



# Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Химические технологии»

11 класс

Заключительный этап

2024-2025

## Задания, ответы и критерии оценивания

### Задача 1 (максимально 10 баллов)

Определите массу хлорида натрия NaCl, необходимого для приготовления 250 см<sup>3</sup> раствора с молярной концентрацией 0,15 моль/дм<sup>3</sup>. Определите титр раствора. Молярная масса M(Na) = 23 г/моль, M(Cl) = 35 г/моль.

#### Решение:

Масса  $m(\text{NaCl}) = c \cdot V \cdot M(\text{NaCl}) \cdot 10^{-3} = 0,15 \cdot 250 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 2,175 \text{ г}$

Титр раствора =  $m(\text{NaCl})/V_{\text{раствора}} = 2,175/250 = 0,0087 \text{ г/см}^3$

**Ответ:**  $m(\text{NaCl}) = 2,175 \text{ г}$ , титр раствора =  $0,0087 \text{ г/см}^3$ .

| Номер критерия | Количество баллов | Описание                                     |
|----------------|-------------------|----------------------------------------------|
| 1              | 2                 | Написан только ответ                         |
| 2              | 5                 | рассуждения приведены верно, ответ ошибочный |
| 3              | 10                | задача решена верно, описано решение         |

### Задача 2 (максимально 35 баллов)

Составьте материальный баланс муфельной печи цеха, производящего оксид цинка путем сжигания металлического цинка в токе воздуха. Производительность печи – сжигание 36 т цинка в сутки. Степень окисления цинка составляет 0,96. Остальное – потери при загрузке печи – «излитки» (металлический цинк). Коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 3$ . Молярные массы  $M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ г/моль}$ ,  $M(\text{O}) = 16,00 \text{ г/моль}$ .

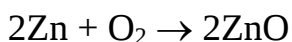
Расчет следует вести по сжигаемому цинку в кг/ч.

Ответ представить в виде таблицы

| ВВЕДЕНО                          |           | ВЫВЕДЕНО                         |           |
|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| Наименование вещества/соединения | Масса, кг | Наименование вещества/соединения | Масса, кг |
|                                  |           |                                  |           |
|                                  |           |                                  |           |
|                                  |           |                                  |           |
| СУММАРНО                         |           | СУММАРНО                         |           |

#### Решение:

1. Процесс получения оксида цинка описываем уравнением:



2. Определим производительность печи в кг/ч

$$36000/24 = 1500 \text{ кг/ч цинка (сырье)}$$

3. Масса цинка, окисленного до ZnO

$$m(\text{Zn}) = 1500 \cdot 0,96 = 1440 \text{ кг;}$$

выразим в количестве вещества

$$v(\text{Zn}) = m(\text{Zn})/M(\text{Zn}) = 1440/65,4 = 22 \text{ кмоль}$$

4. В виде излитков остается неокисленного цинка:

$$m(\text{Zn})_{\text{излитки}} = 1500 - 1440 = 60 \text{ кг}$$

5. Количество вещества кислорода, расходуемое на окисление цинка по уравнению реакции в 2 раза меньше, количества вещества цинка. Соответственно, количество вещества  $v(\text{O}_2) = 11 \text{ кмоль}$ , с учетом избытка в систему вводится  $v_2(\text{O}_2) = 11 * 3 = 33 \text{ кмоль}$ . Отсюда найдем массу кислорода  $m(\text{O}_2) = v_2(\text{O}_2) * M(\text{O}_2) = 33 * 32 = 1056 \text{ кг}$ .

6. В результате реакции образовалось оксида цинка:  $v(\text{ZnO}) = 22 \text{ кмоль}$ , соответственно  $m(\text{ZnO}) = v(\text{ZnO}) * M(\text{ZnO}) = 22 * 81,4 = 1790,8 \text{ кг}$

7. Массу избыточного не использованного кислорода определим, заполнив таблицу.

| ВВЕДЕНО                          |           | ВЫВЕДЕНО                         |           |
|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| Наименование вещества/соединения | Масса, кг | Наименование вещества/соединения | Масса, кг |
| Цинк                             | 1500      | Оксид цинка                      | 1790,8    |
| Кислород                         | 1056      | Цинк «излитки»                   | 60        |
|                                  |           | Кислород                         | 705,2     |
| СУММАРНО                         | 2556      | СУММАРНО                         | 2556      |

В расчёте также может быть приведен азот (в составе воздуха). Поскольку азот поступает в печь и выходит в неизменном виде им можно пренебречь. Отображение в материальном балансе не будет являться ошибкой.

### Критерии оценивания:

| Номер критерия | Количество баллов | Описание критерия                                                                      |
|----------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | 1                 | Написан только ответ                                                                   |
| 2              | 5                 | Написано уравнение реакции                                                             |
| 3              | 10                | Частично приведено решение, таблица не заполнена                                       |
| 4              | 25                | Написано уравнение реакции, полностью описано решение, таблица не заполнена            |
| 5              | 35                | Написано уравнение реакции, приведены расчёты, заполнена таблица материального баланса |

### Задача 3 (максимально 40 баллов)

Предложите технологическую схему блока химических установок для очистки сточных вод цеха окраски рулонной стали, если известно, что основные вредные вещества в сточных водах это: хром (в виде  $\text{Cr}^{6+}$ ), цинк (в виде  $\text{Zn}^{2+}$ ), фосфаты, нитраты (в виде  $\text{NO}_3^{1-}$ ) и масляная эмульсия. Напишите, где это возможно, уравнения реакций обезвреживания стоков.

Задание проектное, чем подробнее описана схема очистки, тем больше баллов.

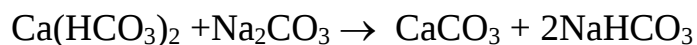
### Задача 4 (максимально 15 баллов)

Определите карбонатную жесткость воды, если в 1 литре содержится 0,625 грамма гидрокарбоната кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ? Какими методами можно снизить карбонатную жесткость? Напишите уравнение реакции.

**Решение:**

Кипячение  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Добавить кальцинированную соду



В одном моле  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  содержится 1 моль ионов  $\text{Ca}^{2+}$ . Молярная масса гидрокарбоната кальция равно  $M(\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2) = 162,04$  г/моль, а молярная масса ионов кальция  $M(\text{Ca}^{2+}) = 40,04$  г/моль.

Соответственно  $m(\text{Ca}^{2+}) = 0,625 \cdot 40,04 / 162,04 = 0,15$  г = 150 мг

Формула карбонатной жесткости:

$$J_k = \frac{m(\text{Ca}^{2+})}{M_3(\text{Ca}^{2+}) \cdot V} = \frac{150}{20,04 \cdot 1} = 7,5 \text{ ммоль/л}$$

### Критерии оценивания:

| Номер критерия | Количество баллов | Описание критерия                                          |
|----------------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 1              | 1                 | Написан только ответ (жесткость)                           |
| 2              | 2                 | Написано хотя бы одно уравнение реакции снижения жесткости |
| 3              | 4                 | Написаны обе реакции снижения жесткости                    |
| 4              | 15                | Написаны уравнения реакции, полностью описано решение      |