

Отборочный тур НОЯБРЬ, 5-9 классы

Задание 1

1.1. Массовая доля водорода в кристаллогидрате гидрофосфата натрия находится между 5.4 и 5.8%. Определите формулу кристаллогидрата. (8 баллов)

Решение. Пусть формула соединения $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Используя массовую долю водорода, записываем неравенство для n :

$$0.054 < \frac{(2n+1) \cdot 1}{142+18n} < 0.058,$$

откуда $6.49 < n < 7.57$. Единственное целочисленное решение: $n = 7$.

Ответ. $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

1.2. Массовая доля водорода в кристаллогидрате сульфата железа(II) находится между 3.0 и 4.0%. Определите формулу кристаллогидрата. (8 баллов)

Решение. Пусть формула соединения $\text{FeSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Используя массовую долю водорода, записываем неравенство для n :

$$0.03 < \frac{2n \cdot 1}{152+18n} < 0.04.$$

откуда $3.12 < n < 4.75$. Единственное целочисленное решение: $n = 4$.

Ответ. $\text{FeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

1.3. Массовая доля водорода в безводном гидрофосфате металла находится между 0.8 и 0.9%. Определите формулу кристаллогидрата. (8 баллов)

Решение. Формула соединения – $MHPO_4$ (M – двухвалентный металл) или M_2HPO_4 (M – одновалентный металл). Обозначим атомную массу металла X и используя массовую долю водорода, записываем два возможных неравенства для X .

$$0.008 < \frac{1}{X + 96} < 0.009 \quad \text{или} \quad 0.008 < \frac{1}{2X + 96} < 0.009.$$

В первом случае находим: $15.1 < X < 29$, во втором случае: $7.6 < X < 14.5$. В первом случае решение $X = 24$ ($M = Mg$), во втором случае химически правильного решения нет.

Ответ. $MgHPO_4$.

1.4. Массовая доля кислорода в кристаллогидрате сульфата меди находится между 60 и 62%. Определите формулу кристаллогидрата. (8 баллов)

Решение. Пусть формула соединения $CuSO_4 \cdot nH_2O$. Используя массовую долю кислорода, записываем неравенство для n :

$$0.60 < \frac{16 \cdot (4 + n)}{160 + 18n} < 0.62.$$

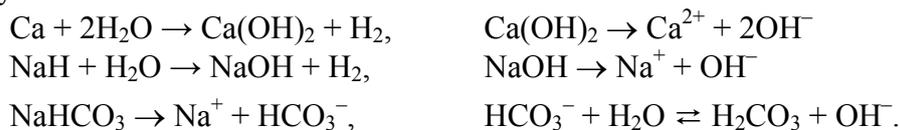
откуда $6.15 < n < 7.27$. Единственное целочисленное решение: $n = 7$.

Ответ. $CuSO_4 \cdot 7H_2O$.

Задание 2

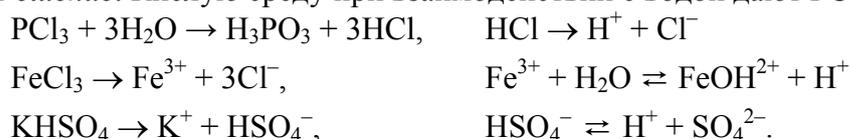
2.1. Какие из перечисленных веществ при добавлении к воде образуют раствор с $pH > 7$: Fe , Ca , NaN , $NaNO_3$, $NaHCO_3$, $NaHSO_4$? Напишите молекулярные или ионные уравнения реакций, подтверждающие Ваш ответ. (10 баллов)

Решение. Щелочную среду при взаимодействии с водой дают Ca , NaN , $NaHCO_3$. В первых двух случаях в растворе образуется щелочь, в третьем случае идет гидролиз по аниону.



