

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

ПО ХИМИИ 2025–2026 уч. г.

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС.

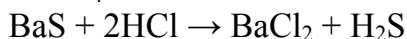
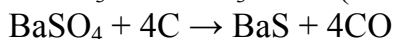
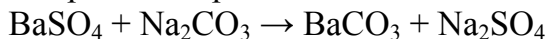
КЛЮЧИ

Время выполнения 180 минут. Максимальное кол-во баллов – 100.

Задача 9-1.

1. Формулы веществ: **A** – BaSO_4 , **B** – $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, **C** – BaCl_2 , **X** – Ba .

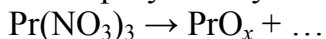
2. Уравнения реакций:



3. Реакция сульфата бария с содой в водном растворе протекает неглубоко, и при появлении в растворе небольших количеств сульфата натрия достигается равновесие. Это означает, что раствор соды для его дальнейшего использования следует освободить от примеси сульфата натрия. Эффективные и экономичные способы такой переработки раствора соды пока не разработаны.

Задача 9-2.

1. Схема реакции разложения нитрата празеодима (уравнены только атомы празеодима, который не образует летучих продуктов):

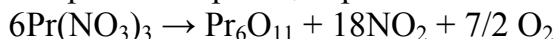


Выполним расчет, используя для нахождения молярных масс значения атомных масс, округленные до десятых долей, что обеспечит четыре верные цифры в ответе. Это будет соответствовать точности приведенных в условии масс веществ. Молярные массы $M(\text{Pr}(\text{NO}_3)_3) = 326.9$ г/моль, $M(\text{PrO}_x) = 140.9 + 16x$. Исходя из масс веществ в условии и учитывая стехиометрические коэффициенты в схеме, получаем пропорцию:

$$1.0000 / 326.9 = 0.5208 / (140.9 + 16x),$$

откуда $x = 1.834$, что соответствует отношению небольших целых чисел $x = 11/6$. Формулу оксида празеодима можно записать в виде Pr_6O_{11} .

2. Уравнение реакции разложения:



Согласно уравнению, в газовой смеси на каждые 18 моль диоксида азота приходится 3.5 моль кислорода, всего 21.5 моль. Молярная доля диоксида азота $x(\text{NO}_2) = 18 / 21.5 = 0.8372$, молярная доля кислорода $x(\text{O}_2) = 3.5 / 21.5 = 0.1628$. Молярная масса газовой смеси $M = 0.8372 \cdot 46 + 0.1628 \cdot 32 = 43.72$ г / моль. Плотность по водороду $D = 43.72 / 2 = 21.86$.

Задача 9-3.

1. Выразим содержание нитрата серебра в насыщенных растворах при указанных температурах через массовую долю. При 20 °С раствор содержит 100 г воды и 223 г нитрата серебра, общая масса раствора будет $100 + 223 = 323$ г, тогда массовая доля $\omega^{20\text{ °С}}(\text{AgNO}_3) = 223/323 = 0.6904$, аналогично для других температур: $\omega^{40\text{ °С}}(\text{AgNO}_3) = 373/473 = 0.7886$, $\omega^{100\text{ °С}}(\text{AgNO}_3) = 912/1012 = 0.9012$.

Для раствора при 100 °С. Обозначим массу всего насыщенного раствора как m . Тогда масса нитрата серебра, растворенная в нем, будет равна $0.9012m$.

Для раствора при 20 °С. Масса нитрата серебра в нем будет равна $0.6904 \times 100 \text{ г} = 69.04 \text{ г}$.

Для раствора при 40 °С. Общая масса раствора складывается из масс растворов при смешивании за вычетом массы выпавшего осадка: $m_{\text{р-ра}} = 100 + m - 50 = 50 + m$. Масса нитрата серебра в таком растворе будет равна сумме масс AgNO_3 , полученных из растворов при 20 °С и при 100 °С за вычетом массы выпавшего в осадок: $m(\text{AgNO}_3) = 69.04 \text{ г} + 0.9012m - 50 \text{ г} = 19.04 \text{ г} + 0.9012m$. Тогда массовая доля нитрата серебра в таком растворе будет равна: $0.7886 = (19.04 + 0.9012m)/(50 + m)$. Откуда $m = 181.1 \text{ г}$.

