

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

**10, 11 классы  
Вариант 2**

**Задача 1 (10 баллов).** Промышленный способ получения 1,2-дихлорэтана состоит в окислительном хлорировании этана хлороводородом в присутствии кислорода. Выход продукта составляет ~77% от теоретического. Приведите уравнение реакции процесса и рассчитайте массы (кг) этана и хлороводорода необходимые для получения 1 кг 1,2-дихлорэтана.

**Задача 2 (10 баллов).** В 100 г воды растворили 10,5 г нитрата алюминия. Затем провели электролиз этого раствора. На катоде выделилось 1,5 г вещества. Определите массовую долю (%) нитрата алюминия в растворе после проведения электролиза.

**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).** В пробирках без этикеток находятся: метанол, глицерин, гептан, гептен-1 и гептин-1. Как определить в какой из пробирок находится каждое из веществ, используя минимальное число различных реактивов. Ответ обоснуйте уравнениями химических реакций.

**Задача 5 (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.

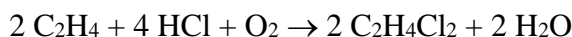
**Задача 6 (20 баллов).** В лаборатории имеется образец магния массой 6 г. Этот образец сожгли на воздухе. Полученное твердое вещество белого цвета может раствориться в 243,3 г раствора соляной кислоты с массовой долей вещества 9%. Какие вещества и в каком количестве были получены в результате реакции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

**Задача 7 (20 баллов).** «Сухой спирт» — это смесь уротропина [гексаметилентетрамина  $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$ ] с небольшим количеством парафина. Его получают выпариванием в вакууме смеси формальдегида  $\text{CH}_2\text{O}$  и аммиака  $\text{NH}_3$ . Впервые это вещество синтезировал А.М. Бутлеров в 1860 г. Гексаметилентетрамин белое кристаллическое вещество со сладковатым вкусом, при горении дает желтовато-голубое пламя (как этиловый спирт), причем золы после сгорания не остается: все продукты горения газообразны при температуре горения. К настоящим спиртам уротропин не имеет никакого отношения.

Приведите химические уравнения получения и горения уротропина. Сколько таблеток сухого спирта, содержащего по 5 г уротропина каждая, необходимо для нагревания воды от 10 до 100 °С объемом 800 мл, если удельная теплоемкость воды  $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ ? Теплота сгорания «сухого спирта»  $q = 30,045 \text{ Мегадж}/\text{кг}$ .

## Решение варианта 2

1. Уравнение реакции окислительного хлорирования этана



$$m_{\text{практ}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) = 1 \text{ кг} = 1000 \text{ г.}$$

$$\text{Выход реакции } \eta = \frac{m_{\text{практ}}}{m_{\text{теор}}} \cdot 100\% \Rightarrow m_{\text{теор}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) = \frac{m_{\text{практ}}}{\eta} \cdot 100\% = \frac{1000}{77} \cdot 100\% \approx 1298,7 \text{ г}$$

$$v_{\text{теор}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) = 1298,7 / 99 \approx 13,1 \text{ моль}$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) = 99$$

г/моль

$$v_{\text{теор}}(\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2) = v(\text{C}_2\text{H}_4) = 2 v(\text{HCl})$$

$$v(\text{C}_2\text{H}_6) = 13,1 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{C}_2\text{H}_6) = 13,1 \cdot 30 \approx 366,8 \text{ г} \approx 0,367 \text{ кг}$$

$$M(\text{C}_2\text{H}_6) = 30 \text{ г/моль}$$

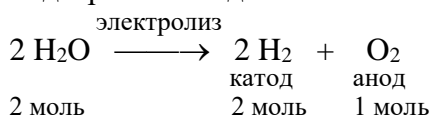
$$v(\text{HCl}) = 2 \cdot 13,1 = 26,2 \text{ моль} \Rightarrow m(\text{HCl}) = 26,2 \cdot 36,5 = 956,3 \text{ г} = 0,956 \text{ кг}$$

$$M(\text{HCl}) = 36,5$$

г/моль

**Ответ.**  $m(\text{C}_2\text{H}_6) = 0,393 \text{ кг}$ ;  $m(\text{HCl}) = 0,956 \text{ кг}$ .

2. Данная соль  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  не подвергается электролизу в водном растворе. Вместо неё электролизу подвергается вода



