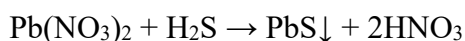
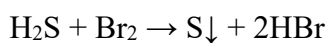
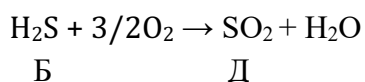
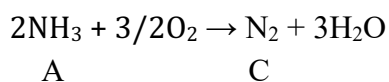


Решение теоретического тура РХО-2003 для 9 класса

№9-1-2003респ.

Простым газом С нерастворимый в воде, а также являющийся малоактивным может быть азот. Тогда газом А содержащий азот и имеющий неприятный запах является аммиак NH₃. Исходя из условия задачи газ Б содержит водород в своем составе (при реакции к кислородом образует воду), а так же при взаимодействии с нитратом серебра дает черный осадок что свидетельствует о наличии серы в составе Б, тогда Б скорее всего сероводород H₂S, который имеет неприятный запах (запах тухлых яиц). Уравнение реакций:



$$n(\text{H}_2\text{O})=m(\text{H}_2\text{O})/M(\text{H}_2\text{O})=5,4/18=0,3 \text{ моль}$$

$$3 \cdot n(\text{NH}_3)=2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$$

$$n(\text{NH}_3)=0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{N}_2)=0,1 \cdot 28=2,8 \text{ г}$$

$$n(\text{PbS})=m(\text{PbS})/M(\text{PbS})=23,9/239=0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{PbS})=n(\text{H}_2\text{S})=n(\text{SO}_2)=0,1 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{S})=n(\text{Br}_2)=0,1 \text{ моль} \quad (m(\text{Br}_2)=0,1 \cdot 160=16 \text{ г})$$

$$m(\text{SO}_2)=0,1 \cdot 64=6,4 \text{ г}$$

$$m(\text{SO}_2) + m(\text{N}_2) = 2,8 + 6,4 = 9,2 \text{ г}$$

$$n(\text{SO}_2) + n(\text{N}_2) = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ моль}$$

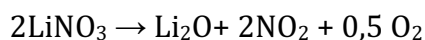
$$V(\text{SO}_2+\text{N}_2)=0,2 \cdot 22,4=4,48 \text{ л}$$

$$m(\text{NH}_3) + m(\text{H}_2\text{S})= 0,2 \cdot 34 + 0,1 \cdot 34 = 6,8 \text{ г}$$

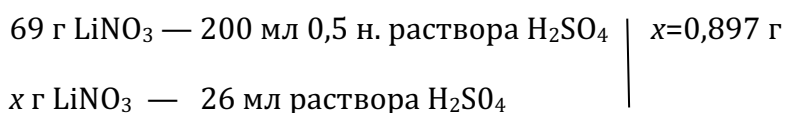
№9-2-2003респ.

В остатке после прокаливания могли быть только оксиды или нитраты металлов подгрупп I-A или II-A, поскольку остаток растворился в воде. Нитрат магния исключается, так как при его прокаливании образовался бы оксид магния. Наличие сильнощелочной среды при растворении остатка указывает, что в нем находился Li₂O или BaO, поскольку образующийся при разложении нитрата бария нитрит при дальнейшем прокаливании разлагается до оксида. Однако и этот вариант исключается, так как по условию при титровании серной

кислотой образовался бесцветный раствор без осадка. Тогда можно предположить, что в исходной смеси находились LiNO_3 и еще один нитрат, возможно щелочного металла, который перешел при разложении в нитрит. При прокаливании исходной смеси протекали следующие реакции:



После растворения в воде остатка получили раствор со смесью XNO_2 и LiOH . В присутствии фенолфталеина будет оттитровываться щелочь, но не нитрит, дающий в растворе слабощелочную реакцию. Вычислим массу в смеси по результатам титрования, используя стехиометрическую схему:



Тогда в смеси было $2,917 - 0,897 = 2,020$ г другого нитрата.

