

Решение теоретического тура РХО -1999 для 9 класса

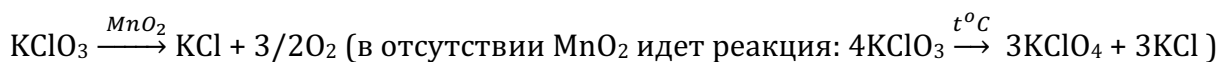
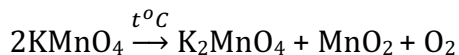
№9-1-1999респ.

Мрамор- CaCO₃, гидроксид калия- KOH, соляная кислота- HCl, магний- Mg, бертолетова соль- KClO₃

- 1) $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2$
- 2) $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $2\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 4) $\text{KOH} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KHCO}_3$
- 5) $\text{CaCl}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2\downarrow + 2\text{KCl}$
- 6) $\text{Mg} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{H}_2$
- 7) $\text{MgCl}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Mg(OH)}_2\downarrow + 2\text{KCl}$
- 8) $2\text{MgCl}_2 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mg}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2\downarrow + \text{CO}_2 + 4\text{KCl}$
- 9) $\text{Mg(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{MgCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- 10) $\text{Mg(OH)}_2 + 2\text{CO}_2 \rightarrow \text{Mg(HCO}_3)_2$
- 11) $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(HCO}_3)_2$
- 12) $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + 5/2\text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$
- 13) $2\text{KOH} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{20^\circ\text{C}} \text{KClO} + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$
- 14) $6\text{Mg(OH)}_2 + 6\text{Cl}_2 \xrightarrow{60^\circ\text{C}} 5\text{MgCl}_2 + \text{Mg(ClO}_3)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 15) $\text{Ca(OH)}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{20^\circ\text{C}} \text{CaOCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 16) $6\text{Ca(OH)}_2 + 6\text{Cl}_2 \xrightarrow{60^\circ\text{C}} \text{Ca(ClO}_3)_2 + 5\text{CaCl}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
- 17) $4\text{KClO}_3 \xrightarrow{400^\circ\text{C}} \text{KClO}_4 + \text{KCl}$
- 18) $\text{KClO}_3 \xrightarrow{400^\circ\text{C}, \text{MnO}_2} \text{KCl} + 3/2\text{O}_2$
- 19) $\text{MgCO}_3 \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{MgO} + \text{CO}_2$
- 20) $2\text{Mg} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{MgO} + \text{C}$
- 21) $\text{CaO} + 3\text{C} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CaC}_2 + \text{CO}$
- 22) $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$

№9-2-1999респ.

При нагревании смеси KClO₃ и KMnO₄ происходят следующие реакции:



Пусть в исходной смеси содержалось:

$$n(\text{KClO}_3) = x \text{ моль} \quad (M(\text{KClO}_3) = 122,5 \text{ г/моль})$$

$$n(\text{KMnO}_4) = y \text{ моль} \quad (M(\text{KMnO}_4) = 158 \text{ г/моль})$$

тогда масса исходной смеси равна:

$$122,5x + 158y = 0,808 \text{ г} \quad (1)$$

Согласно уравнениям реакций образуется:

$n(\text{K}_2\text{MnO}_4)=0,5y$ моль ($M(\text{K}_2\text{MnO}_4)=197$ г/моль)

$n(\text{MnO}_2)=0,5y$ моль ($M(\text{MnO}_2)=87$ г/моль)

$n(\text{KCl})=x$ моль ($M(\text{KCl})=74,5$ г/моль)

тогда масса конечной смеси равна:

$$0,5y \cdot 197 + 0,5y \cdot 87 + x \cdot 74,5 = 0,582 \text{ г} \quad (2)$$

Решая уравнения (1) и (2) получаем:

$$x = 0,004 \text{ моль}$$

$$y = 0,002 \text{ моль}$$

Отсюда:

$$m(\text{KClO}_3) = 0,492 \text{ г}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 0,316 \text{ г}$$

$$m(\text{KCl}) = 0,298 \text{ г}$$

$$m(\text{K}_2\text{MnO}_4) = 0,197 \text{ г}$$

$$m(\text{MnO}_2) = 0,087 \text{ г}$$

№9-3-1999респ.

Сначала определим коэффициенты a и b . По условию имеем

$$C = 0\% \text{ (вода)}, d = 1. \text{ Уравнение: } 1 = a + b \cdot 0$$

$$C = 94\% \text{ (кислота)}, d = 1,831. \text{ Уравнение: } 1,831 = a + b \cdot 94$$

Отсюда находим $a = 1$, $b = 0,00884$.

Определим массовую долю кислоты с плотностью $1,498$ г/мл:

$$1,498 = 1 + 0,00884 \cdot 37, \text{ откуда } d = 1,327$$

Так как масса серной кислоты в 1 л аккумуляторной серной кислоты равна $0,37 \cdot 1000 \cdot 1,327 = 491$ г, то требуемый объем кислоты с плотностью $1,498$ г/мл составит: $491 / 0,563 \cdot 1,498 = 582$ мл.

