

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР**

**Вариант 3.**

**11 класс**

**Задача 11-1**

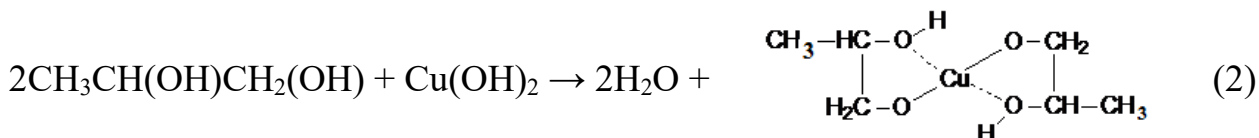
Жидкое органическое соединение  $C_3H_xO_y$  при нагревании с оксидом или гидроксидом меди(II) образует окрашенные продукты. Приведите по 1 примеру подходящих  $C_3H_xO_y$  ( $y=1-2$ ) из разных классов органических веществ, так, чтобы их молекулы не имели плоскости симметрии и не содержали двух разных функциональных групп. Составьте уравнения реакций, укажите условия их протекания, цвет окрашенных продуктов. Рассмотрите пропанол, пропандиол, пропаналь, пропановую кислоту.

**Решение**

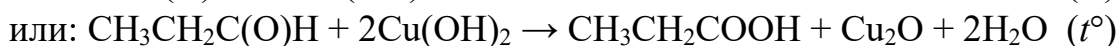
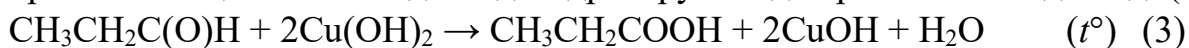
1а. Пропускание паров первичных и вторичных спиртов над нагретым черным оксидом меди(II) приводит к восстановлению его до красной меди и окислению спиртов до альдегидов и кетонов. Пропанол-1 превращается в пропаналь. Изопропиловый спирт не подходит, так как его молекула содержит плоскость симметрии.



1б. Многоатомные спирты дают качественную реакцию со свежеприготовленным гидроксидом меди(II) с образованием хелатных комплексов меди(II), растворимых в воде и имеющих интенсивную синюю окраску. Пример – пропандиол-1,2. Пропандиол-1,2 не подходит, он имеет симметричную молекулу и не относится к альфа-диолам.



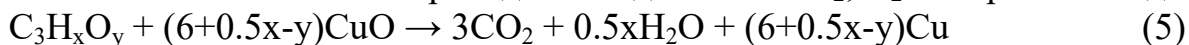
1в. Пропаналь при нагревании дает качественную реакцию с  $Cu(OH)_2$  или с фелинговой жидкостью (включающей растворимый комплекс дигидроксида меди) с образованием пропановой кислоты и осадка гидроксида меди(I) оранжевого цвета. Последний дегидратируется до красного оксида меди(I).



1г. Пропановая кислота растворяет оксид и гидроксид меди при комнатной температуре с образованием пропионата меди(II) сине-зеленого цвета.



1д. Полное окисление любого вещества  $C_3H_xO_y$  при сильном нагревании с большим избытком  $CuO$  приведет к выделению  $CO_2$ ,  $H_2O$  и красной меди:



**Разбалловка**

1. За написание 5 уравнений реакций по 4 балла

20 б.

2. За верное указание условий реакции и цвета окрашенных продуктов 5 б.  
Всего: 25 б.

### Задача 11-2

Сплав двух металлов не полностью растворяется в разбавленной серной кислоте, и масса при этом снижается в 3.771 раза, так как один металл при этом вступает в реакцию, а другой - нет. В избытке концентрированной азотной кислоты 239.65 г сплава растворяются полностью с выделением смеси двух газообразных веществ (оксидов азота) в равных мольных долях и со средней плотностью 1.696 г/л при н.у. Каждый газ выделялся за счет своего металла, общая масса газообразной смеси 151.9616 г. Определите, какие нитраты  $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$  и в каких количествах получились в растворе. Составьте уравнения всех описанных реакций. Определите металлы и их количества в сплаве, формулы и количества выделявшихся газообразных продуктов во всех реакциях. Атомные массы металлов берите с точностью до второго знака после запятой.

