко определить, что вещества **B** в исходной смеси **[A+B]** было  $0.03 + 0.01 = 0.04$  моль.

2) Найдем молярную массу газа **C**, оставшегося после реакции смеси **[B+C]** с бромом:  $M_r(\text{газа}) = 0.3/0.01 = 30 \text{ г/моль}$  ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ). Так как известны количества вещества газов в смеси **[B+C]**, а также плотность этой смеси по водороду, можно рассчитать молярную массу второго газа:

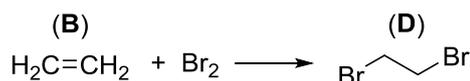
$14.25 = (30 \cdot 0.01 + M_r(\text{B}) \cdot 0.03)/(0.04 \cdot 2)$ ;  $M_r(\text{B}) = 28 \text{ г/моль}$ . Такой молярной массе соответствует  $\text{C}_2\text{H}_4$ . Если газ **C** — это этан, то можно предположить, что газ **A** — это водород, а первая реакция — это реакция гидрирования этилена (**B**) до этана (**C**). Подтвердим это расчетом. Если этана в смеси **[B+C]** было 0.01 моль, то газа **A** в исходной смеси **[A+B]** было тоже 0.01 моль, откуда легко посчитать молярную массу **A**:

$11.4 = (M_r(\text{A}) \cdot 0.01 + 28 \cdot 0.04)/(0.05 \cdot 2)$ ;  $M_r(\text{A}) = 2 \text{ г/моль}$ , — действительно, водород подходит под условие задачи.

3) Тогда запишем реакции, описанные в задаче:



было	0.04 моль	0.01 моль	0
стало	0.03 моль	0	0.01 моль



было	0.03 моль	0.03 моль	0
стало	0	0	0.03 моль

4) Таким образом, в исходной смеси **[A+B]** мольная доля вещества **B** составляла  $100 \cdot 0.04/0.05 = 80 \%$ .

### Рекомендации к оцениванию:

- |                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Определены вещества A–D по 0.5 балла               | 2 балла   |
| 2. Записаны уравнения реакции по 0.5 балла            | 1 балл    |
| 3. Рассчитана молярная масса веществ A–C по 0.5 балла | 1.5 балла |
| 4. Рассчитана мольная доля A в исходной смеси         | 0.5 балла |

**ИТОГО: 5 баллов**

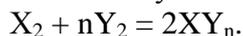
## № 5

### 1 вариант

1) Пусть было  $n(\text{X}_2) = z$  моль

2) Указание на то, что давление выросло в два раза означает, что добавили точно такое же количество вещества  $\text{Y}_2$ , т.е.  $n(\text{Y}_2) = z$  моль.

3) Предположим, что данной реакции соответствует следующее уравнение:



Так как выход реакции составляет 60 %, то можно рассчитать, что

$$n_{\text{обр}}(\text{XY}_n) = 2/n \cdot n(\text{Y}_2) \cdot 0.6 = 1.2z/n \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\mathbf{X}_2) = z - (1.2z/n)/2 = z - 0.6z/n \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\mathbf{Y}_2) = z - (1.2z/n) \cdot (n/2) = 0.4z \text{ моль}$$

Так как давление после протекания реакции стало в 1.25 раза меньше, то можно предположить, что  $n_{\text{начальное}}(\text{смеси газов}) = 1.25 \cdot n_{\text{конечное}}(\text{смеси газов})$

$$n(\mathbf{X}_2) + n(\mathbf{Y}_2) = 1.25(n_{\text{обр}}(\mathbf{XY}_n) + n_{\text{ост}}(\mathbf{X}_2) + n_{\text{ост}}(\mathbf{Y}_2))$$

$$z + z = 1.25(1.2z/n + z - 0.6z/n + 0.4z), \text{ откуда } n = 3, \text{ таким образом, стехиометрия реакции } 1:3.$$

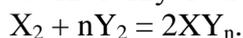
4) Из двухатомных газов, которые дают при растворении кислую среду, существуют только  $\text{Cl}_2$  и  $\text{F}_2$  — это и есть искомые вещества. Происходящая реакция:  $\text{Cl}_2 + 3\text{F}_2 = 2\text{ClF}_3$ .

## 2 вариант

1) Пусть было  $n(\mathbf{X}_2) = z$  моль

2) Указание на то, что давление выросло в два раза означает, что добавили точно такое же количество вещества  $\mathbf{Y}_2$ , т.е.  $n(\mathbf{Y}_2) = z$  моль.

3) Предположим, что данной реакции соответствует следующее уравнение:



Так как выход реакции составляет 50 %, то можно рассчитать, что

$$n_{\text{обр}}(\mathbf{XY}_n) = 2/n \cdot n(\mathbf{Y}_2) \cdot 0.5 = z/n \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\mathbf{X}_2) = z - (z/n)/2 = z - 0.5z/n \text{ моль}$$

$$n_{\text{ост}}(\mathbf{Y}_2) = z - (z/n) \cdot (n/2) = 0.5z \text{ моль}$$

Так как давление после протекания реакции стало в 1.25 раза меньше, то можно предположить, что  $n_{\text{начальное}}(\text{смеси газов}) = 1.25 \cdot n_{\text{конечное}}(\text{смеси газов})$

$$n(\mathbf{X}_2) + n(\mathbf{Y}_2) = 1.25(n_{\text{обр}}(\mathbf{XY}_n) + n_{\text{ост}}(\mathbf{X}_2) + n_{\text{ост}}(\mathbf{Y}_2))$$

$$z + z = 1.25(z/n + z - 0.5z/n + 0.5z), \text{ откуда } n = 5, \text{ таким образом, стехиометрия реакции } 1:5.$$

4) Из двухатомных газов, которые дают при растворении кислую среду, существуют только  $\text{Cl}_2$  и  $\text{F}_2$  — это и есть искомые вещества. Происходящая реакция:  $\text{Cl}_2 + 5\text{F}_2 = 2\text{ClF}_5$ .

### Рекомендации к оцениванию:

- |                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. Определены газы $\text{Cl}_2$ и $\text{F}_2$ по 0.25 балла        | 0.5 балла |
| 2. Определена стехиометрия реакции<br>без расчётов — 0 баллов        | 3 балла   |
| 3. Определён газообразный продукт реакции<br>без расчётов — 0 баллов | 1.5 балл  |

**ИТОГО: 5 баллов**