

**Заключительный этап академического соревнования Олимпиады школьников
«Шаг в будущее» по профилю «Химия» специализация «Химия»
(общеобразовательный предмет химия), весна 2024 год**

8, 9 классы

Вариант 1

Задача 1 (10 баллов). Напишите уравнение реакций, соответствующих указанной схеме, с учётом, что реакции * окислительно-восстановительные. Для всех окислительно-восстановительных реакций приведите схемы электронного баланса. Укажите примерные условия проведения реакций.



Задача 2 (10 баллов). В лаборатории имеется 1 л смеси газов, состоящей из кислорода, неона и аргона. Установлено, что в смеси на 10 атомов кислорода приходится 4 атома неона и 1 атом аргона. Рассчитайте массу 1 л газовой смеси при н.у.

Задача 3 (10 баллов). В лаборатории имеется сосуд со смесью двух солей, содержащих различные катионы и анионы. Эту смесь обработали избытком разбавленной серной кислоты при нагревании. После завершения выделения газа и отделения осадка в растворе оказались только ионы водорода и сульфат-ионы. На основании проделанного эксперимента предложите вариант возможного состава смеси. Приведите уравнения реакций и объясните ваш выбор смеси солей.

Задача 4 (15 баллов). Напишите схему окислительно-восстановительного процесса, в котором два элемента окислителя находятся в составе одной молекулы. Уравняйте схему реакции методом электронного баланса и укажите эти элементы-окислители.

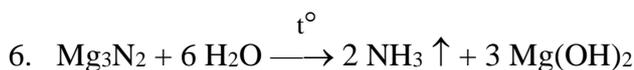
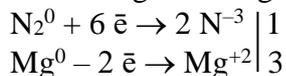
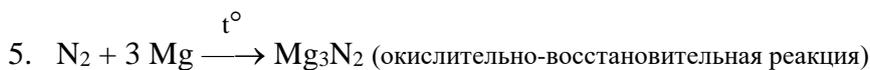
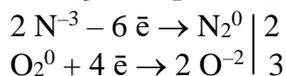
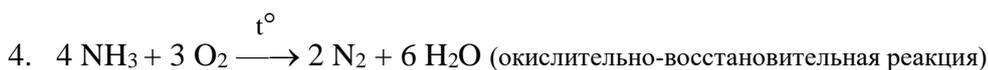
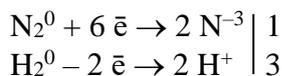
Задача 5 (15 баллов). Смесь, состоящую из 5,6 л азота и 5,6 л водорода (н.у.) пропустили над нагретым никелевым катализатором. Для нейтрализации образовавшегося вещества затрачено 0,125 моль хлороводорода. Определите объемную долю непрореагировавшего азота после пропускания над катализатором.

Задача 6 (20 баллов). В В лаборатории имеется образец магния массой 8,4 г. Этот образец сожгли на воздухе. Полученное твердое вещество белого цвета может раствориться в 195 г раствора соляной кислоты с массовой долей вещества 15%. Какие вещества и в каком количестве были получены в результате реакции с соляной кислотой?

Задача 7 (20 баллов). N-ский завод выпускает в день 1000 тонн двойного суперфосфата $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. Сырьем для его производства служит апатит $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$. Лишний кальций отправляется в отходы в виде гипса CaSO_4 . Сколько железнодорожных вагонов (емкостью 63 тонны каждый) ежедневно нужно для вывоза отходов производства двойного суперфосфата? Для справок: при производстве суперфосфата используют серную кислоту.

Решение варианта 1

1. Один из возможных вариантов решения.



2. Количество смеси газов составляет $v_{\text{см}} = \frac{V_{\text{смеси}}}{V_M} = \frac{1}{22,4} \approx 0,045$ моль

Пусть количество атомов аргона в смеси $v(\text{Ar}) = X$ моль;

Тогда $v(\text{Ne}) = 4 \cdot X$ моль;

Количество атомов кислорода составляет

$v(\text{O}) = 10 \cdot X$ моль $\Rightarrow v(\text{O}) = \frac{1}{2} v(\text{O}_2) = 5 \cdot X$ моль;

$v_{\text{см}} = 5X + 4X + X = 0,045$ моль $\Rightarrow X \approx 0,0045$ моль

$v(\text{O}_2) = 5 \cdot 0,0045 = 0,0225$ моль $\Rightarrow m(\text{O}_2) = 0,0225 \cdot 32 = 0,72$ г

$M(\text{O}_2) = 32$ г/моль

$v(\text{Ne}) = 4 \cdot 0,0045 = 0,018$ моль $\Rightarrow m(\text{Ne}) = 0,018 \cdot 20 = 0,36$ г