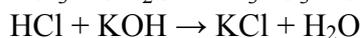
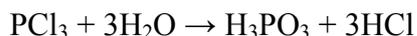
2.2. Какие из перечисленных веществ при добавлении к воде образуют раствор с $pH < 7$: $LiCl$, PCl_3 , SiO_2 , $FeCl_3$, $KHCO_3$, $KHSO_4$? Напишите молекулярные или ионные уравнения реакций, подтверждающие Ваш ответ. (10 баллов)

Решение. Кислую среду при взаимодействии с водой дают PCl_3 , $FeCl_3$, $KHSO_4$.

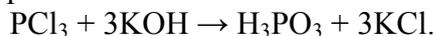


2.3. Некоторое вещество реагирует с гидроксидом калия в соотношении 1:3, при этом образуется раствор, имеющий кислую среду. Определите возможную формулу вещества, напишите уравнение реакции с гидроксидом калия и объясните, почему среда полученного раствора – кислая. (10 баллов)

Решение. Возможный вариант – PCl_3 . В воде это вещество полностью гидролизуеться до H_3PO_3 и HCl . Последняя кислота – сильная, и именно она в первую очередь взаимодействует с KOH :



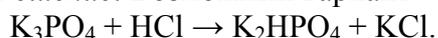
Суммарно:



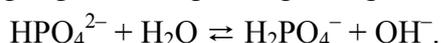
Фосфористая кислота H_3PO_3 создает в растворе кислую среду.

2.4. Некоторая соль реагирует с соляной кислотой в соотношении 1:1, при этом образуется раствор, имеющий щелочную среду. Определите возможную формулу соли, напишите уравнение реакции с соляной кислотой и объясните, почему среда полученного раствора – щелочная. **(10 баллов)**

Решение. Возможный вариант – K_3PO_4 .



Гидрофосфат-ион в растворе гидролизуеться и создает слабощелочную среду:



Задание 3

3.1. Фторид неизвестного металла, представляющий собой летучее твердое вещество, содержит 32.4% фтора по массе. При небольшом нагревании вещество возгоняется, а плотность полученного газа равна 12.5 г/л при давлении 1 атм и температуре 70°C. Установите формулу фторида. **(10 баллов)**

Решение. По плотности найдем молярную массу:

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{12.5 \cdot 8.314 \cdot 343}{101.3} = 352 \text{ г/моль.}$$

Содержание фтора в одном моле фторида:

$$m(\text{F}) = 352 \cdot 0.324 = 114 \text{ г, т.е. 6 моль. Масса металла в одном моле фторида:}$$

$$352 - 114 = 238 \text{ г,}$$

Это – уран. Формула фторида: UF_6 .

Ответ. UF_6 .

3.2. Фторид неизвестного металла, представляющий собой желтые кристаллы, содержит 37.5% фтора по массе. При небольшом нагревании вещество плавится, а затем испаряется. Плотность полученного газа равна 10.2 г/л при давлении 1 атм и температуре 90°C. Установите формулу фторида. **(10 баллов)**

Решение. По плотности найдем молярную массу:

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{10.2 \cdot 8.314 \cdot 363}{101.3} = 304 \text{ г/моль.}$$

Содержание фтора в одном моле фторида:

$$m(\text{F}) = 304 \cdot 0.375 = 114 \text{ г, т.е. 6 моль. Масса металла в одном моле фторида:}$$

$$304 - 114 = 190 \text{ г,}$$

Это – осмий. Формула фторида: OsF_6 .

Ответ. OsF_6 .

3.3. Хлорид неизвестного металла, представляющий собой белый гигроскопичный порошок, содержит 79.8% хлора по массе. При нагревании вещество возгоняется, а плотность полученного газа равна 6.88 г/л при давлении 1 атм и температуре 200°C. Установите формулу вещества в газовой фазе. **(10 баллов)**

Решение. По плотности найдем молярную массу хлорида:

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{6.88 \cdot 8.314 \cdot 473}{101.3} = 267 \text{ г/моль.}$$

Содержание хлора в одном моле хлорида:

$$m(\text{Cl}) = 267 \cdot 0.798 = 213 \text{ г, т.е. 6 моль. Масса металла в одном моле хлорида:}$$

$$267 - 213 = 54 \text{ г. Шестивалентного металла с такой молярной массой нет, приходится}$$

брать 2 моля металла с вдвое меньшей молярной массой, т.е. 27 г/моль. Это – алюминий. Формула хлорида: Al_2Cl_6 .