Требуется добавить воды $1000 - 582 = 418$ мл.

№9-4-1999респ.

Вещество Г, вероятнее всего, - оксид металла, так как оно получено при нагревании осадки, выпавшего из раствора при действии щелочи. Газом Б может быть водород, оксид серы(IV) или какой-то газ, выделяющийся из вещества А. Из соотношения масс А, Б и Г видно, что, во-первых, Б - не водород и, во-вторых, если Г - оксид, то молекулярные массы всех веществ кратны 16. Тогда Б - SO_2 . Значит, при растворении А в серной кислоте идет окислительно-восстановительная реакция с выделением SO_2 и образованием сульфата В. Предположим, что степень окисления металла в оксиде и сульфате одна и та же и равна x . Тогда, обозначив атомную массу металла через A_m , имеем:

$$\begin{array}{l} A_m + 16x - A_m + 96x \\ 1 \text{ г} - 2 \text{ г} \end{array}$$

откуда $A_m = 64x$.

Рассмотрим следующие варианты:

x	A_m	Металл
1	64	Медь
2	128	Теллур

Более высокие степени окисления нереальны, так как становится невозможным существование сульфата. Очевидно, что теллур не подходит, так как поведение соответствующего сульфата противоречит химическим свойствам теллура.

Рассмотрим случай, где $A_M=64$, т. е. металл - медь, тогда В - безводный сульфат, молекулярная масса которого 160. Молекулярная масса SO_2 равна 64. Поскольку масса выделившегося SO_2 равна массе сульфата, то, очевидно, соотношение количеств сульфата и SO_2 равно $160/64 = 2,5$, т. е. на 2 моль $CuSO_4$ выделяется 5 моль SO_2 . При реакции



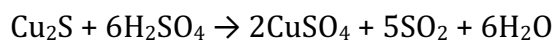
из 1 моль меди образуется 1 моль сульфата и 1 моль SO_2 . Следовательно, в отношении вещества А можно утверждать:

- 1) А не может быть просто металлической медью
- 2) моль А содержит несколько атомов меди
- 3) так как при окислении одновалентной меди отношение числа молей сульфата и SO_2 может только уменьшиться



(2 моль сульфата и 1 моль SO_2), то кроме серной кислоты должен быть другой источник SO_2 - Это значит, что в состав А входит сера. В соответствии со сказанным А - Cu_2S .

В этом случае



из 1 г Cu_2S получается 2 г $CuSO_4$ и 2 г SO_2

полагая $A_M=192$ (металл иридий), находим что молекулярная масса сульфата Ir(III) равна 672. Масса исходного вещества А равна половине массы сульфата, т.е. $672:2=336$ г, и должна включать 2 моль атомов иридия, т.е. $192 \cdot 2=384$ г. Это абсурд. Следовательно, иридий не подходит

№9-5-1999респ.

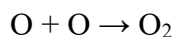
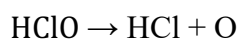
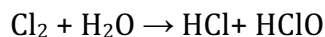
Здесь отсутствуют какие-либо количественные характеристики химических процессов, а проблема все та же: "опознать" вещества по их химическому поведению. А пока что они просто А, Б, В, Г. Как распутать этот клубок химических загадок? На помощь могут прийти и книга по химии, которая теперь уже изучается "с пристрастием", и интуиция, и терпение, а главное неперемное желание решить!

С чего начать?

1. "...Водный раствор газа Г при стоянии выделяет газ Б..." Следовательно, Б плохо растворим в воде. Из известных нам плохо растворимых в воде газообразных веществ подходят водород и кислород. Однако для водорода практически неизвестны процессы выделения его водным раствором какого-либо газа при стоянии. Итак, газ Б - скорее всего, кислород.
2. Этот же газ образуется при прокаливании кристаллического вещества А. Следовательно, А содержит кислород.

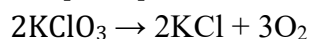
3. Газообразное вещество Г, хорошо растворимое в воде и выделяющее из воды при стоянии кислород, само должно быть окислителем.

Этим условиям отвечает хлор (бром и фтор не соответствуют условиям задачи: Br₂ - жидкость, F₂ реагирует с водой моментально):



Значит, Г - Cl₂, Б - O₂.

4. А содержит хлор и кислород. А не может быть оксидом хлора, так как по условию А - кристаллическое вещество, следовательно, А - соль кислородсодержащей кислоты хлора, например:



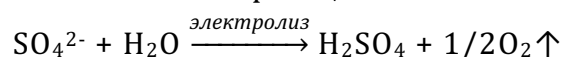
(Теоретически можно предположить, что А - KClO, KClO₂, KClO₄, однако реально в качестве индивидуальных соединений существуют лишь KClO₃ и KClO₄, к тому же KClO₄ для получения кислорода не используется, так как температура его разложения значительно ниже.)

