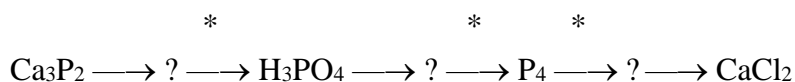


**Заключительный этап академического соревнования Олимпиады школьников
«Шаг в будущее» по профилю «Химия» специализация «Химия»
(общеобразовательный предмет химия), весна 2024 год**

8, 9 классы

Вариант 2

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, криптона и гелия. Установлено, что в смеси на 12 атомов кислорода приходится 1 атом криптона и 2 атома гелия. Рассчитайте массу 1 л газовой смеси при н.у.

Задача 3 (10 баллов). В лаборатории имеется емкость с раствором смеси двух солей. К этому раствору добавили избыток раствора карбоната калия. После завершения реакции и отделения осадка в растворе, кроме ионов калия и карбонат-ионов присутствовали также хлорид 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 восстановителя находятся в составе одной молекулы. Уравняйте схему реакции методом электронного баланса и укажите эти элементы-восстановители.

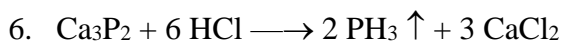
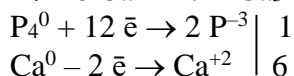
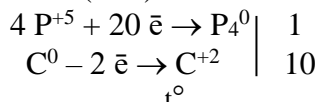
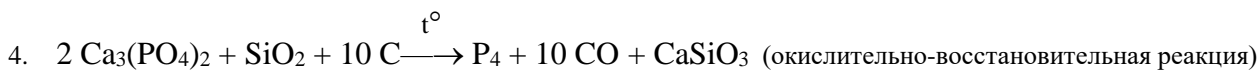
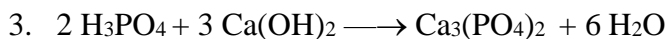
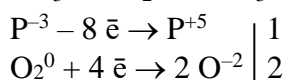
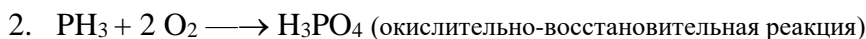
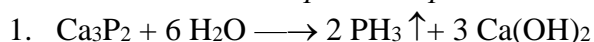
Задача 5 (15 баллов). Смесь, состоящую из 11,2 л азота и 11,2 л водорода пропустили над нагретым никелевым катализатором. Для нейтрализации образовавшегося вещества затрачено 0,15 моль хлороводорода. Определите объемную долю непрореагировавшего азота после пропускания над катализатором.

Задача 6 (20 баллов). В лаборатории имеется образец магния массой 6 г. Этот образец сожгли на воздухе. Полученное твердое вещество белого цвета может раствориться в 243,3 г раствора соляной кислоты с массовой долей вещества 9%. Какие вещества и в каком количестве были получены в результате реакции с соляной кислотой?

Задача 7 (20 баллов). N-ский завод выпускает в день 900 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 57 тонн каждый) ежедневно нужно для вывоза отходов производства двойного суперфосфата? Для справок: при производстве суперфосфата используют серную кислоту.

Решение варианта 2

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 углерода в смеси $v(\text{Kr}) = X$ моль;

Пусть $v(\text{O}) = 12 \cdot X$ моль $\Rightarrow v(\text{O}) = \frac{1}{2} v(\text{O}_2) = 6 \cdot X$ моль;

$v(\text{He}) = 2 \cdot X$ моль;

$v_{\text{см}} = 6X + X + 2X = 0,045$ моль $\Rightarrow X = 0,005$ моль

$v(\text{O}_2) = 6 \cdot 0,005 = 0,03$ моль $\Rightarrow m(\text{O}_2) = 0,03 \cdot 32 = 0,96$ г

$M(\text{O}_2) = 32$ г/моль

$v(\text{Kr}) = 0,005$ моль $\Rightarrow m(\text{Kr}) = 0,005 \cdot 84 = 0,42$ г

$M(\text{Kr}) = 84$ г/моль

$v(\text{He}) = 2 \cdot 0,005 = 0,01$ моль $\Rightarrow m(\text{He}) = 0,01 \cdot 4 = 0,04$ г

