

## Задания интернет тура химической олимпиады КГМУ-2026

### Задание 1.

В смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  общее число протонов в атомах в 24 раза больше молекул, рассчитайте молярную массу этой смеси.

#### Решение.

Молекулы  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$  содержат по 22 и 32 протона соответственно **2 балла**

Пусть  $n(\text{CO}_2) = x$  моль и  $n(\text{SO}_2) = y$  моль, тогда **2 балл**

$(22x + 32y)/(x + y) = 24$  или  $x = 4y$  **4 балла**

Пусть  $n(\text{CO}_2) = 4$  моль и  $n(\text{SO}_2) = 1$  моль, тогда

$M_{\text{смеси}} = (4 \cdot 44 + 64)/(1 + 4) = 48$  г/моль **2 балла**

(можно решать через мольные доли веществ)

Итого **10 баллов**

### Задание 2.

Газообразная смесь, состоящая из оксида азота (IV) и оксида серы ((IV), имеет плотность по углекислому газу 1,25. При пропускании этой смеси через избыток водного раствора перманганата калия образовался раствор с массовой долей серной кислоты 0,0392. Рассчитайте массовые доли остальных продуктов реакции в полученном растворе.

#### Решение

Пусть в исходной смеси  $x$  моль  $\text{SO}_2$  и  $y$  моль  $\text{NO}_2$ , тогда средняя молярная масса смеси равна

$M_{\text{ср}} = (64x + 46y)/(x + y)$  **1 балл**

С другой стороны,  $M_{\text{ср}} = 1,25 \cdot 44 = 55$  г/моль, **1 балл**

значит  $M_{\text{ср}} = (64x + 46y)/(x + y) = 55$

отсюда решаем уравнение и получаем, что  $y = x$  **1 балл**

При пропускании смеси через избыток водного раствора перманганата идут реакции:

1)  $5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4$  **2 балла**

$x$   $0,4x$   $0,2x$   $0,4x$

2)  $5\text{NO}_2 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{KNO}_3 + \text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  **2 балла**

$x$   $0,4x$   $0,2x$   $0,2x$

По условию задачи массовая доля составляет 0,0392

$W(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4)/m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 98/m(\text{p-ра}) = 0,0392$  **1 балл**

**В условии задачи не дана масса раствора, но мы можем вычислить соотношение!**

$x/m(\text{p-ра}) = 0,0392/0,4 \cdot 98 = 0,001$ , которое позволит рассчитать массовые доли остальных продуктов реакции в образовавшемся растворе. **2 балла**

$W(\text{K}_2\text{SO}_4) = m(\text{K}_2\text{SO}_4)/m(\text{p-ра}) = 0,2x \cdot 174/m(\text{p-ра}) = 0,02 \cdot 0,001 \cdot 174 = 0,0348$  **1 балл**

$W(\text{MnSO}_4) = m(\text{MnSO}_4)/m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 151/m(\text{p-ра}) = 0,04 \cdot 0,001 \cdot 151 = 0,0604$  **1 балл**

$W(\text{HNO}_3) = m(\text{HNO}_3)/m(\text{p-ра}) = 0,4x \cdot 63/m(\text{p-ра}) = 0,04 \cdot 0,001 \cdot 63 = 0,0252$  **1 балл**

$$W(\text{KNO}_3) = m(\text{KNO}_3)/m(\text{p-pa}) = 0,2 \times 101/m(\text{p-pa}) = 0,02 \times 0,001 \times 101 = 0,0202 \quad 1 \text{ балл}$$

$$W(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2) = m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2)/m(\text{p-pa}) = 0,2 \times 179/m(\text{p-pa}) = 0,02 \times 0,001 \times 179 = 0,0358 \quad 1 \text{ балл}$$

**Итого 15 баллов**

### Задание 3.

Пластинку из неизвестного металла опустили в 113,5 г водного раствора с массовой долей 30% неизвестного вещества. По окончании реакции масса раствора составила 85,88% от исходной, объем выделившегося газа 11,2 л (н.у.), а масса пластинки не изменилась. Бинарное соединение металла с выделившимся газом содержит 85,90% металла. Определите металл и вещество в растворе.

