



Многопрофильная инженерная олимпиада «Звезда» «Химические технологии»

7-8 классы

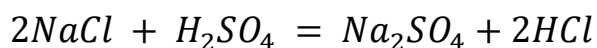
Заключительный этап

2024-2025

Задания, ответы и критерии оценивания

Задача 1 (максимум 20 баллов)

Получение соляной кислоты по сульфатному методу можно описать уравнением реакции:



Определите сколько можно получить 35 % соляной кислоты из 500 г из каменной соли NaCl, если известно, что в ней 5 % примесей, а степень превращения NaCl составляет 94 %.

Молярная масса $M(Na) = 23$ г/моль, $M(Cl) = 35,5$ г/моль, $M(S) = 32$ г/моль, $M(O) = 16$ г/моль, $M(H) = 1$ г/моль.

Решение

1. Определим теоретическую массу соляной кислоты, которую можно получить по представленному уравнению:

$$m(HCl)_{\text{теор.}} = (500 \times 36,5) / 58,5 = 312 \text{ г}$$

$M(HCl) = 36,5$ г/моль; $M(NaCl) = 58,5$ г/моль.

2. Определим практическую массу соляной кислоты, получаемой в результате синтеза:

$$m(HCl)_{\text{практ.}} = 312 \times (1 - 0,05) \times 0,94 = 278,6 \text{ г.}$$

3. Определим массу 35 % раствора соляной кислоты: $278,6 / 0,35 = 796 \text{ г.}$

Ответ: 769 г раствора 35 % соляной кислоты.

Критерии оценивания:

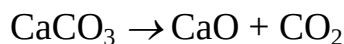
Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	5	Написан только ответ
2	10	Приведены рассуждения в правильном направлении, ответ не найден или ошибочный
3	20	Задача решена любым способом, полностью описано решение, ответ верный.

Задача 2 (максимум 20 баллов)

При обжиге 3 т породы, содержащей 5 % по массе примесей (остальное $CaCO_3$) было получено 2,9 т технической извести, в которой массовая доля CaO составила 86 %.

Молярная масса $M(Ca) = 40$ г/моль, $M(C) = 12$ г/моль; $M(O) = 16$ г/моль.

Рассчитайте выход продукта в этой реакции.



Побочным продуктом реакции является углекислый газ. Напишите уравнение качественной реакции для определения углекислого газа.

Решение:

1. Определим массу CaO

$$m(\text{CaO}) = 2900 \text{ кг} \cdot 0,86 = 2494 \text{ кг}$$

2. Определим массу CaCO₃

$$m(\text{CaCO}_3) = 3000 \text{ кг} \cdot (1 - 0,05) = 2850 \text{ кг}$$

3. Определим молярную массу CaO

$$M(\text{CaO}) = 40 + 16 = 56 \text{ кг/кмоль}$$

4. Определим молярную массу CaCO₃

$$M(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 16 \cdot 3 = 100 \text{ кг/кмоль}$$

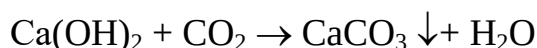
5. Найдём теоретический выход CaO

$$w_{\text{теор.}}(\text{CaO}) = 2850 \cdot 56 / 100 = 1596 \text{ кг}$$

Выход продукта – это отношение практически полученной массы продукта к максимальной теоретически возможной.

$$\text{Выход продукта CaO } X = 1596/2494 \cdot 100 \% = 64 \%$$

Ответ: выход целевого продукта CaO составит 64 %; качественная реакция – пропускание углекислого газа через известковую воду. В результате реакции образуется нерастворимый карбонат кальция, который вызывает помутнение известковой воды.



Критерии оценивания:

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	5	Написан только ответ
2	15	Решение расписано, ответ верный
3	20	Решение расписано, ответ верный, приведен правильный ответ на дополнительный вопрос про качественную реакцию

Задача 3 (максимум 25 баллов)

Определите массовые доли элементов Cu, S, O в кристаллогидрате CuSO₄·5H₂O, а также их оксидов CuO, SO₃, H₂O.

Молярная масса M(Cu) = 63,5 г/моль, M(S) = 32 г/моль, M(O) = 16 г/моль, M(H) = 1 г/моль.

Решение:

Найдем молярную массу кристаллогидрата

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 64 + 32 + 4 \cdot 16 + 5 \cdot 18 = 64 + 32 + 64 + 90 = 250 \text{ г/моль}$$

Находим массовые доли элементов в кристаллогидрате

$$w(\text{Cu}) = 64 \cdot 100 / 250 = 25,6 \%$$

$$w(\text{S}) = 32 \cdot 100 / 250 = 12,8 \%$$

$$w(\text{O}) = 9 \cdot 16 \cdot 100 / 250 = 57,6 \%$$

Находим массовые доли оксидов



$$w(\text{CuO}) = (64 + 16) \cdot 100 / 250 = 32 \%$$

$$w(\text{SO}_3) = (32 + 16 \cdot 3) \cdot 100 / 250 = 32 \%$$

$$w(\text{H}_2\text{O}) = (5 \cdot (16 + 2)) \cdot 100 / 250 = 36 \% \text{ или } 100 \% - 32 \% - 32 \% = 36 \%$$

Ответ: $w(\text{Cu}) = 25,6 \%$; $w(\text{S}) = 12,8 \%$; $w(\text{O}) = 57,6 \%$; $w(\text{CuO}) = 32 \%$; $w(\text{SO}_3) = 32 \%$; $w(\text{H}_2\text{O}) = 36 \%$.

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	5	Написан только ответ
2	10	Решение расписано, найдены верно только массовые доли элементов или только оксидов элементов
3	25	Решение расписано, ответ верный

Задача 4 (максимум 35 баллов)

Выход продукта – отношение количества полученного целевого продукта к его количеству, которое должно быть получено по стехиометрическому уравнению. Как правило, выражают в процентах.

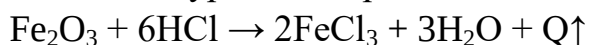
Производительность – это количество выработанного продукта или переработанного сырья в единицу времени. Производительность выражается в кг/ч, т/сут, м³/ч и т.д

В лаборатории получали хлорид железа (III) путем взаимодействия 20 г оксида железа (III) с соляной кислотой. Определите параметры технологического процесса (выход продукта, производительность), если в результате описанного синтеза получили 37 г хлорида железа (III). Синтез занял 15 минут.

Молярная масса $M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}$; $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ г/моль}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ г/моль}$, $M(\text{H}) = 1 \text{ г/моль}$.

Решение:

1. Напишем уравнение реакции.



2. Молярная масса $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 159,7 \text{ г/моль}$

Молярная масса $M(\text{FeCl}_3) = 162,2 \text{ г/моль}$

3. Найдем теоретический выход хлорида железа (III)

$20/159,7 = X/2 \cdot 162,2$, отсюда $X = 40,6 \text{ г}$

4. Выход продукта составит $X_1 = 37/40,6 \cdot 100 \% = 91 \%$

5. Производительность $\Pi = 37 / 15 = 2,5 \text{ г/мин.}$

Ответ: Выход продукта составил 91 %, производительность процесса 2,5 г/минуту

Критерии оценивания:

Номер критерия	Количество баллов	Описание критерия
1	5	Написан только ответ
2	10	Написано верно уравнение реакции
3	15	Найден теоретический выход продукта
4	35	Приведено решение, написана реакция, получен правильный ответ.