### Решение

По условию сплав не полностью растворяется в растворе серной кислоты, значит один металл находится в электрохимическом ряду напряжений металлов правее водорода. Обозначим его  $\text{Met}^1$  с молярной массой  $M^1$  г/моль. Второй металл средней активности,  $\text{Met}^2$  с молярной массой  $M^2$  г/моль. Он должен занимать место в ряду напряжений металлов до водорода, поскольку реагирует с серной кислотой.

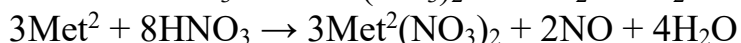
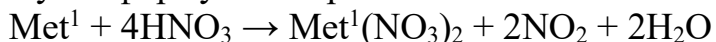
При растворении в концентрированной азотной кислоте малоактивный металл  $\text{Met}^1$  должен выделять  $\text{NO}_2$ .  $M(\text{NO}_2) = 46$  г/моль. Однако средняя молярная масса смеси газов равна 38 г/моль, она может быть вычислена из известной плотности 1.696 г/л:  $1.696 \cdot 22.4 = 38$  г/моль.

$0.5M(\text{NO}_2) + 0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38$ .  $0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38 - 23 = 15$ . Отсюда  $M_r(\text{N}_x\text{O}_y) = 30$ . Это NO.

Неверно предположить вместо NO водород или  $\text{N}_2\text{O}$ , так как средняя молярная масса газов не получится равной 38.

Вычислим  $n$  газов:  $151.9616 / 1.696 / 22.4 = 4$  моль. Значит  $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$  моль.

Пусть формулы нитратов металлов имеют вид  $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$ .



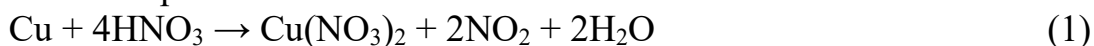
Поскольку  $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$  моль., то  $n(\text{Met}^1) = 1$  моль, а  $n(\text{Met}^2) = 3$  моль.

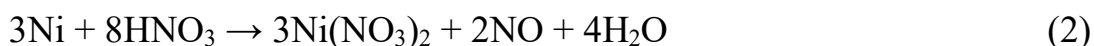
$m(\text{Met}^1) = 1M^1$  г, а  $m(\text{Met}^2) = 3M^2$  г.

По условию  $239.65 = 3.771M^1$ . Отсюда  $M^1 = 239.65 / 3.771 = 63.55$  г/моль. Это Cu.

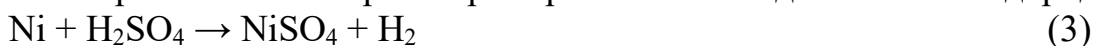
Значит  $m(\text{Met}^2) = 3M^2 = 239.65 - 63.55 = 176.1$  г.  $M^2 = 176.1 / 3 = 58.7$  г/моль.

Это Ni. Уравнения:





Растворение никеля в растворе серной кислоты дает 3 моль водорода:



Ответ: Сплав состоит из меди (1 моль) и никеля (3 моль). В реакции никеля с серной кислотой выделяется водород (3 моль). В реакции меди с азотной кислотой выделяется  $\text{NO}_2$  (2 моль), в реакции никеля с азотной кислотой –  $\text{NO}$  (2 моль). Состав нитратов:  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  3 моль,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  1 моль.

### Разбалловка

За формулы: Cu, Ni,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2$  по 2 б. 10 б.

За количества Cu, Ni,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{H}_2$  по 1 б. 5 б.

За 3 уравнения реакций 10 б.

Всего: 25 б.