Ответ. Al_2Cl_6 .

3.4. Хлорид неизвестного металла – вещество молекулярного строения, содержит 60.4% хлора по массе. При температуре 250°C и нормальном атмосферном давлении представляет собой газ с плотностью 8.21 г/л. Установите формулу хлорида. **(10 баллов)**

Решение. По плотности найдем молярную массу хлорида:

$$M = \frac{\rho RT}{P} = \frac{8.21 \cdot 8.314 \cdot 523}{101.3} = 352.4 \text{ г/моль.}$$

Содержание хлора в одном моле хлорида:

$$m(\text{Cl}) = 352.4 \cdot 0.604 = 213 \text{ г, т.е. 6 моль. Масса металла в одном моле хлорида:}$$

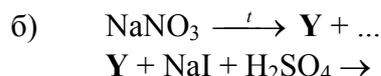
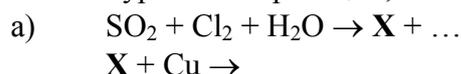
$$352.4 - 213 = 139.4 \text{ г. Шестивалентного металла с такой молярной массой нет, приходится брать 2 моля металла с вдвое меньшей молярной массой, т.е. 69.7 г/моль, это –}$$

галлий. Формула хлорида: Ga_2Cl_6 .

Ответ. Ga_2Cl_6 .

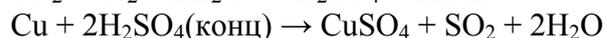
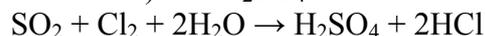
Задание 4

4.1. Напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

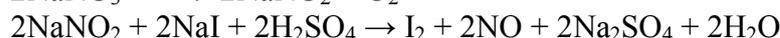
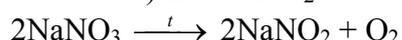


Определите неизвестные вещества. **(16 баллов)**

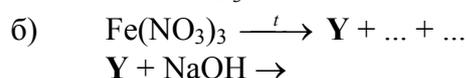
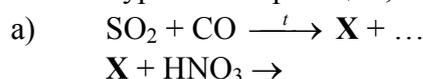
Решение. а) $\mathbf{X} - \text{H}_2\text{SO}_4$:



б) $\mathbf{Y} - \text{NaNO}_2$:

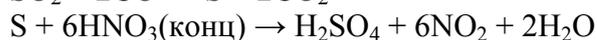
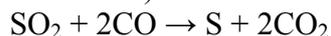


4.2. Напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

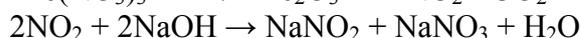


Определите неизвестные вещества. **(16 баллов)**

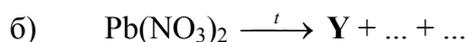
Решение. а) X – S:



б) Y – NO₂:

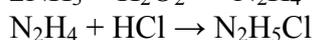
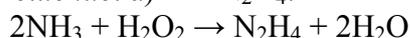


4.3. Напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

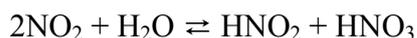
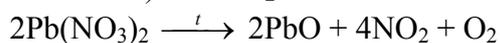


Определите неизвестные вещества. (16 баллов)

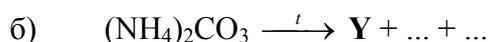
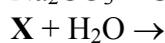
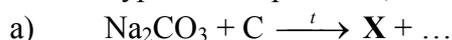
Решение. а) X – N₂H₄:



б) Y – NO₂:

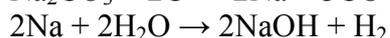
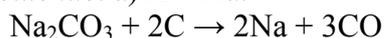