$M(\text{Ne}) = 20$ г/моль

$v(\text{Ar}) = 0,0045$ моль $\Rightarrow m(\text{Ar}) = 0,0045 \cdot 40 = 0,18$ г

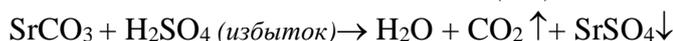
$M(\text{Ar}) = 40$ г/моль

$m_{\text{см}} = m(\text{O}_2) + m(\text{Ne}) + m(\text{Ar}) = 1,26$ г

Ответ. $m_{\text{см}} = 1,26$ г

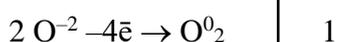
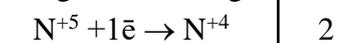
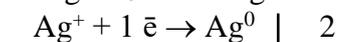
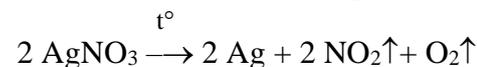
3. Один из возможных вариантов решения.

Смесь солей состоит из SrCO_3 и $\text{Ba}(\text{HS})_2$.

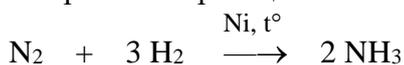


В растворе остаются только ионы H^+ и SO_4^{2-} вещества, которое находится в избытке.

4. Один из возможных вариантов решения.



5. Уравнение реакции



Исходные количества веществ $\nu(\text{H}_2) = 0,25$ моль; $\nu(\text{N}_2) = 0,25$ моль.

Определим избыток/недостаток веществ в исходной смеси



1 моль – 3 моль

$X - 0,25$ моль $\Rightarrow X = \frac{1 \cdot 0,25}{3} \approx 0,083$ моль = $\nu(\text{N}_2)_{(\text{по уравнении})} < \nu(\text{N}_2) = 0,25$ моль $\Rightarrow \text{N}_2$ в избытке.

Определим количество образовавшегося аммиака в результате реакции



1 моль — 1 моль

Y моль — 0,125 моль $\Rightarrow Y = 0,125$ моль = $\nu(\text{NH}_3)$

Определим количества веществ вступивших в реакцию



1 моль – 3 моль — 2 моль

$\nu'(\text{N}_2) - \nu'(\text{H}_2) - \nu(\text{NH}_3) = 0,125$ моль

$\nu'(\text{N}_2) = 0,125 \cdot 1/2 = 0,0625$ моль – количество прореагировавшего N_2

$\nu'(\text{H}_2) = 0,125 \cdot 3/2 = 0,1875$ моль – количество прореагировавшего H_2

Определим состав газовой смеси после пропускания над катализатором

$\nu''(\text{N}_2) = \nu(\text{N}_2) - \nu'(\text{N}_2) = 0,25 - 0,0625 = 0,1875$ моль – количество непрореагировавшего N_2

$\nu''(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) - \nu'(\text{H}_2) = 0,25 - 0,1875 = 0,0625$ моль – количество непрореагировавшего H_2

$\nu''(\text{NH}_3) = 0,125$ моль

Количество газов в смеси после реакции $\nu(\text{смеси}) = \nu''(\text{N}_2) + \nu''(\text{H}_2) + \nu''(\text{NH}_3) = 0,375$ моль

Объемная доля азота после реакции $\varphi(\text{N}_2) = \frac{\nu''(\text{N}_2)}{\nu(\text{смеси})} = \frac{\nu''(\text{N}_2)}{\nu(\text{смеси})} = \frac{0,1875}{0,375} = 0,5$

Ответ. $\varphi(\text{N}_2) = 0,5$

6. Количество вещества магния составляет

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{8,4}{24} = 0,35 \text{ моль} \quad M(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль}$$

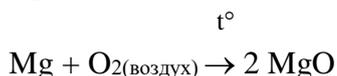
Масса соляной кислоты в растворе

$$m_{\text{в-ва}}(\text{HCl}) = \frac{m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) \cdot \omega_{\text{р-ра}}(\text{HCl})}{100\%} = \frac{195 \cdot 15}{100} = 29,25 \text{ г}$$

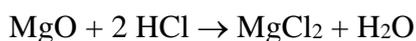
Количество вещества соляной кислоты в растворе

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{m_{\text{в-ва}}(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{29,25}{36,5} \approx 0,8 \text{ моль} \quad M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$$

Уравнение окисления магния кислородом воздуха



Уравнение реакции растворения оксида магния в соляной кислоте



1 моль – 2 моль – 1 моль

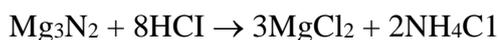
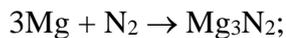
0,35 моль – 0,7 моль – 0,35 моль = $\nu(\text{MgCl}_2)$

Количество вещества HCl необходимое для перевода оксида магния в раствор равно 0,7 моль.