### Задача 11-3

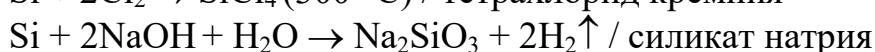
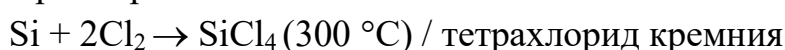
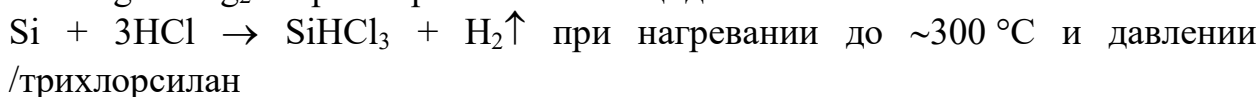
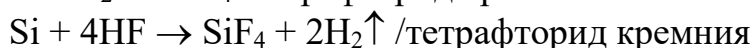
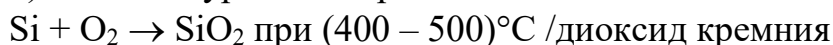
При составлении задания карточки с обозначением реагентов и продуктов реакции перепутались. Восстановите уравнения реакций с указанием условий их протекания и продуктов. Назовите продукты реакции по любой номенклатуре. Общее число нейтронов в  $\text{Mg}_2\text{X}$  составляет 38, в X число протонов равно числу нейтронов. В виде каких минералов X встречается в природе?

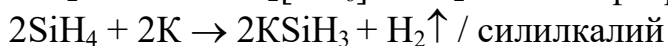
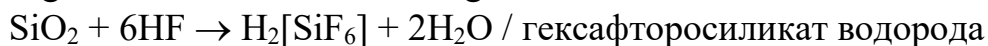
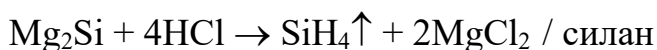
	Реагент	Продукт	Реагент	Продукт	Реагент	Продукт
X	$\text{O}_2$ $\text{F}_2$ $\text{HF}$ $\text{Mg}$ $\text{HCl}$ (300 °C) $\text{Cl}_2$ (300 °C) $\text{NaOH}$	$\text{Mg}_2\text{X}$ $\text{XHCl}_3$ $\text{XCl}_4$ $\text{Na}_2\text{XO}_3$ $\text{XO}_2$ $\text{XF}_4$	$\text{HCl}$ $\text{HF}$	$\text{H}_2[\text{XF}_6]$ $\text{XH}_4$	К в диметокси- этаноле	$\text{KXH}_3$

### Решение

1) Найдем число нейтронов в X:  $38 - 12 \cdot 2 = 14$ , значит X – это кремний.

2) Запишем уравнения реакций





2) В природе кремний встречается в виде кремнезема  $\text{SiO}_2$ , кварца или горного хрусталя. Известно огромное множество драгоценных камней, представляющих собой окрашенный кварц, и не меньшее количество разнообразных силикатов.

### Разбалловка

1. Определение элемента – 2 б.
  2. Верные уравнения реакций 1б за реакцию – 10 б.
  3. Верные наименования продуктов реакции – 1 б за каждый – 10 б.
  4. Перечисление трех групп минералов кремния 1 б за каждую – 3б.
- Всего:

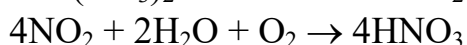
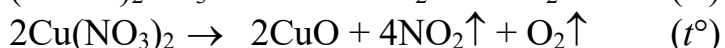
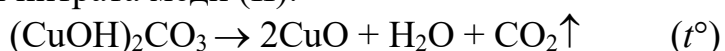
25 б.

### Задача 11-4

При полном разложении смеси основного карбоната и нитрата меди (II) массой 53.8 г образовался твердый остаток массой 36 г. Определить объем выделившейся газовой смеси (при температуре 23°C и нормальном давлении) и плотность ее по водороду. Вычислить массу азотной кислоты, которая может быть получена в результате разложения смеси. Как называется минерал основного карбоната меди (II)?