4.4. Напишите уравнения реакций, соответствующих схемам превращений:

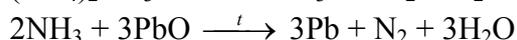


Определите неизвестные вещества. (16 баллов)

Решение. а) X – Na:



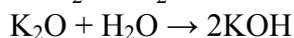
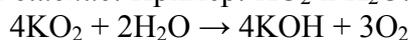
б) Y – NH₃:



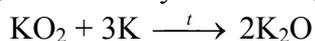
Задание 5

5.1. Два элемента – металл и неметалл – образуют химические соединения состава A_xB_y и A_yB_x . Приведите пример таких соединений. С каким веществом реагируют оба соединения? Напишите уравнения реакций. Предложите способ превращения одного из этих соединений в другое. (16 баллов)

Решение. Пример: KO_2 и K_2O . Оба вещества реагируют с водой:

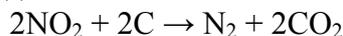


Оксид можно получить из надпероксида нагреванием с избытком калия:

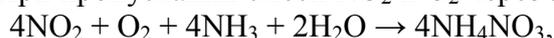


5.2. Два элемента-неметалла образуют химические соединения состава A_xB_y и A_yB_x . Приведите пример таких соединений. С каким веществом реагируют оба соединения? Напишите уравнения реакций. Предложите способ превращения одного из этих соединений в другое. (16 баллов)

Решение. Пример: NO_2 и N_2O . Оба вещества – сильные окислители и реагируют с углеродом:



При пропускании смеси NO_2 и O_2 через аммиачную воду образуется нитрат аммония:

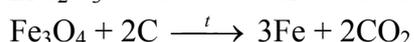
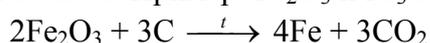


который при нагревании разлагается:

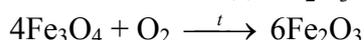


5.3. Два элемента – металл и неметалл – образуют химические соединения состава A_xB_y и $A_{x+1}B_{y+1}$. Приведите пример таких соединений. С каким веществом реагируют оба соединения? Напишите уравнения реакций. Предложите способ превращения одного из этих соединений в другое. (16 баллов)

Решение. Пример: Fe_2O_3 и Fe_3O_4 . Оба вещества реагируют с углеродом:



Fe_3O_4 можно окислить до Fe_2O_3 :



5.4. Два элемента-неметалла образуют химические соединения состава A_xB_y и A_xB_{y+4} . Приведите пример таких соединений. С каким веществом реагируют оба соединения? Напишите уравнения реакций. Предложите способ превращения одного из этих соединений в другое. (16 баллов)

Решение. Пример: P_4O_6 и P_4O_{10} . Оба вещества реагируют с водой:



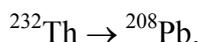
P_4O_6 можно окислить до P_4O_{10} :



Задание 6

6.1. Горная порода содержит 508 г тория-232 и 100 г свинца-208, который образовался из тория в результате цепочки радиоактивных распадов. Сколько процентов тория, изначально содержавшегося в породе, распалось? Сколько литров гелия (н. у.) при этом образовалось? (20 баллов)

Решение. Цепочка распадов тория-232 заканчивается устойчивым нуклидом свинец-208:



$$v(^{208}\text{Pb}) = 100 / 208 = 0.481 \text{ моль},$$

$$v_{\text{расп}}(^{232}\text{Th}) = v(^{208}\text{Pb}) = 0.481 \text{ моль},$$

$$m_{\text{расп}}(^{232}\text{Th}) = 0.481 \cdot 232 = 111.5 \text{ г}.$$

Изначально в породе содержалось $508 + 111.5 = 619.5$ г тория-232. Процент распавшегося изотопа: $111.5 / 619.5 = 0.180 = 18.0\%$.

Цепочка распадов включает α - и β -распады. Массовое число меняется только при α -распаде. Число α -распадов: $(232 - 208) / 4 = 6$.