При этом должно образоваться $\nu(\text{MgCl}_2) = 0,35$ моль

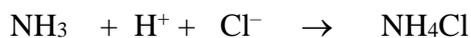
В действительности на этот процесс израсходовалось 0,8 моль соляной кислоты, т.е. на 0,1 моль соляной кислоты больше.

Значит при сгорании магния на воздухе был получен не только оксид, но и нитрид магния



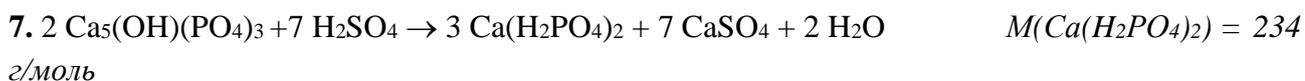
Следовательно, дополнительные 0,1 моль HCl пошли на образование хлорида аммония.

Чтобы перевести в раствор 0,35 моль Mg (все равно, через оксид или нитрид), требуется 0,7 моль HCl и при этом получается 0,35 моль хлорида магния



Таким образом, в результате реакции белого вещества с HCl получено 0,35 моль MgCl₂ и 0,1 моль NH₄Cl.

Ответ. $v(\text{MgCl}_2) = 0,35$ моль и $v(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1$ моль.



Количество ежедневно выпускаемого двойного суперфосфата составляет

$$v(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) / M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 1000.000.000 \text{ г} / 234 \text{ г/моль} \approx 4,27 \cdot 10^6 \text{ моль}$$

Количество гипса, уходящего при этом в отходы, составляет

$$v(\text{CaSO}_4) = 7/3 \cdot v(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 7/3 \cdot 4,27 \cdot 10^6 \approx 9,97 \cdot 10^6 \text{ моль.}$$

Масса гипса, уходящего отходы

$$M(\text{CaSO}_4) = 136 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{CaSO}_4) = v(\text{CaSO}_4) \cdot M(\text{CaSO}_4) = 9,97 \cdot 10^6 \cdot 136 \approx 1355 \cdot 10^6 \text{ г} \approx 1355 \text{ т.}$$

Для вывоза этой массы нужно $n = 1355(\text{т}) / 63(\text{т/вагон}) \approx 21,5 \approx 22$ вагона

Ответ. $n \approx 21,5 \approx 22$ вагона.

Химия, специализация «Химия» критерии оценивания 8, 9 классы

Критерии оценивания задания 1		
Решение содержит следующие элементы <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		Максимальный балл за элемент решения <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Уравнения всех химических реакций (по 1 баллу за каждую реакцию)	1·6 = 6
2	Схемы электронного баланса (по 1 баллу за каждую схему)	1·3 = 3
3	Условия проведения реакций	1

Критерии оценивания задания 2		
Решение содержит следующие элементы <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		Максимальный балл за элемент решения <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Количество вещества смеси газов	2
2	Количества вещества каждого газа в смеси	3
3	Массы газов в смеси	3
3	Масса смеси газов	2

Критерии оценивания задания 3		
Решение содержит следующие элементы <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		Максимальный балл за элемент решения <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Предложен состав смеси солей	2
2	Приведены уравнения реакций	4
3	Приведено объяснение выбора солей	4

Критерии оценивания задания 4		
Решение содержит следующие элементы <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		Максимальный балл за элемент решения <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Приведена схема окислительно-восстановительной реакции	5
2	Составлена схема электронного баланса реакции	5
3	Написано уравнение окислительно-восстановительной реакции и указаны окислители и восстановители	5

Критерии оценивания задания 5		
Решение содержит следующие элементы		Максимальный балл за элемент решения

<i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Уравнения химических реакций	3
2	Расчет избытка/недостатка веществ газовой смеси	3
3	Расчет количества образовавшегося аммиака	3
4	Расчет состава смеси после реакции	3
5	Определение объемной доли азота в полученной смеси	3

Критерии оценивания задания 6		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Уравнение окисления магния кислородом воздуха	2
2	Определение количества вещества соляной кислоты	4
3	Расчет избытка соляной кислоты	4
4	Уравнение окисления магния азотом воздуха	2
5	Уравнение реакции взаимодействия избытка соляной кислоты с аммиаком	4
6	Расчет масс и количеств веществ в полученном растворе	4

Критерии оценивания задания 7		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> <i>(элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> <i>(баллы за каждый верный элемент решения суммируются)</i>
1	Уравнение химической реакции	4
2	Расчет количества продукта производства	4
3	Расчет количества отхода производства	4
4	Расчет массы отхода производства	4
5	Расчет массы продукта реакции	4