### Решение

Рассчитаем потерю массы раствора, которая равна массе выделившегося газа:  $\{m = (1 - 0,8588) \cdot 113,5 \text{ г} = 16,03 \text{ г}$ . Молярная масса газа составляет:  $M(\text{газа}) = \frac{m(\text{газа})}{n(\text{газа})} = \frac{m(\text{газа}) \cdot V_m}{V(\text{газа})} =$

$$= \frac{16,03 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{11,2 \text{ л}} = 32,0 \text{ г/моль} . \quad 3 \text{ балла}$$

Выделившийся газ — кислород. Пусть молярная масса эквивалентов металла в соединении с кислородом равна  $M_{\text{экв}}$  г/моль. С 85,90 г металла связаны 14,10 г кислорода, с  $M_{\text{экв}}$  г » » 8,0 г », откуда  $M_{\text{экв}} = 48,7$ . 3 балла

Перебирая значения числа эквивалентности  $n$  металла от 1 до 6 учитывая, что  $M(\text{Me}) = n \cdot M\left(\frac{1}{n} \text{Me}\right)$ , получаем единственное решение:  $n = 4$ , металл — Pt. 2 балла

Описанная в условии реакция представляет собой каталитическое разложение пероксида водорода:  $2\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ . 2 балла

$$n(\text{O}_2) = 0,50 \text{ моль}, n(\text{H}_2\text{O}_2) = 1,00 \text{ моль}, m(\text{H}_2\text{O}_2) = 34,0 \text{ г},$$
$$\omega(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{34,0 \text{ г}}{113,35 \text{ г}} = 0,30, \text{ что совпадает с данными условия.}$$

**Итого 10 баллов**

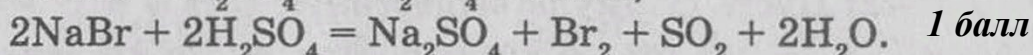
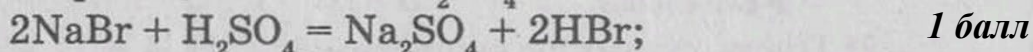
#### Задание 4

Газовую смесь, полученную при взаимодействии бромида натрия с концентрированной серной кислотой, пропустили через раствор 10,21 г стирола в инертном растворителе. В результате получили 18,73 г продуктов реакции.

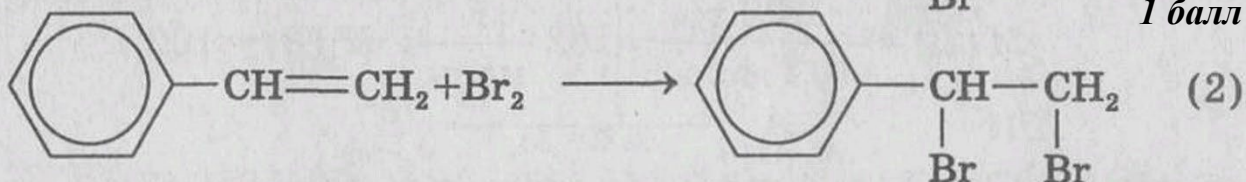
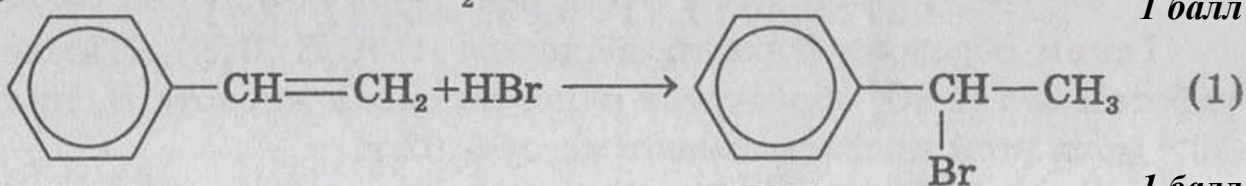
- 1) Каков состав газовой смеси?
- 2) Определите массовые доли продуктов реакции, если выход по стиролу количественный.

#### Решение

1) Уравнения реакций NaBr с  $H_2SO_4$ :



В газовой фазе — HBr,  $SO_2$ , пары  $Br_2$ . В реакцию со стиролом вступают только HBr и  $Br_2$ :



2) Пусть в смеси  $x$  моль продукта (1) и  $y$  моль продукта (2). Массы продуктов в смеси будут равны  $185x$  и  $264y$  соответственно.

$$m(1) = x \text{ моль} \cdot 185 \text{ г/моль};$$

$$m(2) = y \text{ моль} \cdot 264 \text{ г/моль}. \quad 2 \text{ балла}$$

По условию общая масса продуктов  $185x + 264y = 18,73$ . С другой стороны, суммарное количество вещества продуктов (1) и (2) равно количеству вещества стирола:  $x + y = n(\text{стирола}) = 10,21 \text{ г} / (104 \text{ г/моль}) = 0,098 \text{ моль}$ .