### Решение

1) Запишем уравнения реакций малахита [основного карбоната меди (II)] и нитрата меди (II):



2) Пусть количество вещества основного карбоната меди (II) равно  $x$ , а нитрата меди (II) –  $y$ . Тогда масса смеси солей будет равна  $222x + 188y = 53.8$ , а масса твердого остатка  $80(2x + y) = 36$ . Решаем систему уравнений и получаем  $x = 0.2$  моль,  $y = 0.05$  моль.

3) При разложении основного карбоната меди (II) выделяется 0.2 моль углекислого газа, нитрата меди (II) – 0.1 моль диоксида азота и 0.025 моль кислорода. Общее число моль газов составит  $0.2 + 0.1 + 0.025 = 0.325$  моль. Пары воды не учитываем, поскольку при заданной температуре она сконденсируется в жидкость.

Переведем температуру в Кельвины и найдем объем образовавшейся газовой смеси по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$V(\text{смеси}) = \frac{nRT}{P} = \frac{0.325 \text{ моль} \cdot 0.082 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 296 \text{ К}}{1 \text{ атм}} = 7.89 \text{ л}$$

4) Для определения плотности газовой смеси по водороду нужно найти среднюю молярную массу смеси. Найдем объемные доли компонентов:

$$\varphi(\text{CO}_2) = 0.2/0.325 = 0.615, \varphi(\text{O}_2) = 0.025/0.325 = 0.077, \varphi(\text{NO}_2) = 0.1/0.325 = 0.308.$$

Вычислим среднюю молярную массу смеси:

$$M(\text{смеси}) = \varphi(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) + \varphi(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) + \varphi(\text{NO}_2) \cdot M(\text{NO}_2) = 0.615 \cdot 44 + 0.077 \cdot 32 + 0.308 \cdot 46 = 43.692 \text{ г/моль.}$$

И тогда плотность газовой смеси по водороду  $D(\text{H}_2) = 43.692/2 = 21.846$ .

5) При разложении нитрата меди (II) образуется смесь диоксида азота и кислорода в стехиометрическом соотношении, необходимом для образования азотной кислоты. При разложении малахита образуется 0.2 моль воды, значит она в избытке, то есть будет получено 0.1 моль азотной кислоты или 6.3 г.

### **Разбалловка**

Верные уравнения реакций по 1 б.	3 б.
Название минерала	1 б.
Состав смеси	7 б.
Объем газовой смеси	6 б.
Плотность газовой смеси	7 б.
Масса азотной кислоты	1 б.
Всего:	25 б.

**«БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ»  
ОЧНЫЙ ОТБОРОЧНЫЙ ТУР**

**Вариант 3**

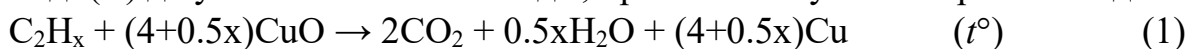
**10 класс**

**Задача 10-1**

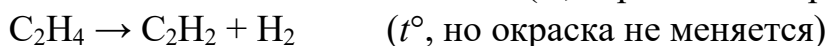
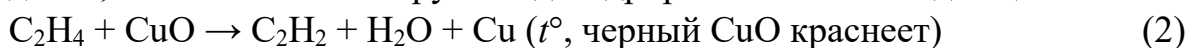
Предложите примеры реакций веществ  $\text{CuX}_n$  ( $n=0-2$ ) с соединениями  $\text{C}_2\text{H}_x\text{Cl}_y$ , ( $y=0-1$ ), приводящих к изменению окраски. Запишите уравнения реакций, укажите условия их протекания, цвет окрашенных продуктов. Рассмотрите этан, этен, этин и хлорэтан.

**Решение**

1а. Этан, этен и этин при сильном нагревании окисляются черным оксидом меди(II) до углекислого газа и воды, при этом получается красная медь.