2. Для приготовления 100 г насыщенного при 20 °С раствора потребуется нитрата серебра $m(\text{AgNO}_3) = 100 \text{ г} \times 0.6904 = 69.04 \text{ г}$, масса воды будет $m(\text{H}_2\text{O}) = 100 - 69.04 = 30.96 \text{ г}$.

Задача 9-4.

1. Уравнение реакции, протекающей в термитной смеси: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2 \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{Fe}$.

2. Так как образовался сплав железа с алюминием, то в исходной термитной смеси присутствует избыток металлического алюминия. Примем массу образовавшегося сплава 100 г. Тогда масса алюминия в нем $m(\text{Al}) = \omega(\text{Al}) \times m(\text{сплава}) = 0.13 \times 100 \text{ г} = 13 \text{ г}$, а масса железа (Fe) = $100 - m(\text{Al}) = 87 \text{ г}$. Количество вещества $n(\text{Fe}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) = 87 \text{ г}/56(\text{г/моль}) = 1.554 \text{ моль}$.

Тогда по уравнению реакции количество вещества оксида железа(III) и его масса будут равны $n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1/2n(\text{Fe}) = 0.777 \text{ моль}$, $m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = n(\text{Fe}_2\text{O}_3) \times M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.777 \text{ моль} \times 160(\text{г/моль}) = 124.32 \text{ г}$. Количество вещества и масса алюминия, вступившего в реакцию, будут равны $n(\text{Al}) = n(\text{Fe}) = 1.554 \text{ моль}$, $m(\text{Al}) = 1.554 \text{ моль} \times 27(\text{г/моль}) = 41.958 \text{ г}$. Общая масса алюминия $m_0(\text{Al}) = 13 \text{ г} + 41.958 \text{ г} = 54.958 \text{ г}$.

Тогда общая масса термитной смеси $m(\text{термита}) = m_0(\text{Al}) + m(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 54.958 + 124.32 \text{ г} = 179.278 \text{ г}$. Массовая алюминия в этой смеси будет $\omega(\text{Al}) = m(\text{Al})/m(\text{термита}) = 54.958/179.278 = 0.3066$ (30.66 %), массовая доля железа 69.34 %.

Задача 9-1.	
За формулы веществ (4 вещества) по 3 балла	12 баллов
За уравнения реакций (4 уравнения) по 2 балла	8 баллов
За объяснение нецелесообразности превращения А действием соды	5 баллов
Всего	25 баллов
Задача 9-2.	
За обращение к стехиометрической схеме	3 балла
За выражение молярных масс веществ с требуемой точностью (2 вещества) по 2 балла	4 балла
За нахождение формулы Pr_6O_{11} в небольших целых числах	6 баллов
За уравнение реакции разложения нитрата празеодима	4 балла
За расчет молярных долей компонентов смеси газов	4 балла
За расчет молярной массы газовой смеси	3 балла
За расчет плотности по водороду	1 балл
Всего	25 баллов
Задача 9-3.	
Пересчет растворимости в массовую долю	6 баллов
Расчет массы AgNO_3 в растворе при 40 °С	4 балла
Расчет массы раствора при 40 °С	4 балла
Выражение и расчет массовой доли нитрата серебра в растворе при 40 °С	5 баллов
Расчет массы воды для приготовления раствора при 20 °С	6 баллов
Всего	25 баллов
Задача 9-4.	
За уравнение реакции	5 баллов
За выражение и расчет масс алюминия и железа в сплаве	4 балла
За выражение и расчет количества веществ железа в сплаве	3 балла
За расчет по уравнению реакции количества веществ оксида железа(III) и алюминия	4 балла
За расчет масс оксида железа(III) и алюминия в термите	4 балла
За расчет массовой доли железа(III) и алюминия в термите	5 баллов
Всего	25 баллов