$M(\text{He}) = 4$ г/моль

$m_{\text{см}} = m(\text{O}_2) + m(\text{Kr}) + m(\text{He}) = 1,42$ г

Ответ. $m_{\text{см}} = 1,42$ г

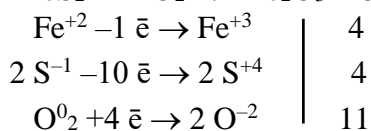
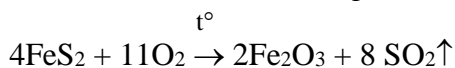
3. Один из возможных вариантов решения.

Раствор смеси солей состоит из CaCl_2 и CaSO_4 .

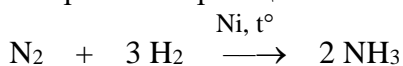


В растворе остаются только ионы K^+ и CO_3^{2-} вещества, которое находится в избытке, а также ионы SO_4^{2-} и Cl^- .

4. Один из возможных вариантов решения.



5. Уравнение реакции



Исходные количества веществ $\nu(\text{H}_2) = 0,5$ моль; $\nu(\text{N}_2) = 0,5$ моль.

Определим избыток/недостаток веществ в исходной смеси



1 моль – 3 моль

$$X - 0,5 \text{ моль} \Rightarrow X = \frac{1 \cdot 0,5}{3} \approx 0,167 \text{ моль} = \nu(\text{N}_2)_{(\text{по уравнению})} < \nu(\text{N}_2) = 0,5 \text{ моль} \Rightarrow \text{N}_2 \text{ в избытке.}$$

Определим количество образовавшегося аммиака в результате реакции



1 моль — 1 моль

$$Y \text{ моль} \text{ — } 0,15 \text{ моль} \Rightarrow Y = 0,15 \text{ моль} = \nu(\text{NH}_3)$$

Определим количества веществ вступивших в реакцию



1 моль – 3 моль — 2 моль

$$\nu'(\text{N}_2) \text{ — } \nu'(\text{H}_2) \text{ — } \nu(\text{NH}_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$\nu'(\text{N}_2) = 0,15 \cdot 1/2 = 0,075 \text{ моль} \text{ — количество прореагировавшего } \text{N}_2$$

$$\nu'(\text{H}_2) = 0,15 \cdot 3/2 = 0,225 \text{ моль} \text{ — количество прореагировавшего } \text{H}_2$$

Определим состав газовой смеси после пропускания над катализатором

$$\nu''(\text{N}_2) = \nu(\text{N}_2) - \nu'(\text{N}_2) = 0,5 - 0,075 = 0,425 \text{ моль} \text{ — количество непрореагировавшего } \text{N}_2$$

$$\nu''(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) - \nu'(\text{H}_2) = 0,5 - 0,225 = 0,275 \text{ моль} \text{ — количество непрореагировавшего } \text{H}_2$$

$$\nu''(\text{NH}_3) = 0,15 \text{ моль}$$

$$\text{Количество газов в смеси после реакции } \nu(\text{смеси}) = \nu''(\text{N}_2) + \nu''(\text{H}_2) + \nu''(\text{NH}_3) = 0,85 \text{ моль}$$

$$\text{Объемная доля азота после реакции } \varphi(\text{N}_2) = \frac{\nu''(\text{N}_2)}{\nu(\text{смеси})} = \frac{\nu''(\text{N}_2)}{\nu(\text{смеси})} = \frac{0,425}{0,85} = 0,5$$

Ответ. $\varphi(\text{N}_2) = 0,5$

6. Количество вещества магния составляет

$$\nu(\text{Mg}) = \frac{m(\text{Mg})}{M(\text{Mg})} = \frac{6}{24} = 0,25 \text{ моль} \quad M(\text{Mg}) = 24 \text{ г/моль}$$