На катоде образуется водород  $v(\text{H}_2) = 1,5/2 = 0,75 \text{ моль}$

$$M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль}$$

На аноде образуется кислород  $v(\text{O}_2) = 1/2 v(\text{H}_2) = 0,75/2 = 0,375 \text{ моль}$

$$M(\text{O}_2) = 32 \text{ г/моль}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,375 \cdot 32 = 12 \text{ г.}$$

$$\text{Масса раствора до электролиза } m_{\text{р-р}} = m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) + m_{\text{р-р}}(\text{H}_2\text{O}) = 110,5 \text{ г}$$

Масса раствора после электролиза

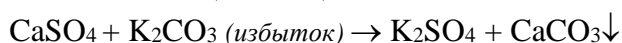
$$m'_{\text{р-р}} = m_{\text{р-р}}(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) - m(\text{O}_2) - m(\text{H}_2) = 110,5 - 1,5 - 12 = 97 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) = \frac{m(\text{Al}(\text{NO}_3)_3)}{m'_{\text{р-р}}} \cdot 100\% = \frac{10,5}{97} \cdot 100\% \approx 10,82\%$$

**Ответ.**  $\omega(\text{Al}(\text{NO}_3)_3) \approx 10,82\%$

3. Один из возможных вариантов решения.

Раствор смеси солей состоит из  $\text{BaCl}_2$  и  $\text{CaSO}_4$ .

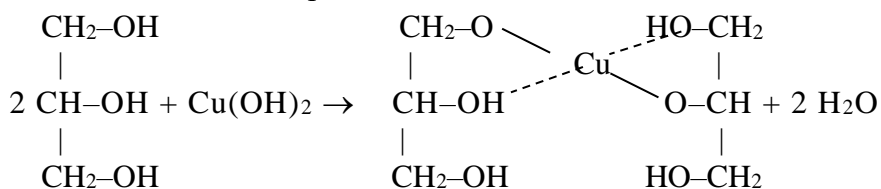
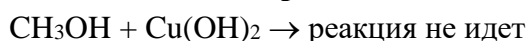


В растворе остаются только ионы  $\text{K}^+$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  вещества, которое находится в избытке, а также ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Cl}^-$ .

4. Один из возможных вариантов решения.

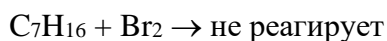
1. При добавлении **воды**, растворяются метанол и глицерин, остальные вещества не растворяются.

2. Добавлением **гидроксила меди (II)** различаем метанол и глицерин:



глицерат меди, раствор ярко-синего цвета

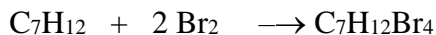
3. Гептан, гептен-1 и гептин-1 различаем по действию **бромной воды**, не реагирует только гексан.



гептан



гептен-1 бурый цвет бесцветное вещество

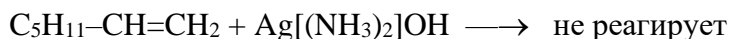


гептин-1 бурый цвет бесцветное вещество

4. Гептин-1 можно отличить от гептена-1 по образованию осадка (пентилацетиленида серебра) под действием аммиачного раствора оксида серебра



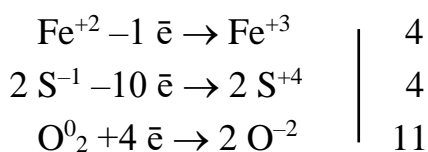
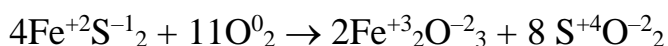
гептин-1 бесцветный раствор осадок светло-серого цвета



гептен-1 бесцветный раствор

Итого 3 реактива, причем вода растворитель, а не реактив.

5. Один из возможных вариантов решения.