Вычислим массу образовавшегося нитрита:

$$m(\text{XNO}_2) \text{ — } m(\text{смеси}) - m(\text{Li}_2\text{O})$$

$$m(\text{Li}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 0,897 M(\text{Li}_2\text{O}) / M(\text{LiNO}_3) = 0,195 \text{ г};$$

$$1,895 - 0,195 = 1,7 \text{ г}.$$

Обозначим молярную массу неизвестного металла через a , тогда

$$\frac{2,02}{1,7} = \frac{(a + 62)}{(a + 46)}$$

Решение уравнения дает $a \text{ — } 39$ (калий). Следовательно, можно заключить, что в исходной смеси находились нитраты калия и лития.

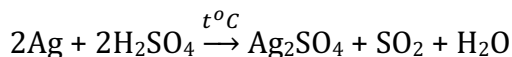
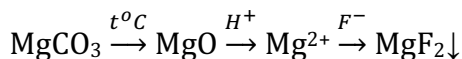
№9-3-2003респ.

По описанию, твердым остатком, нерастворимым в соляной кислоте, является серебро, что дополнительно подтверждается наличием у серебра карбоната Ag_2CO_3 , разлагающегося при сильном прокаливании с образованием металла. (Никакой другой металл не может удовлетворять указанным условиям.) По массе серебра можно вычислить массу CO_2 в смеси:

$$\frac{216}{0,780} = \frac{276}{x} \quad x = 1 \text{ г} \quad \text{Следовательно, при прокаливании смеси двух средних карбонатов массой}$$

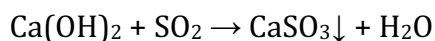
$(3,3 - 1) = 2,3$ г образовался остаток массой $1,260 - 0,782 = 0,478$ г. Ни один средний карбонат металла не дал бы при прокаливании такого значительного уменьшения массы (средние карбонаты ртути неустойчивы). Отсюда можно сделать вывод, что в состав смеси входит карбонат аммония. Остаток после прокаливании мог представлять собой оксид металла, который в итоге превратился во фторид. Используя закон эквивалентов, найдем значение молярной массы эквивалента металла, учитывая, что эквивалентная масса фторида составляет $\text{Э}(\text{X}) + 19$ (г/моль), а оксида $(\text{Э}(\text{X}) + 8)$. Следовательно, $(\text{Э}(\text{X}) + 19) / (\text{Э}(\text{X}) + 8) =$

0,742/0,478; $x = 12$; $M(X) = 12$. Искомым металлом является магний (при $n = 4$, $M(X) = 48$, но титан не образует среднего карбоната). По массе MgO можно вычислить массу $MgCO_3$ в смеси: $40/0,478 = 84/x$; $x = 1$. Масса $(NH_4)_2CO_3$ в смеси составляет $3,3 - 2 = 1,3$ г. Массовые доли Ag_2CO_3 , $MgCO_3$ и $(NH_4)_2CO_3$ в смеси соответственно составляют 30, 30 и 40%. Уравнения реакций:



№9-4-2003респ.

Осадок с известковой водой может образовать оксид серы (IV), выделяющийся при взаимодействии концентрированной серной кислоты с малоактивными металлами и неметаллами:



При взаимодействии концентрированной серной кислоты с активными металлами может выделиться сероводород, но сульфид кальция растворим в воде.

$$n(CaSO_3) = 5,1/120 = 0,0452 \text{ моль}$$

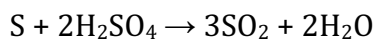
Для одновалентного металла уравнение реакции



Из этого уравнения находим молярную массу металла: $0,18/(0,0425 \cdot 2) = 2,12$ г/моль металл А. Для 2, 3, 4 – валентных металлов получается соответственно 4,24, 6,36, 8,48 г/моль.

Металлов с такой молярной массой нет. Значит, вещество А – неметалл. Продуктов его окисления концентрированной серной кислотой является газ, взаимодействующий с известковой водой с образованием осадка. Вещество А может быть сера или углерод.