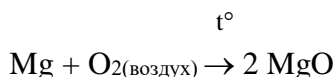
Масса соляной кислоты в растворе

$$m_{\text{в-ва}}(\text{HCl}) = \frac{m_{\text{р-ра}}(\text{HCl}) \cdot \omega_{\text{р-ра}}(\text{HCl})}{100\%} = \frac{243,3 \cdot 9}{100} = 21,9 \text{ г}$$

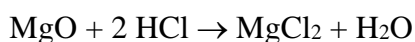
Количество вещества соляной кислоты в растворе

$$\nu(\text{HCl}) = \frac{m_{\text{в-ва}}(\text{HCl})}{M(\text{HCl})} = \frac{21,9}{36,5} \approx 0,6 \text{ моль} \quad M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}$$

Уравнение окисления магния кислородом воздуха



Уравнение реакции растворения оксида магния в соляной кислоте



1 моль – 2 моль – 1 моль

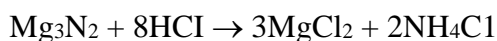
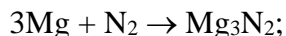
$$0,25 \text{ моль} \text{ — } 0,5 \text{ моль} \text{ — } 0,25 \text{ моль} = \nu(\text{MgCl}_2)$$

Количество вещества HCl необходимое для перевода оксида магния в раствор равно 0,5 моль.

При этом должно образоваться $\nu(\text{MgCl}_2) = 0,25$ моль

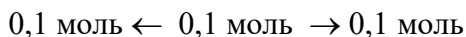
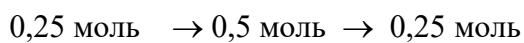
В действительности на этот процесс израсходовалось 0,6 моль соляной кислоты, т.е. на 0,1 моль соляной кислоты больше.

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



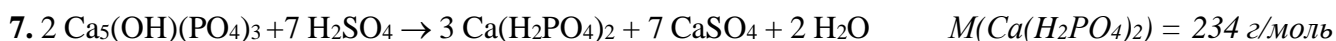
Следовательно, дополнительные 0,1 моль HCl пошли на образование хлорида аммония.

Чтобы перевести в раствор 0,25 моль Mg (все равно, через оксид или нитрид), требуется 0,5 моль HCl и при этом получается 0,25 моль хлорида магния



Таким образом, в результате реакции белого вещества с HCl получено 0,25 моль MgCl₂ и 0,1 моль NH₄Cl.

Ответ. $\nu(\text{MgCl}_2) = 0,25$ моль и $\nu(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,1$ моль.



Количество ежедневно выпускаемого двойного суперфосфата составляет

$$\nu(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) / M(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 900.000.000 \text{ г} / 234 \text{ г/моль} \approx 3,85 \cdot 10^6 \text{ моль}$$

Количество гипса, уходящего при этом в отходы, составляет

$$\nu(\text{CaSO}_4) = 7/3 \cdot \nu(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 7/3 \cdot 3,85 \cdot 10^6 \approx 8,99 \cdot 10^6 \text{ моль.}$$

Масса гипса, уходящего отходы

$$m(\text{CaSO}_4) = \nu(\text{CaSO}_4) \cdot M(\text{CaSO}_4) = 8,99 \cdot 10^6 \cdot 136 = 1221,7 \cdot 10^6 \text{ г} \approx 1.221 \text{ т.} \quad M(\text{CaSO}_4) = 136 \text{ г/моль}$$

Для вывоза этой массы нужно $n = 1.221 \text{ (т)} / 57 \text{ (т/вагон)} \approx 21,4 \approx 22$ вагона

Ответ. $n \approx 21,4 \approx 22$ вагона

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

Критерии оценивания задания 1		
<i>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)
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		
<i>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)
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		
<i>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)
1	Предложен состав смеси солей	2
2	Приведены уравнения реакций	4
3	Приведено объяснение выбора солей	4

Критерии оценивания задания 4		
<i>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)
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		
<i>Решение содержит следующие элементы</i> (элемент решения сделан верно и полно)		<i>Максимальный балл за элемент решения</i> (баллы за каждый

		<i>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 (элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>Максимальный балл за элемент решения (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 (элемент решения сделан верно и полно)</i>		<i>Максимальный балл за элемент решения (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