

**Министерство образования и науки УР**  
**АОУ ДПО УР «Институт развития образования»**  
**Муниципальный этап ВСОШ по химии 2024-2025 учебный год**  
**г. Ижевск**  
**11 класс**

*Максимальное количество баллов – 95 баллов*

**Решение задачи № 1.**

1. Отношение скоростей равно обратному отношению времен «порчи мяса»

$$\frac{V_{T_2}}{V_{T_1}} = \frac{\tau_{T_1}}{\tau_{T_2}} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$lg \gamma = \frac{lg \frac{\tau_1}{\tau_2} \times 10}{t_2 - t_1}$$

$$lg \gamma = \frac{lg \frac{1}{7} \times 10}{-6 - 5} = 0,77, \gamma = 10^{0,77} = 5,9 \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$$

$$lg \gamma = \frac{lg \frac{1}{7} \times 10}{-18 - 5} = 0,21, \gamma = 10^{0,21} = 1,62 \dots\dots\dots \mathbf{2 \text{ балла}}$$

$$t = 5^{\circ}\text{C}, T = 5 + 273 = 278\text{K} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$t = -6^{\circ}\text{C}, T = -6 + 273 = 267\text{K} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$t = -18^{\circ}\text{C}, T = -18 + 273 = 255\text{K} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$2. \quad E_a = \frac{\ln \frac{\tau_{T_1}}{\tau_{T_2}}}{\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} \times R$$

$$E_a = \frac{\ln \frac{1}{7}}{\left(\frac{1}{278} - \frac{1}{267}\right)} \times 8,31 = 109115,7 \text{ Дж/моль} \dots\dots\dots \mathbf{3 \text{ балла}}$$

$$E_a = \frac{\ln \frac{1}{90}}{\left(\frac{1}{278} - \frac{1}{255}\right)} \times 8,31 = 115250,0 \text{ Дж/моль} \dots\dots\dots \mathbf{3 \text{ балла}}$$

$$3. \quad E_a(\text{средняя}) = (109115,7 + 115253,0)/2 = 112184,4 \text{ Дж/моль} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$4. \quad \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{\ln \frac{\tau_{T_1}}{\tau_{T_2}}}{E_a} \times R$$

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{T_1} + \frac{\ln \frac{\tau_{T_1}}{\tau_{T_2}}}{E_a} \times R, \frac{1}{T_2} = \frac{1}{278} + \frac{\ln \frac{1}{1095}}{112184,4} \times 8,31 = 4,116 \times 10^{-3} \dots\dots\dots \mathbf{3 \text{ балла}}$$

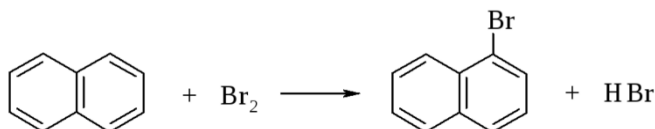
$$T_2 = 1/4,116 \times 10^{-3} = 243K \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

$$t_2 = 243 - 273 = -30^\circ\text{C} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

**Итого за задачу.....20 баллов**

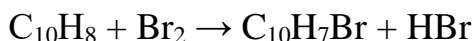
***Решение задачи № 2***

Нафталин реагирует с бромом преимущественно с образованием α-бромнафталина:



.....2 балла

Даже не зная структурную формулу нафталина, можно записать уравнение реакции замещения (нафталин – ароматический углеводород):



и далее проводить расчеты.

За запись общей схемы по типу

.....замещения без указания положения брома 1 балл

Упрощенно можно считать, что α-бромнафталин является основным продуктом реакции по причине более высокой скорости его образования (более стабильный σ-комплекс) в условиях синтеза в сравнении с изомером – β-бромнафталином .....2 балла

Выделяющийся HBr реагирует с этанолом с образованием бромэтан:



формула которого легко выводится по данным элементного анализа: за вывод формулы любым правильным способом .....2 балла

В реакционную систему вводят:

а)  $32\text{г} / 128 \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль нафталина} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$

б)  $16 \text{ мл} \times 3,1 \text{ г/мл} / 160 \text{ г/моль} = 0,31 \text{ моль брома} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$

Тогда α-бромнафталина может теоретически образоваться 0,25 моль или 52 г (M = 207 г/моль), а массовая доля его выхода составит  $26 \text{ г} / 52 \text{ г} = 0,5$  или 50%

.....2 балла

Этанол в реакционную систему для возможности одновременного синтеза двух целевых продуктов-галогенидов.....2 балла

**Итого за задачу.....15 баллов**

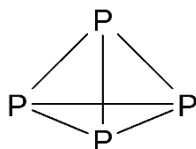
### Решение задачи № 3

Исходя из условия задачи можно предположить, что элементом Э является фосфор, вещество А – красный фосфор, В – белый фосфор. Белый фосфор имеет молекулярную структуру P<sub>4</sub>, что подтверждается расчетом его молярной массы:  $M(B) = 4,276 \times 29 \text{ г/моль} = 124,0 \text{ г/моль}$ ,  $n(P) = 124,0 / 31,0 = 4,0 \text{ моль}$ .