Для серы:



$$n(S) = 0,18/32 = 0,056 \text{ моль}$$

$$n(SO_2) = 0,056 \cdot 3 = 0,0168 \text{ моль}$$

$$m(CaSO_3) = 0,0168 \cdot 120 = 2,04 \text{ г, что меньше 5,1 г.}$$

Для углерода:



$$n(CaCO_3) = n(C) = 0,18/12 = 0,015 \text{ моль}$$

$$m(CaSO_3) = n(S) = 0,03 \text{ моль}$$

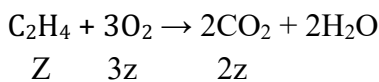
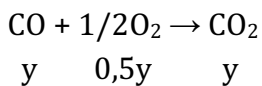
$$m(\text{CaSO}_3) = 0,03 \cdot 120 = 3,6 \text{ г}$$

общая масса осадка равна $1,5 + 3,6 = 5,1$ г, что соответствует условию задачи. Таким образом, вещество А – углерод.

№9-5-2003респ.

Газы с молекулярной массой равной 28 могут быть N_2 , CO , C_2H_4 , B_2H_6 (не подходит, так как не образует газообразные продукты). Частичное поглощение конечной газовой смеси щелочью свидетельствует в конечной смеси CO_2 , а так же часть газа не поглотилась, что свидетельствует о наличии скорее всего инертного азота в смеси. Смесь не может содержать только N_2 и CO или N_2 и C_2H_4 . В первом случае на сгорания смеси затрачивался бы меньший объем кислорода чем исходная смесь. Во втором случае затрачиваемый объем кислородом был бы больше объема исходной смеси. Условию задачи удовлетворяют наличие трех газов в исходной смеси N_2 , CO и CO_2 . Пусть исходная смесь содержит x моль N_2 , y моль CO , z моль C_2H_4 .

$$x + y + z = 1 \quad (1)$$



$$0,5y + 3z = 1 \quad (2)$$

$$(x + y + 2z) \cdot 0,9 = y + 2z \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3) получаем

$$x = 0,1 \quad (10\% \text{ по объему})$$

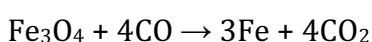
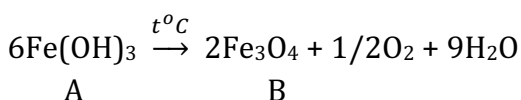
$$y = 0,68 \quad (68\% \text{ по объему})$$

$$z = 0,22 \quad (22\% \text{ по объему})$$

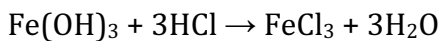
№9-6-2003респ.

Из условия можно сделать вывод что Д является хлоридом металла. Образование синего окрашивания Д при взаимодействии с желтой кровяной солью свидетельствует о наличии Fe^{3+} , тогда Д является FeCl_3 . Тогда исходное вещество А должно содержать железо в своем составе. Вещество А красно – бурого цвета может быть гидроксидом железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$ которое разлагается с образованием черного Fe_3O_4 (магнетит).

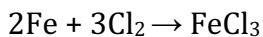
Уравнение реакций:



В С



А Д



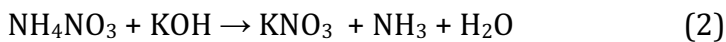
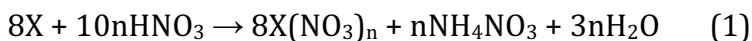
С Д



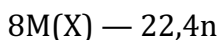
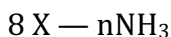
Желтая кровавая
соль

№9-7-2003респ.

Газ, образовавшийся в результате реакции с гидроксидом калия, очевидно, аммиак. Поэтому один из продуктов взаимодействия металла с азотной кислотой - нитрат аммония:



где n - валентность металла (степень окисления металла X^{n+}). Таким образом, из уравнения (1) и (2) следует стехиометрическая схема



$$M(\text{X}) = \frac{13 \cdot 22,4n}{8 \cdot 1,12} = 32,5n$$

При

$$n=1, M(\text{X})=32,5 \text{ - нет}$$

$$n=2, M(\text{X})=65 \text{ - цинк}$$

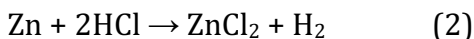
$$n=3, M(\text{X})=97,5 \text{ - нет}$$

$$n=4, M(\text{X})=130 \text{ - нет}$$

Растворяемый металл - цинк

№9-8-2003респ.