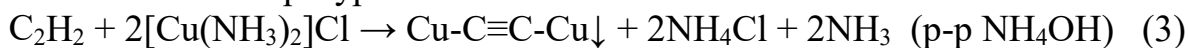


1б. Этилен может быть дегидрирован в ацетилен при катализе  $\text{CuO}$ . На первой стадии происходит стехиометрическое восстановление алкеном  $\text{CuO}$  до  $\text{Cu}$ , затем  $\text{Cu}$ -катализируемое дегидрирование этилена до ацетилена.



Медь менее активна по сравнению с другими переходными металлами, но это может обеспечить более высокую селективность.

1в. Ацетилен при пропускании через аммиачный раствор хлорида меди(I) приводит к выпадению коричневого осадка ацетиленида меди(I) при комнатной температуре.



1г. Ацетиленид меди при нагревании или при ударе взрывообразно превращается в красную медь.



1д. Галогенпроизводные углеводородов различного строения могут быть подтверждены качественной реакцией – пробой Бейльштейна по зеленовато-голубому окрашиванию пламени горелки при сжигании вещества на предварительно прокаленной медной проволочке. Зеленая окраска пламени возникает за счет летучих хлоридов, бромидов, йодидов меди(I), за исключением фторидов.



**Разбалловка**

- |   |       |
|---|-------|
| 1. За написание 5 уравнений реакций по 4 балла                | 20 б. |
| 2. За указание условий протекания, цвета окрашенных продуктов | 5 б.  |

**Задача 10-2**

Сплав двух металлов не полностью растворяется в разбавленной серной кислоте, и масса при этом снижается в 3.771 раза, так как один металл при этом вступает в реакцию, а другой - нет. В избытке концентрированной азотной кислоты 239.65 г сплава растворяются полностью с выделением смеси двух газообразных веществ (оксидов азота) в равных мольных долях и со средней плотностью 1.696 г/л при н.у. Каждый газ выделялся за счет своего металла, общая масса газообразной смеси 151.9616 г. Определите, какие нитраты  $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$  и в каких количествах получились в растворе. Составьте уравнения всех описанных реакций. Определите металлы и их количества в сплаве, формулы и количества выделявшихся газообразных продуктов во всех реакциях. Атомные массы металлов берите с точностью до второго знака после запятой.

**Решение**

По условию сплав не полностью растворяется в растворе серной кислоты, значит один металл находится в электрохимическом ряду напряжений металлов правее водорода. Обозначим его  $\text{Met}^1$  с молярной массой  $M^1$  г/моль. Второй металл средней активности,  $\text{Met}^2$  с молярной массой  $M^2$  г/моль. Он должен занимать место в ряду напряжений металлов до водорода, поскольку реагирует с серной кислотой.

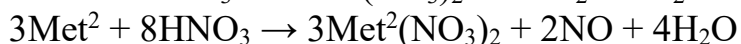
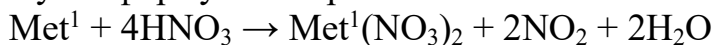
При растворении в концентрированной азотной кислоте малоактивный металл  $\text{Met}^1$  должен выделять  $\text{NO}_2$ .  $M(\text{NO}_2) = 46$  г/моль. Однако средняя молярная масса смеси газов равна 38 г/моль, она может быть вычислена из известной плотности 1.696 г/л:  $1.696 \cdot 22.4 = 38$  г/моль.

$0.5M(\text{NO}_2) + 0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38$ .  $0.5M(\text{N}_x\text{O}_y) = 38 - 23 = 15$ . Отсюда  $M_r(\text{N}_x\text{O}_y) = 30$ . Это NO.

Неверно предположить вместо NO водород или  $\text{N}_2\text{O}$ , так как средняя молярная масса газов не получится равной 38.

Вычислим  $n$  газов:  $151.9616 / 1.696 / 22.4 = 4$  моль. Значит  $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$  моль.

Пусть формулы нитратов металлов имеют вид  $\text{Met}^1(\text{NO}_3)_2$  и  $\text{Met}^2(\text{NO}_3)_2$ .