#### Уравнения реакций:

- $4P_n \xrightarrow{300^\circ C} nP_4$ ; А – красный фосфор, В – белый фосфор.
- $P_4 + 3O_2 = P_4O_6$ ; С – P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>, оксид фосфора(III);  
массовая доля Р в P<sub>4</sub>O<sub>6</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 4}{31,0 \times 4 + 16,0 \times 6} = 0,564$  или 46,36%
- $P_4O_6 + 6H_2O = 4H_3PO_3$ ; D – H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>, фосфористая кислота;  
массовая доля Р в H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 1}{1,0 \times 3 + 31,0 + 16,0 \times 3} = 0,378$  или 37,80%
- $H_3PO_3 + 2AgNO_3 = Ag_2HPO_3 + 2H_2O$ ; E – Ag<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>, фосфит серебра.  
массовая доля Р в Ag<sub>2</sub>HPO<sub>3</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 1}{107,9 \times 2 + 1,0 + 31,0 + 16,0 \times 3} = 0,105$  или 10,47%
- $Ag_2HPO_3 + H_2O \xrightarrow{\text{время}} 2Ag\downarrow + H_3PO_4$ ; F – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> – ортофосфорная кислота;  
массовая доля Р в H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 1}{1,0 \times 3 + 31,0 + 16,0 \times 4} = 0,316$  или 31,63%
- $4H_3PO_3 \xrightarrow{\text{время}} PH_3 + 3H_3PO_4$ ; G – PH<sub>3</sub>, фосфин;  
массовая доля Р в PH<sub>3</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 1}{1,0 \times 3 + 31,0} = 0,912$  или 91,18%
- $P_4 + 5O_2 = P_4O_{10}$ ; H – P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>, оксид фосфора(V);  
массовая доля Р в P<sub>4</sub>O<sub>10</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0 \times 4}{31,0 \times 4 + 16,0 \times 10} = 0,437$  или 43,66%
- $P_4O_{10} + 2H_2O = H_3PO_4$ .
- $H_3PO_4 + 2NaOH = Na_2HPO_4 + 2H_2O$ ; I – гидроортофосфоат натрия;
- $2P_n + 5nCl_2 (\text{изб}) = 2nP_{Cl_5}$ ; K – пентахлорид фосфора;
- $PCl_5 + H_2O = POCl_3 + 2HCl$ ; L – оксихлорид фосфора (фосфорилхлорид, хлорангидрид ортофосфорной кислоты, трихлороксид фосфора(V));  
массовая доля Р в POCl<sub>3</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0}{31,0 + 16,0 + 35,5 \times 3} = 0,202$  или 20,20%
- $2P_n + 3nCl_2 (\text{недост}) = 2nP_{Cl_3}$ ; M – трихлорид фосфора;
- $PCl_3 + S \xrightarrow{\text{время}} PSCl_3$ ; N – прихлорид тиофосфорила (фосфортиотрихлорид; хлорид тиофосфорила; сульфосфохлорид);  
массовая доля Р в PSCl<sub>3</sub>:  $\omega(P) = \frac{31,0}{31,0 + 32,1 + 35,5 \times 3} = 0,183$  или 18,29%

Структурная формула белого фосфора:



Система оценивания:

- За уравнения реакций **1-3, 6-10, 12** по 0,5 балла.....  **$9 \times 0,5 = 4,5$  балла**
- За уравнения реакций **4-5, 11, 13** по 1,0 баллу .....  **$4 \times 1 = 4$  балла**
- За названия всех зашифрованных веществ по 0,5 балла....  **$13 \times 0,5 = 6,5$  балла**
- За расчет массовой доли фосфора в соединениях для подтверждения химической формулы вещества по 0,5 балла .....  **$8 \times 0,5 = 4$  балла**
- **Структурная формула P<sub>4</sub>** ..... **1 балл**

*Примечание:* в уравнениях реакций допускается обозначать красный фосфор знаком химического элемента **P** без индекса *n*.