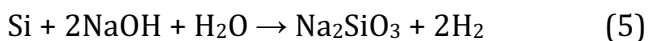
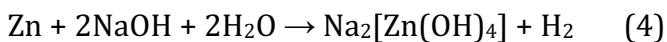
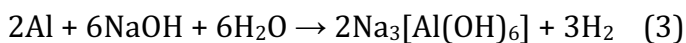
Из компонентов сплава с хлороводородной кислотой реагируют алюминий и цинк:



Исходя из закона Авогадро, рассчитаем количество H_2 , выделенного при обработке 1 г сплава:

$$n(\text{H}_2) = 0,843 / 22,4 = 0,03761 \text{ моль} = 37,61 \text{ ммоль}$$

С гидроксидом натрия в растворе реагируют алюминий, цинк и кремний:



Полученное при этом количество H_2 (в расчете на 1 г сплава) составляет:

$$n(\text{H}_2) = 2 \cdot 0,517 / 22,414 = 0,04613 \text{ моль} = 46,13 \text{ ммоль}$$

стехиометрические количества H_2 , получаемые при химическом растворении алюминия по реакции (1) и (3), одинаковы. Равны так же количества H_2 в реакциях (2) и (4) с учетом цинка. На основании этого находим количество H_2 , выделяемого с кремнием, по разности:

$$\Delta n(\text{H}_2) = 46,13 - 37,64 = 8,52 \text{ ммоль}$$

Согласно уравнению реакции (5) это количество водорода соответствует количеству кремния, равному

$$n(\text{Si}) = 8,52 / 2 = 4,26 \text{ ммоль}$$

отсюда вычислим массу и массовую долю кремния (его атомная масса 28,09 г/моль) в сплаве:

$$m(\text{Si}) = n(\text{Si}) \cdot M(\text{Si}) = 4,26 \cdot 28,09 = 119,7 \text{ мг}$$

$$w(\text{Si}) = m(\text{Si}) \cdot 100 / m(\text{сплава}) = 119,7 \cdot 100 / 1000 = 11,97\%$$

Нерастворимый остаток после кислотной обработки сплава содержит кремний и медь: масса кремния в образце известна, по разности масс находим содержание меди (атомная масса 63,55 г/моль) а сплаве:

$$m(\text{Si} + \text{Cu}) = 170 \text{ мг}$$

$$m(\text{Cu}) = 170 - 119,7 = 50,3 \text{ мг}$$

$$w(\text{Cu}) = m(\text{Cu}) \cdot 100 / m(\text{сплава}) = 50,3 \cdot 100 / 1000 = 5,03\%$$

разность масс образца сплава и остатка при кислотной обработке дает массу прореагировавших алюминия и цинка:

$$m(\text{Al} + \text{Zn}) = 1000 - 170 = 830 \text{ мг}$$

Обозначим массу алюминия через x мг, тогда масса цинка будет равна $(830 - x)$ мг. Исходя из стехиометрии уравнение реакции (1) и (2), выразим количества H_2 , соответствующие израсходованным металлам (атомная масса алюминия 26,98 г/моль, цинка 65,39 г/моль):

$$\text{в реакции (1)} \quad n(\text{H}_2) = 3x / 2M(\text{Al}) = 3x / (2 \cdot 26,98) \text{ ммоль}$$

$$\text{в реакции (2)} \quad n(\text{H}_2) = (830 - x) / M(\text{Zn}) = (830 - x) / 65,39 \text{ ммоль}$$

Суммарное количество H_2 , полученное в реакциях (1) и (2), известно, тогда можно записать равенство:

$$\frac{3x}{2 \cdot 26,98} + \frac{830-x}{65,39} = 37,61 \quad x = 618,2 \text{ мг}$$

Таким образом, в 1000 мг сплава содержится

$$m(\text{Al}) = 618,2 \text{ мг}$$

$$m(\text{Zn}) = 830 - 618,2 = 211,8 \text{ мг}$$

Отсюда рассчитываем массовые доли алюминия и цинка в сплаве:

$$w(\text{Al}) = 618,2 / 1000 \cdot 100 = 61,82\%$$

$$w(\text{Zn}) = 211,8 / 1000 \cdot 100 = 21,18\%$$