6. Количество вещества магния составляет

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

Масса соляной кислоты в растворе

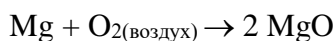
$$m_{в-ва}(HCl) = \frac{m_{р-ра}(HCl) \cdot \omega_{р-ра}(HCl)}{100\%} = \frac{243,3 \cdot 9}{100} = 21,9 \text{ г}$$

Количество вещества соляной кислоты в растворе

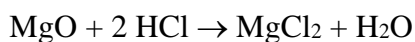
$$v(HCl) = \frac{m_{в-ва}(HCl)}{M(HCl)} = \frac{21,9}{36,5} \approx 0,6 \text{ моль} \quad M(HCl) = 36,5 \text{ г/моль}$$

Уравнение окисления магния кислородом воздуха

t°



Уравнение реакции растворения оксида магния в соляной кислоте



1 моль – 2 моль – 1 моль

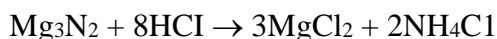
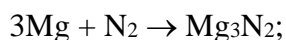
$$0,25 \text{ моль} - 0,5 \text{ моль} - 0,25 \text{ моль} = v(MgCl_2)$$

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

При этом должно образоваться  $v(MgCl_2) = 0,25$  моль

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

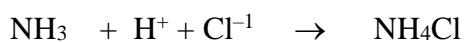
Значит при сгорании магния на воздухе был получен не только оксид, но и нитрид магния



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



0,25 моль  $\rightarrow$  0,5 моль  $\rightarrow$  0,25 моль

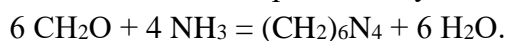


0,1 моль  $\leftarrow$  0,1 моль  $\rightarrow$  0,1 моль

Таким образом, в результате реакции белого вещества с HCl получено 0,25 моль MgCl<sub>2</sub> и 0,1 моль NH<sub>4</sub>Cl.

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

**7.** Гексаметилентетрамин получают по реакции



Химическое уравнение горения уротропина



Для нагревания воды объемом 800 мл или массой 800 г = 0,8 кг необходимо

$$Q = c \cdot m \cdot (100 \text{ }^\circ\text{C} - t \text{ }^\circ\text{C}) = 4200 \cdot 0,8 \cdot (100 - 10) = 302400 \text{ Дж/кг} = 302,4 \text{ кДж/кг}$$

1 кг «сухого спирта» при полном сгорании выделяет  $q = 30,045 \text{ МДж/кг} = 30045 \text{ кДж/кг}$ .

Тогда для нагревания 0,8 кг воды до кипения понадобится

$$m_{\text{сух.сп.}} = Q/q = 302,4/30045 \approx 0,01 \text{ кг} = 10 \text{ г или 2 таблетки «сухого спирта»}.$$

**Ответ.** 2 таблетки «сухого спирта».

**Химия, специализация «Химия» критерии оценивания 10, 11 классы**

<b>Критерии оценивания задания 1</b>		
<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	Химическое уравнение реакции	3
2	Расчет теоретической массы продукта реакции	3
3	Расчет масс исходных веществ	4

<b>Критерии оценивания задания 2</b>		
<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	Записано уравнение электролиза раствора	3
2	Рассчитана масса вещества, выделившегося на аноде	3
3	Рассчитана массовая доля соли в полученном растворе	4

<b>Критерии оценивания задания 3</b>		
<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

<b>Критерии оценивания задания 4</b>		
<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	Описана схема определения всех 5 веществ	5
2	Приведены уравнения всех химических реакций	5
3	Использовано не более трех реактивов	5

<b>Критерии оценивания задания 5</b>		
<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	Уравнение химической реакций	5
2	Указание восстановителей и окислителей	5
3	Схема электронного баланса	5

<b>Критерии оценивания задания 6</b>		
<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

<b>Критерии оценивания задания 7</b>		
<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	Химическое уравнение получения уротропина	5
2	Химическое уравнение горения уротропина	5
3	Расчет количества теплоты необходимой для нагревания воды	5
4	Расчет массы и числа таблеток «сухого спирта» необходимого для нагревания воды	5