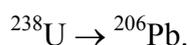
$$v(\text{He}) = 6 \cdot 0.481 = 2.886,$$

$$V(\text{He}) = 2.886 \cdot 22.4 = 64.6 \text{ л.}$$

Ответ. 18.0%. 64.6 л He.

6.2. Горная порода содержит 200 г урана-238 и 64 г свинца-206, который образовался из урана в результате цепочки радиоактивных распадов. Сколько процентов урана, изначально содержащегося в породе, распалось? Сколько литров гелия (н. у.) при этом образовалось? **(20 баллов)**

Решение. Цепочка распадов урана-238 заканчивается устойчивым нуклидом свинец-206:



$$v({}^{206}\text{Pb}) = 64 / 206 = 0.311 \text{ моль,}$$

$$v_{\text{расп}}({}^{238}\text{U}) = v({}^{206}\text{Pb}) = 0.311 \text{ моль,}$$

$$m_{\text{расп}}({}^{238}\text{U}) = 0.311 \cdot 238 = 73.9 \text{ г.}$$

Изначально в породе содержалось $200 + 73.9 = 273.9$ г урана-238. Процент распавшегося изотопа: $73.9 / 273.9 = 0.270 = 27.0\%$.

Цепочка распадов включает α - и β -распады. Массовое число меняется только при α -распаде. Число α -распадов: $(238 - 206) / 4 = 8$.

$$v(\text{He}) = 8 \cdot 0.311 = 2.49,$$

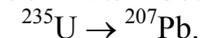
$$V(\text{He}) = 2.49 \cdot 22.4 = 55.7 \text{ л.}$$

Ответ. 27.0%. 55.7 л He.

6.3. Горная порода содержит 50 г урана-235, период полураспада которого составляет 700 млн лет. Сколько граммов урана-235 останется в породе через 1.4 млрд лет? Сколько литров гелия (н. у.) при этом образуется, если цепочка радиоактивных распадов, начинающаяся с урана-235, заканчивается свинцом-207? **(20 баллов)**

Решение. 1.4 млрд лет – это 2 периода полураспада, поэтому через 1.4 млрд лет останется $(1/2)^2 = 1/4$ исходного количества урана, т.е. 12.5 г. За это время распадется

$$50 - 12.5 = 37.5 \text{ г урана-235.}$$



$$v_{\text{расп}}({}^{235}\text{U}) = 37.5 / 235 = 0.160 \text{ моль.}$$

Цепочка распадов включает α - и β -распады. Массовое число меняется только при α -распаде. Число α -распадов: $(235 - 207) / 4 = 7$.

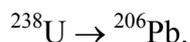
$$v(\text{He}) = 7 \cdot 0.160 = 1.12 \text{ моль,}$$

$$V(\text{He}) = 1.12 \cdot 22.4 = 25.0 \text{ л.}$$

Ответ. 12.5 г ${}^{235}\text{U}$. 25.0 л He.

6.4. Образец минерала клевета по данным химического анализа содержит 15.0 г урана-238 и 0.672 г гелия, который образовался из урана в результате цепочки радиоактивных распадов, заканчивающейся свинцом-206. Сколько процентов урана-238, изначально содержащегося в породе, распалось? Сколько граммов свинца-206 содержится в образце? Считайте, что гелий из минерала не улетучивался, а свинец образовался только при распаде урана. **(20 баллов)**

Решение. Цепочка распадов урана-238 заканчивается устойчивым нуклидом свинец-206:



Цепочка распадов включает α - и β -распады. Массовое число меняется только при α -распаде. Число α -распадов: $(238 - 206) / 4 = 8$.

$$v(\text{He}) = 0.672/4 = 0.168,$$

$$v_{\text{расп}}(^{238}\text{U}) = v(\text{He}) / 8 = 0.021 \text{ моль},$$

$$m_{\text{расп}}(^{238}\text{U}) = 0.021 \cdot 238 = 5.0 \text{ г}.$$

Изначально в породе содержалось $15.0 + 5.0 = 20.0$ г урана-238. Процент распавшегося изотопа: $5.0 / 25.0 = 0.25 = 25\%$.

$$v(^{206}\text{Pb}) = v_{\text{расп}}(^{238}\text{U}) = 0.021 \text{ моль},$$

$$m(^{206}\text{Pb}) = 0.021 \cdot 206 = 4.33 \text{ г}.$$

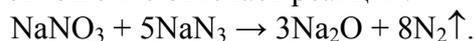
Ответ. 25.0%. 4.33 г ^{206}Pb .