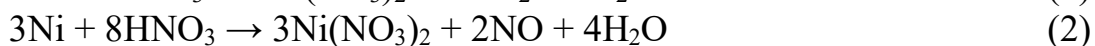
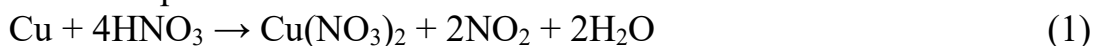


Поскольку  $n(\text{NO}_2) = n(\text{NO}) = 2$  моль., то  $n(\text{Met}^1) = 1$  моль, а  $n(\text{Met}^2) = 3$  моль.  $m(\text{Met}^1) = 1M^1$  г, а  $m(\text{Met}^2) = 3M^2$  г.

По условию  $239.65 = 3.771M^1$ . Отсюда  $M^1 = 239.65 / 3.771 = 63.55$  г/моль. Это Cu.

Значит  $m(\text{Met}^2) = 3M^2 = 239.65 - 63.55 = 176.1$  г.  $M^2 = 176.1 / 3 = 58.7$  г/моль.

Это Ni. Уравнения:



Растворение никеля в растворе серной кислоты дает 3 моль водорода:



Ответ: Сплав состоит из меди (1 моль) и никеля (3 моль). В реакции никеля с серной кислотой выделяется водород (3 моль). В реакции меди с азотной кислотой выделяется  $\text{NO}_2$  (2 моль), реакции никеля с азотной кислотой -  $\text{NO}$  (2 моль). Состав нитратов:  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  3 моль,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  1 моль.

### Разбалловка

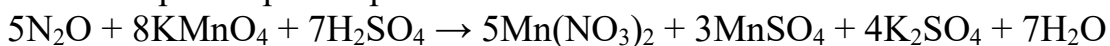
За формулы: Cu, Ni, $\text{NO}_2$ , $\text{NO}$ , $\text{H}_2$ по 2 б.	10 б.
За количества Cu, Ni, $\text{NO}_2$ , $\text{NO}$ , $\text{H}_2$ по 1 б.	5 б.
За 3 уравнения реакций	10 б.
Всего:	25 б.

### Задача 10-3

При растворении активного металла **A** в избытке азотной кислоты и термическом разложении соли **B** образуется газ **C** плотностью по воздуху 1.517, который обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. Сплав **D** меди с металлом **A**, известный еще до начала нашей эры, упоминается многими древними авторами, в том числе Аристотелем, рассказывавшим о производстве этого сплава, известного под названием Messing. Соль **B** может быть также получена взаимодействием металла **A** с очень разбавленной азотной кислотой. При этом образуется **E** – соль металла **A**, при термическом разложении которой выделяется смесь газов **F** и **G**. Запишите уравнения реакций. Определите вещества **A**, **B**, **C**, **D**, **E**, **F**, **G**. Приведите тривиальные названия веществ **B**, **C**, и **F**.

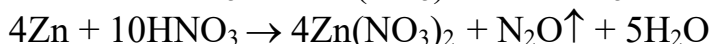
### Решение

1) Определим молярную массу образующегося газа:  $M = 1.517 \cdot 29 = 44$  г/моль. Можно предположить, что разлагаемая соль – это карбонат или гидрокарбонат металла, однако углекислый газ, который имеет молярную массу 44 г/моль, не обесцвечивает раствор перманганата калия. Поскольку далее речь идет о взаимодействии металла с азотной кислотой, можно предположить, что газ с молярной массой 44 г/моль – это оксид азота (I), что вполне подходит по описанию. Запишем уравнение реакции газа **C** с подкисленным раствором перманганата калия:

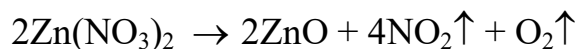


Сплав **D** меди с металлом **A**, известный еще до начала нашей эры, известный под названием Messing, это латунь, значит металл **A** – это цинк, что вполне согласуется с условием, так как цинк – это активный металл, и при взаимодействии цинка с очень разбавленной азотной кислотой образуется нитрат аммония (соль **B**, аммиачная селитра). При реакции цинка с разбавленной азотной кислотой получается оксид азота (I). Запишем уравнения реакций.