Решая систему уравнений, получаем для продукта (1)  $x = 0,091 \text{ моль}$ ;  $m(1) = 0,091 \cdot 185 = 16,83 \text{ г}$ . 4 балла

Массовые доли продуктов (1) и (2):  $\omega(1) = 16,83 / 18,73 = 0,90$ , или 90 %;  $\omega(2) = 1 - \omega(1) = 0,10$ , или 10 %. 2 балла

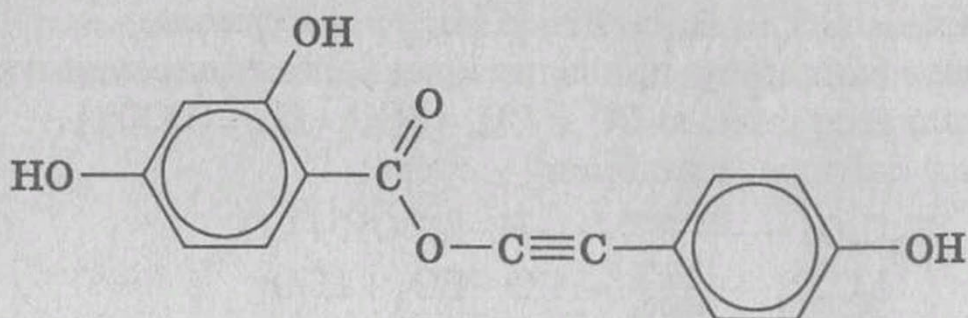
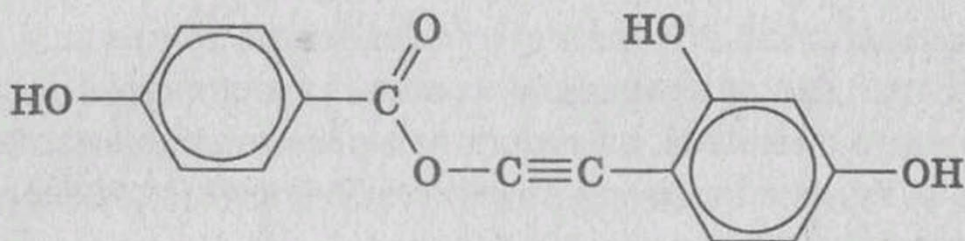
**Итого 12 баллов**

#### Задание 5.

Вещество природного происхождения А содержит углерод (66,6%), водород (3,7%) и кислород. Это вещество с избытком уксусного ангидрида в присутствии ацетата натрия образует вещество Б ( $C_{21}H_{16}O_8$ ). После нагревания щелочного раствора А на воздухе и последующего подкисления образовалась 4-гидроксibenзойная кислота, 2,4-дигидроксibenзойная кислота и оксид углерода в эквимолярном соотношении. Определите возможные структурные формулы веществ А и Б.

## Решение

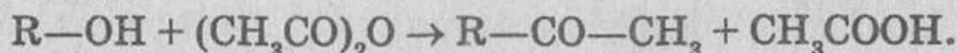
1) По известным массовым долям элементов определяем простейшую формулу вещества А:  $C_3H_2O$ . В молекуле А имеются два бензольных кольца и еще три атома углерода, всего 15 углеродных атомов, следовательно, для получения истинной формулы индексы простейшей формулы нужно умножить на 5:  $C_{15}H_{10}O_5$ . В реакции ацилирования активны гидроксогруппы. Число вводимых в молекулу ацильных остатков  $\frac{21-15}{2} = 3$ , значит, молекула исходного вещества содержит три гидроксогруппы. Учитывая строение продуктов окислительного гидролиза, а также рассчитанную истинную формулу вещества А, получим для него всего лишь две возможные структуры:



Обнаружив фрагмент  $\beta$ -резорциловой кислоты во второй структурной формуле, можно с уверенностью утверждать, что это и есть структура природного вещества А.

Вещество Б является ацильным производным вещества А: водородные атомы гидроксогрупп замещены радикалами  $-COCH_3$ .

2) Ацилирование:



При окислении и последующем гидролизе углерод при тройной связи, соединенный с эфирным кислородом, переходит в углекислый газ.

3) Молекулу спирта атакует именно ацетат-анион, поставляемый в реакции ацилирования ацетатом натрия.

Простейшая формула 3 балла

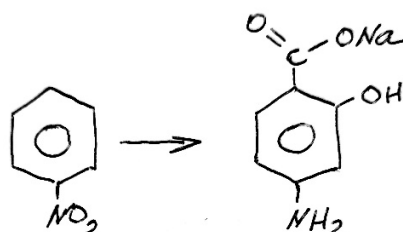
Истинная формула 3 балла

Структурные формулы вещества А по 2 балла (4 балла)  
 Структурные формулы вещества Б по 1 баллу (2 балла)

Итого 12 баллов

**Задание 6.**

Запишите уравнения реакций цепочки синтеза противотуберкулезного лекарственного препарата п-аминосалицилата натрия из нитробензола. Используйте указанные реактивы, которые могут быть использованы один или несколько раз, а могут не использоваться совсем. На каждой стадии должен получаться только один органический продукт.



- HNO<sub>3</sub> (разб.), t
- CO<sub>2</sub>, t, P
- Fe, HCl, t
- CH<sub>3</sub>Cl, AlCl<sub>3</sub>, t
- Олеум, t
- NaOH (тверд), t
- C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, t
- NaOH (раствор), t

**Решение**

За реакцию 2 балла, итого 10 баллов