Задание 7

7.1. Оксид натрия – довольно редкое соединение. Его можно получить прокаливанием смеси двух солей натрия, при этом дополнительно образуется только азот. На 10.0 г оксида натрия выделяется 9.63 л (н.у.) азота. Установите формулы солей и напишите уравнение реакции. Можно ли получить оксид натрия непосредственно из натрия? Если да, то приведите уравнение реакции. **(20 баллов)**

Решение. $v(\text{Na}_2\text{O}) : v(\text{N}_2) = (10.0/62) : (9.63/22.4) = 1 : 2.67 = 3 : 8$.

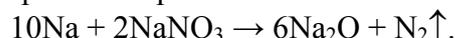
Это соотношение отвечает реакции:



Оксид натрия можно получить из натрия взаимодействием с пероксидом натрия:



или нитратом натрия:



7.2. Бинарное вещество **X** – бесцветная, дымящая жидкость. 27.5 г **X** испарили и пары пропустили над раскаленным углем. После охлаждения продуктов реакции получили раствор массой 29.3 г, содержащий 21.2% (по массе) простого вещества **Y**. Определите формулы веществ **X** и **Y**, ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнения: реакции получения **Y** из **X** и реакций взаимодействия **X** и **Y** с раствором щелочи. **(20 баллов)**

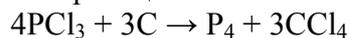
Решение. Бесцветная дымящая жидкость должна состоять из двух неметаллов. Один из них с углеродом образует растворитель, это – сера (с углеродом дает CS_2) или хлор (превращается в CCl_4). Второй элемент – **Y**.

$$m(\text{Y}) = 29.3 \cdot 0.212 = 6.2 \text{ г}.$$

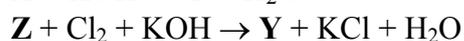
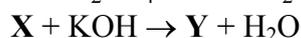
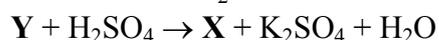
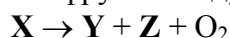
Вещество **X** имеет состав Y_2S_n или YCl_n и содержит 6.2 г **Y** и $27.5 - 6.2 = 21.3$ г S или Cl.

Простой проверкой можно убедиться, что **Y** – P (P_4), **X** – PCl_3 .

Уравнения реакции:

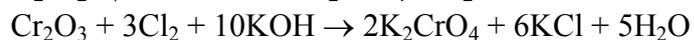
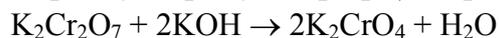


7.3. Расшифруйте следующую схему превращений:

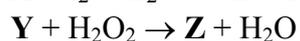
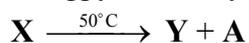


Вещества **X**, **Y** и **Z** содержат один и тот же элемент – *3d*-металл. Запишите формулы веществ **X**, **Y**, **Z** и напишите полные уравнения всех реакций. **(20 баллов)**

Решение. **X** – $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, **Y** – K_2CrO_4 , **Z** – Cr_2O_3 .



7.4. Расшифруйте следующую схему превращений:



Вещества **X**, **Y** и **Z** – кислоты разной основности. Все они, а также вещество **A** содержат один и тот же элемент III периода. Запишите формулы веществ **X**, **Y**, **Z**, **A** и напишите полные уравнения всех реакций. **(20 баллов)**

Решение. **A** – PH_3 , **X** – H_3PO_2 , **Y** – H_3PO_3 , **Z** – H_3PO_4 .