Соль **Е** металла **А** – это нитрат цинка. Газ **Г** – это бурый газ,  $\text{NO}_2$ , газ **Г** –  $\text{O}_2$ .



### Разбалловка

Верные уравнения реакций по 2 б.	10 б.
Тривиальные названия веществ по 1 б.	3 б.
Верные соединения А – Г по 1 б.	7 б.
Подтверждение расчетами и рассуждения	5 б.
Всего:	25 б.

### Задача 10-4

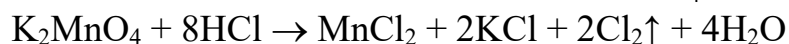
При разложении 7.9 г калиевой соли кислоты **А**, содержащей переходный металл **В** с высшей степенью окисления, встречающийся в природе в виде минерала пиролюзита, образовался твердый остаток и 0.244 л газа **С**, входящего в состав воздуха, который при  $p = 1$  атм и  $T = 25^\circ\text{C}$  занимает объем 0.244 л. При растворении остатка в растворе соляной кислоты ( $\omega(\text{HCl}) = 5\%$ ,  $\rho = 1.03$  г/мл) выделился желто-зеленый газ **Д** с ядовитыми свойствами. Определите вещества **А**, **В**, **С**, **Д**. Запишите все уравнения реакций. Вычислите объем раствора соляной кислоты, необходимый для полного растворения твердого остатка.

### Решение

1) В состав минерала пиролюзита входит марганец, значит кислота **А** это  $\text{HMnO}_4$  – марганцовая кислота, металл **В** – это марганец, **С** – это кислород, а **Д** – это хлор, который образуется при окислении соляной кислоты.



В состав твердого остатка может входить перманганат калия, поэтому запишем все возможные уравнения реакций:



3) Переведем температуру в Кельвины и найдем количество вещества кислорода по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$n(\text{O}_2) = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \text{ атм} \cdot 0.244 \text{ л}}{0.082 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{моль} \cdot \text{К}} \cdot 298 \text{ К}} = 0.01 \text{ моль}$$

4) Найдем количество исходного перманганата калия:  $n(\text{KMnO}_4) = 7.9/158 = 0.05$  моль. По уравнению реакции из 0.05 моль соли должно получиться 0.025 моль кислорода, а получилось только 0.01 моль, значит не весь перманганат разложился. Смесь, образовавшаяся после разложения, будет состоять из 0.01 моль манганата калия, 0.01 моль диоксида марганца и  $(0.05-0.02) = 0.03$  моль перманганата калия.

5) В реакцию с  $\text{KMnO}_4$  вступит  $0.03 \cdot 8 = 0.24$  моль  $\text{HCl}$ , с  $\text{K}_2\text{MnO}_4 - 0.01 \cdot 8 = 0.08$  моль  $\text{HCl}$ , с  $\text{MnO}_2 - 0.01 \cdot 4 = 0.04$  моль  $\text{HCl}$ . Всего в реакцию вступит  $0.24 + 0.08 + 0.04 = 0.36$  моль  $\text{HCl}$ . Тогда масса соляной кислоты составит  $m(\text{HCl}) = 0.36 \text{ моль} \cdot 36.5 \text{ г/моль} = 13.14 \text{ г}$ , масса раствора  $m(\text{HCl})_{\text{р-р}} = 13.14/0.05 = 262.8 \text{ г}$  и объем раствора  $V(\text{HCl})_{\text{р-р}} = 262.8 \text{ г}/1.03 \text{ г}\cdot\text{мл}^{-1} = 255 \text{ мл}$ .

### **Разбалловка**

Верные уравнения реакций по 2 б.	8 б.
Тривиальные названия веществ по 1 б.	3 б.
Состав твердого остатка	10 б.
Объем соляной кислоты	4 б.
Всего:	25 б.