**Итого за задачу.....20 баллов**

*Решение задачи № 4.*

**Зашифрованные вещества:**

- A** – винилацетилен  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$ ..... **2 балла**
- Б** – соответствующий ацетиленид  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CAg}$  ..... **2 балла**
- С** – пентен-1-ин-3  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$  ..... **2 балла**
- D** – пентадиен-1,3  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$  ..... **2 балла**
- E** – 3-бромопентен-1  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CHBr}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  ..... **2 балла**

**Ответы на вопросы:**

- Каталитическое гидрирование приводит к **цис-конфигурации** интернальной кратной связи ..... **2 балла**
- Реакция в соответствии с  $t < 0$  идет как 1,2-присоединение (оценивается в **1 балл**; если в ответе продукт 1,4-присоединения – **0 баллов**) и по наиболее замещенной кратной связи, поскольку является электрофильным присоединением (оценивается в **1,5 балла**; за продукт по терминальной C=C-связи в соответствии с правилом Марковникова в **0,5 балла**) через образование наиболее устойчивого карбкатиона  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}^+-\text{CH}_2-\text{CH}_3$  – атака  $\text{H}^+$  на концевой C-атом сопряженной системы (**1,5 балла**, отсутствие объяснения – **0 баллов**)
- исчерпывающее окисление **D** идет в соответствии с уравнением ..... **4 балла**  
$$5\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3 + 20\text{KMnO}_4 + 30\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$$
$$\rightarrow 5\text{CH}_3\text{COOH} + 15\text{CO}_2 + 10\text{K}_2\text{SO}_4 + 20\text{MnSO}_4 + 40\text{H}_2\text{O}$$

На первом этапе при разрыве C=C-связей образуются CO<sub>2</sub>, уксусная и щавелевая кислоты, последняя затем окисляется до CO<sub>2</sub> (неверные коэффициенты при правильных продуктах – **2 балла**).

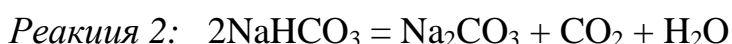
**Итого за задачу.....20 баллов**

**Решение задачи № 5**

1. Названия зашифрованных веществ и уравнения реакций:



.....За формулу каждого вещества по 1 баллу: **5× 1 = 5 баллов**



.....**3 балла**

2. Расчеты проводим по уравнениям *реакций 1 и 2*:

Рассчитаем необходимые параметры.

Сухой остаток после прокаливании по *реакции 2* – Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>;

$m_{\text{обр.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2,65 \text{ т}$  – образовалось по *реакции 2*;

$$n_{\text{обр.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{2650000 \text{ г}}{106 \text{ г/моль}} = 25000 \text{ моль};$$

.....**1 балл**

$n_{\text{обр.}}(\text{NaHCO}_3) = 2n_{\text{обр.}}(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 50000 \text{ моль}$  – образовалось по *реакции 1*;

$n_{\text{прореаг.}}(\text{NaCl}) = n_{\text{обр.}}(\text{NaHCO}_3) = 50000 \text{ моль}$  – прореагировало по *реакции 1*;

$n_{\text{исх.}}(\text{NaCl}) = 10000 \cdot 5,3 = 53000 \text{ моль}$  – исходное количество NaCl в рассоле;

.....**2 балла**

$$X_{\text{NaCl}} = \frac{n_{\text{прореаг.}}(\text{NaCl})}{n_{\text{исх.}}(\text{NaCl})} \cdot 100\% = \frac{50000}{53000} \cdot 100\% = 94,34 \%$$

.....**1 балл**

Смесь газов эквимольная, т.е.  $n(\text{NH}_3) = n(\text{CO}_2)$ , следовательно,

$$V(\text{NH}_3) = V(\text{CO}_2).$$

Согласно уравнению *реакции 1*  $n_{\text{прореаг.}}(\text{NH}_3) : n_{\text{прореаг.}}(\text{CO}_2) = 1 : 1$ , следовательно:

$$V_{\text{прореаг.}}(\text{NH}_3) = V_{\text{прореаг.}}(\text{CO}_2) = n_{\text{прореаг.}} \cdot V_m = 50000 \cdot 22,4 = 1120000 \text{ л} = 1120 \text{ м}^3;$$

$V_{\text{прореаг.}}(\text{CO}_2 + \text{NH}_3) = 2240 \text{ м}^3$  – суммарный объем прореагировавших аммиака и углекислого газа

$$V_{\text{ост.}}(\text{см. газов}) = (2300 - 2240) = 60 \text{ м}^3.$$

.....**3 балла**

3. В основе стандартизации раствора соляной кислоты лежит следующая реакция:



.....1 балл

Количество вещества карбоната натрия, содержащегося в 10,0 мл его раствора:

$$\begin{aligned} n(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 1/2 \times n(\text{HCl}) = 1/2 \times C_{\text{M}}(\text{HCl}) \times V(\text{р-ра HCl}) = \\ &= 1/2 \times 0,05000 \text{ моль/л} \times 10,0 \times 10^{-3} \text{ л} = 0,2500 \text{ ммоль} \end{aligned}$$

.....2 балла

Масса карбоната натрия, необходимая для приготовления раствора объемом 500,0 мл, будет равна:

$$\begin{aligned} m(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 0,2500 \times 10^{-3} \text{ моль} \times 105,99 \text{ г/моль} \times (500,0 \text{ мл} / 10,0 \text{ мл}) = \\ &= 1,3249 \text{ г} \end{aligned}$$

.....2 балл

**Итого за задачу.....20 баллов**