№9-6-1999респ.

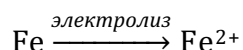
В чем здесь химия? Ее как будто бы нет. Но не торопитесь! Давайте разберемся.

Закон электролиза, открытый еще в XIX веке М. Фарадеем, гласит: масса вещества, выделившегося на электроде при прохождении электрического тока, прямо пропорциональна электрохимическому эквиваленту и количеству пропущенного электричества.

По отношению к превращению одноатомного иона в простое вещество (или наоборот) электрохимический эквивалент определяют путем деления атомной массы А на заряд z. Что же происходит при погружении железных пластинок в раствор, содержащий ионы Cu²⁺? Как уже упоминалось, железо вытесняет медь из раствора. Причем этот процесс идет практически до конца, т. е. до полного израсходования либо железа, либо ионов меди. Если же пластинки служат электродами, то на катоде должна выделяться медь. А на аноде? Если анод инертный (Pt, Au, графит), то на нем шла бы реакция:



На железном аноде предпочтителен следующий процесс:



Следовательно, на катоде будет выделяться медь, и его масса будет возрастать, а анод будет растворяться. Тогда масса анода после окончания реакции будет равна

$$x + \frac{63,5 \cdot 0,2 \cdot 7200}{2 \cdot 96500}$$

а масса катода уменьшится и станет:

$$x - \frac{55,8 \cdot 0,2 \cdot 7200}{2 \cdot 96500}$$

Отношение масс равно 1,194. Тогда:

$$x + \frac{63,5 \cdot 0,2 \cdot 7200}{2 \cdot 96500} = 1,194 \left(x - \frac{55,8 \cdot 0,2 \cdot 7200}{2 \cdot 96500} \right)$$

Отсюда $x = 5,00$ г, а масса выделившейся меди $0,474$ г. Обратите внимание на массу сульфата в растворе. Она достаточно велика, а значит, только небольшая часть меди выделилась из раствора.

№9-7-1999респ.

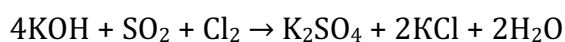
Вычислим массу исходного раствора и массу содержащегося в нем гидроксида калия:

$$m(\text{р-ра}) = 158,73 - 1,26 = 200 \text{ г}$$

$$m(\text{KOH}) = 200 \cdot 0,28 = 56 \text{ г}$$

или 1 моль KOH (56 г:56 г/моль, где 56 г/моль — молярная масса гидроксида калия). Согласно условию задачи через раствор пропустили по 0,25 моль (5,6 л: 22,4 л/моль) сернистого газа и хлора. Масса каждого из газов соответственно равна 16 г (64 г/моль·0,25 моль, где 64 г/моль — молярная масса SO₂) и 17,75 г (71 г/моль·0,25 моль, где 71 г/моль — молярная масса хлора).

При взаимодействии газов со щелочью протекала реакция:



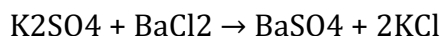
Согласно уравнению реакции при этом образовались K₂SO₄ количеством 0,25 моль и KCl количеством 0,5 моль. Щелочь прореагировала полностью.

Рассчитаем массу добавленного хлорида бария:

$$m(\text{BaCl}_2) = 400 \cdot 0,13 = 52 \text{ г}$$

или 0,25 моль (52 г:208 г/моль, где 208 г/моль — молярная масса BaCl₂).

В результате реакции:



выпал осадок сульфата бария, масса которого 58,25 г (233 г/моль·0,25 моль, где 233 г/моль — молярная масса BaSO₄). Сульфат калия прореагировал полностью, и при этом образовалось 0,5 моль KCl.

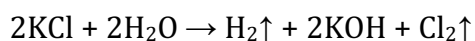
Масса конечного раствора равна:

$$200 \text{ г} + 16 \text{ г} + 17,75 \text{ г} + 400 \text{ г} - 58,25 \text{ г} = 575,5 \text{ г}.$$

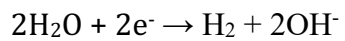
В нем содержится KCl количеством 1 моль (0,5 моль + 0,5 моль) или 74,5 г (1 моль·74,5 г/моль, где 74,5 г/моль — молярная масса KCl). Массовая доля последнего в растворе равна:

$$w(\text{KCl}) = 74,5 \text{ г} : 575,5 \text{ г} = 0,129.$$

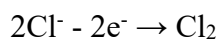
При электролизе такого раствора образуется водород, гидроксид калия и хлор. Суммарное уравнение реакций, протекающих при электролизе с диафрагмой:



На катоде:



На аноде:



При электролизе без диафрагмы выделяющийся на аноде хлор может взаимодействовать с гидроксидом калия:

