

ОТБОРОЧНЫЙ ТУР НОЯБРЬ, 5-9 классы

ЗАДАНИЕ 1

1.1. Кальций и бор образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 38.17%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения – Ca_xB_y . Если 38.17% – массовая доля бора, то уравнение для x и y имеет вид (относительную атомную массу бора принимаем равной 10.8, так как массовая доля дана с высокой точностью):

$$0.3817 = \frac{10.8y}{40x + 10.8y}.$$

Это уравнение имеет следующее решение в целых числах: $x = 7, y = 16$ (Ca_7B_{16}). Однако такое решение не единственное. Если принять, что 38.17% – массовая доля кальция:

$$0.3817 = \frac{40x}{40x + 10.8y},$$

получаем $x = 1, y = 6$. Следовательно, формула соединения – CaB_6 .

Ответ: $\text{CaB}_6, \text{Ca}_7\text{B}_{16}$.

1.2. Углерод и литий образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 43.75%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения Li_xC_y . Если 43.75% – массовая доля углерода, то уравнение для x и y имеет вид:

$$0.4375 = \frac{12y}{7x + 12y}.$$

Это уравнение не имеет решений в небольших целых числах. Если же 43.75% – массовая доля лития, то

$$0.4375 = \frac{7x}{7x + 12y},$$

откуда $x = 4, y = 3$. Формула соединения – Li_4C_3 .

Ответ: Li_4C_3 .

1.3. Углерод и бор образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 21.74%. Установите формулу соединения. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения B_xC_y . Если 21.74% – массовая доля бора, то уравнение для x и y имеет вид (относительную атомную массу бора принимаем равной 10.8, так как массовая доля дана с высокой точностью):

$$0.2174 = \frac{10.8x}{10.8x + 12y}.$$

Это уравнение не имеет решений в небольших целых числах. Тогда принимаем, что 21.74% – массовая доля углерода:

$$0.2174 = \frac{12y}{10.8x + 12y},$$

откуда $x = 4, y = 1$. Формула соединения – B_4C .

Ответ: B_4C .

1.4. Сера и азот образуют соединение необычного состава, в котором массовая доля одного из элементов составляет 30.43%. Установите формулу соединения, если известно, что его молекула содержит 8 атомов. **(10 баллов)**

Решение. Пусть формула соединения – S_xN_y . Если 30.43% – массовая доля серы, то уравнение для x и y имеет вид:

$$0.3043 = \frac{32x}{32x + 14y}.$$

Это уравнение не имеет решений в небольших целых числах. Тогда принимаем, что 30.43% – массовая доля азота:

$$0.3043 = \frac{14y}{32x + 14y},$$

откуда $x = y$. Молекула содержит 8 атомов, следовательно, $x = y = 4$, молекулярная формула – S_4N_4 .

Ответ: S_4N_4 .

ЗАДАНИЕ 2

2.1. При разложении неорганического вещества образуются твердое вещество и смесь газов, имеющая плотность по водороду 21.6. Напишите возможное уравнение реакции. Ответ подтвердите расчетом. **(10 баллов)**

Решение. Возможное уравнение разложения:

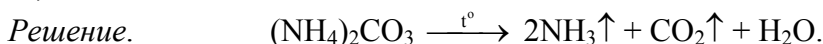


Проверка: $M_{см}(NO_2, O_2) = \frac{4 \cdot 46 + 32}{4 + 1} = 43.2$ г/моль, $D_{H_2} = 43.2 / 2 = 21.6$.

Подходит также разложение любого нитрата металла до оксида, в котором металл не меняет степень окисления, например $Zn(NO_3)_2, Al(NO_3)_3$.

Ответ: например, $Cu(NO_3)_2$.

2.2. При разложении неорганического вещества образуются вода и смесь газов, имеющая плотность по водороду 13. Напишите уравнение реакции. Ответ подтвердите расчетом. **(10 баллов)**



Проверка: $M_{см}(NH_3, CO_2) = \frac{2 \cdot 17 + 44}{2 + 1} = 26$ г/моль, $D_{H_2} = 26 / 2 = 13$.

Ответ: $(NH_4)_2CO_3$.

2.3. При разложении неорганического вещества образуется только смесь газов, имеющая плотность по водороду 12.75. Напишите уравнение реакции. Ответ подтвердите расчетом. **(10 баллов)**



Проверка: $M_{\text{см}}(\text{NH}_3, \text{H}_2\text{S}) = \frac{17+34}{2} = 25.5 \text{ г/моль}, D_{\text{H}_2} = 25.5 / 2 = 12.75.$

Ответ: $\text{NH}_4\text{HS}.$

2.4. При разложении неорганического вещества образуются твердый остаток и смесь газов, имеющая плотность по водороду 20.67. Напишите уравнение реакции. Ответ подтвердите расчетом. **(10 баллов)**

Решение. Возможное уравнение реакции разложения:



Проверка: $M_{\text{см}}(\text{NO}_2, \text{O}_2) = \frac{2 \cdot 46 + 32}{2+1} = 41.33 \text{ г/моль}, D_{\text{H}_2} = 41.33 / 2 = 20.67.$

По составу смеси подходит также нитрат другого металла, разлагающийся до чистого металла – $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$. Однако остающаяся в результате реакции ртуть – не твердое вещество.

Ответ: $\text{AgNO}_3.$

ЗАДАНИЕ 3

3.1. В молекуле XY_3 длина связи $\text{X}-\text{Y}$ составляет 0.142 нм, а расстояние между атомами Y равно 0.207 нм. Найдите угол между связями $\angle\text{YXY}$. Какую геометрическую форму имеет молекула? **(13 баллов)**

Решение. Рассмотрим равнобедренный треугольник YXY . Обозначим угол между связями $\angle\text{YXY} = \alpha$ и применим теорему косинусов:

$$\begin{aligned} r(\text{Y}-\text{Y})^2 &= r(\text{X}-\text{Y})^2 + r(\text{X}-\text{Y})^2 - 2 \cdot r(\text{X}-\text{Y})^2 \cdot \cos\alpha, \\ 0.207^2 &= 0.142^2 + 0.142^2 - 2 \cdot 0.142^2 \cdot \cos\alpha, \end{aligned}$$

откуда $\cos\alpha = -0.0625$, $\alpha = 93.6^\circ$. При таком угле атом X и все атомы Y не могут лежать в одной плоскости (для этого угол должен был бы равняться 120°), молекула имеет форму треугольной пирамиды:



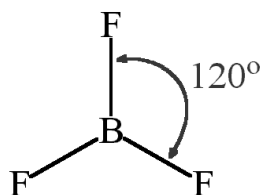
Ответ: 93.6° , треугольная пирамида.

3.2. В молекуле XY_3 длина связи $\text{X}-\text{Y}$ составляет 0.131 нм, а расстояние между атомами Y равно 0.227 нм. Найдите угол между связями $\angle\text{YXY}$. Какую геометрическую форму имеет молекула? **(13 баллов)**

Решение. Рассмотрим равнобедренный треугольник YXY . Обозначим угол между связями $\angle\text{YXY} = \alpha$ и применим теорему косинусов:

$$\begin{aligned} r(\text{Y}-\text{Y})^2 &= r(\text{X}-\text{Y})^2 + r(\text{X}-\text{Y})^2 - 2 \cdot r(\text{X}-\text{Y})^2 \cdot \cos\alpha, \\ 0.227^2 &= 0.131^2 + 0.131^2 - 2 \cdot 0.131^2 \cdot \cos\alpha, \end{aligned}$$

откуда $\cos\alpha = -0.5$, $\alpha = 120^\circ$. Атом X находится в центре равностороннего треугольника, образованного атомами Y , молекула имеет плоскую форму:



Ответ: 120° , плоская молекула.

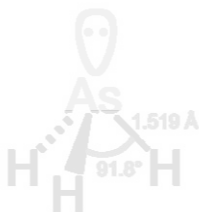
3.3. В молекуле XY_3 длина связи $\text{X}-\text{Y}$ составляет 0.152 нм, а расстояние между атомами Y равно 0.218 нм. Найдите угол между связями $\angle\text{YXY}$. Какую геометрическую форму имеет молекула? (13 баллов)

Решение. Рассмотрим равнобедренный треугольник YXY . Обозначим угол между связями $\angle\text{YXY} = \alpha$ и применим теорему косинусов:

$$r(\text{Y}-\text{Y})^2 = r(\text{X}-\text{Y})^2 + r(\text{X}-\text{Y})^2 - 2 \cdot r(\text{X}-\text{Y})^2 \cdot \cos\alpha,$$

$$0.218^2 = 0.152^2 + 0.152^2 - 2 \cdot 0.152^2 \cdot \cos\alpha,$$

откуда $\cos\alpha = -0.0285$, $\alpha = 92^\circ$. При таком угле все атомы Y и X не могут лежать в одной плоскости, молекула имеет форму треугольной пирамиды:



Ответ: 92° , треугольная пирамида.

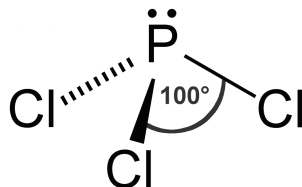
3.4. В молекуле XY_3 длина связи $\text{X}-\text{Y}$ составляет 0.204 нм, а расстояние между атомами Y равно 0.313 нм. Найдите угол между связями $\angle\text{YXY}$. Какую геометрическую форму имеет молекула? (13 баллов)

Решение. Рассмотрим равнобедренный треугольник YXY . Обозначим угол между связями $\angle\text{YXY} = \alpha$ и применим теорему косинусов:

$$r(\text{Y}-\text{Y})^2 = r(\text{X}-\text{Y})^2 + r(\text{X}-\text{Y})^2 - 2 \cdot r(\text{X}-\text{Y})^2 \cdot \cos\alpha,$$

$$0.313^2 = 0.204^2 + 0.204^2 - 2 \cdot 0.204^2 \cdot \cos\alpha,$$

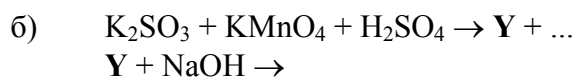
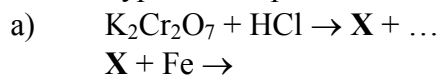
откуда $\cos\alpha = -0.177$, $\alpha = 100^\circ$. При таком угле все атомы Y и X не могут лежать в одной плоскости, молекула имеет форму треугольной пирамиды:



Ответ: 100° , треугольная пирамида.

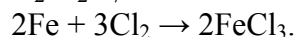
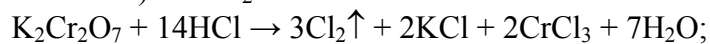
ЗАДАНИЕ 4

4.1. Напишите уравнения реакций согласно следующим схемам превращений:

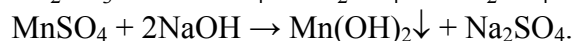
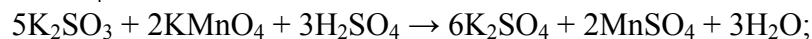


Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

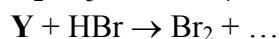
Решение: а) X – Cl₂.



б) Y – MnSO₄.

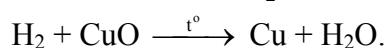
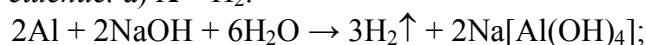


4.2. Напишите уравнения реакций согласно схемам превращений:

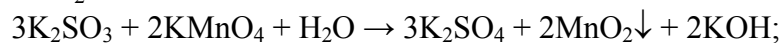


Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

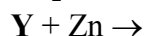
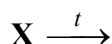
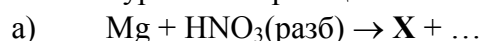
Решение. а) X – H₂.



б) Y – MnO₂.

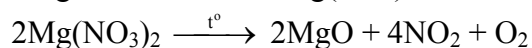
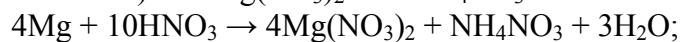


4.3. Напишите уравнения реакций согласно схемам превращений:

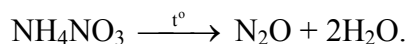


Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

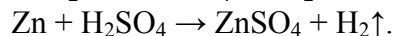
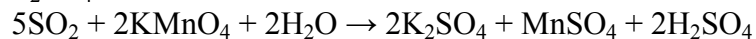
Решение. а) X – Mg(NO₃)₂ или NH₄NO₃.



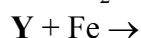
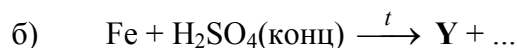
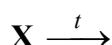
или



б) Y – H₂SO₄.

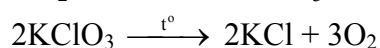


4.4. Напишите уравнения реакций согласно схемам превращений:

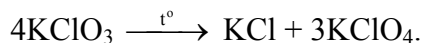


Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

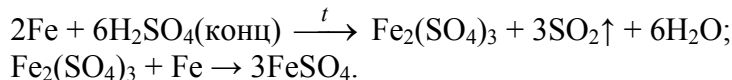
Решение. а) X – KClO₃.



или

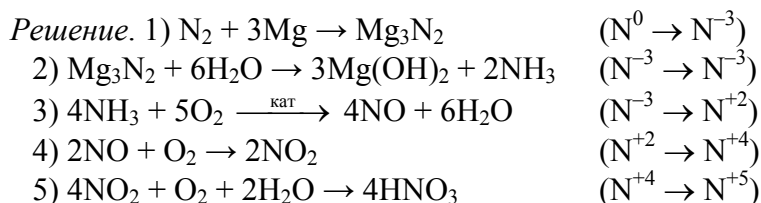
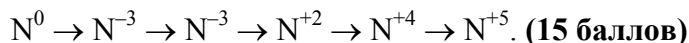


б) $\text{Y} - \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

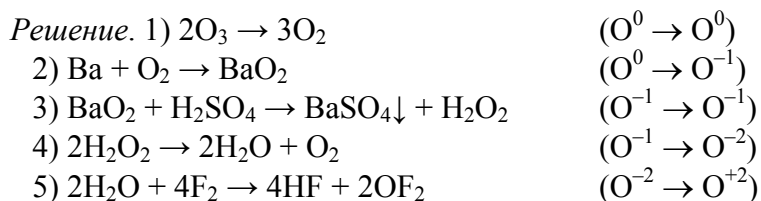
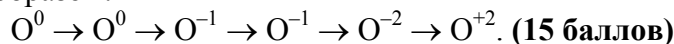


ЗАДАНИЕ 5

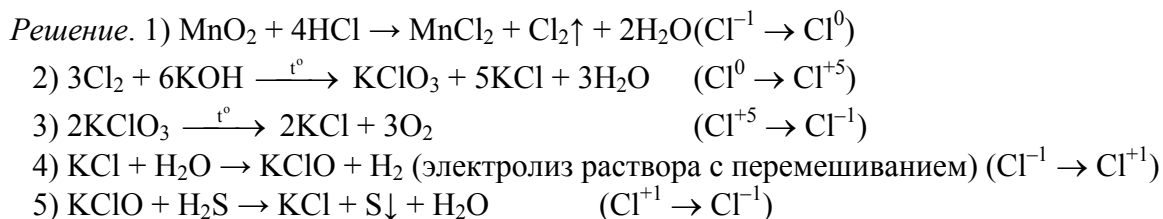
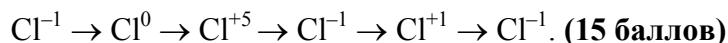
5.1. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления азота меняется следующим образом:



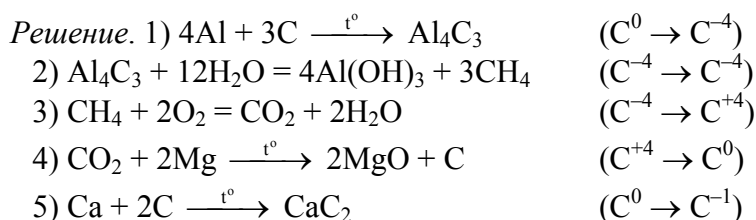
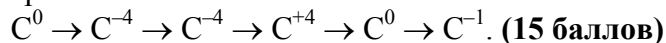
5.2. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления кислорода меняется следующим образом:



5.3. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления хлора меняется следующим образом:



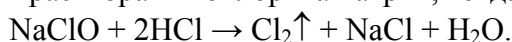
5.4. Напишите уравнения реакций, в которых степень окисления углерода меняется следующим образом:



ЗАДАНИЕ 6

6.1. Хлорсодержащие окислители, используемые для очистки воды или отбеливания, характеризуют содержанием «активного хлора» – это отношение массы хлора, полученного взаимодействием окислителя с избытком соляной кислоты, к массе окислителя (в %). Сколько процентов «активного хлора» содержит 15%-й раствор гипохлорита натрия? Может ли содержание «активного хлора» превышать 100%? Если да – приведите пример, если нет – объясните, почему. **(20 баллов)**

Решение. Возьмем 100 г раствора гипохлорита натрия, тогда $m(\text{NaClO}) = 15$ г.



$$v(\text{NaClO}) = 15 / 74.5 = 0.2 \text{ моль},$$

$$v(\text{Cl}_2) = v(\text{NaClO}) = 0.2 \text{ моль},$$

$$m(\text{Cl}_2) = 0.2 \cdot 71 = 14.2 \text{ г}.$$

Процент «активного хлора» в растворе NaClO: $14.2 \text{ г} / 100 \text{ г} \cdot 100\% = 14.2\%$.

Содержание активного хлора **может быть больше 100%**. Пример – чистый KClO_3 :

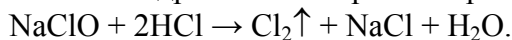


Здесь процент «активного хлора»: $3 \cdot 71 \text{ г} / 122.5 \text{ г} \cdot 100\% = 174\%$.

Ответ: 14.2%, да, может.

6.2. Хлорсодержащие окислители, используемые для очистки воды или отбеливания, характеризуют содержанием «активного хлора» – это отношение массы хлора, полученного взаимодействием окислителя с избытком соляной кислоты, к массе окислителя (в %). Сколько процентов «активного хлора» содержит пентагидрат гипохлорита натрия? Может ли содержание «активного хлора» превышать 100%? Если да – приведите пример, если нет – объясните, почему. **(20 баллов)**

Решение. Возьмем 1 моль пентагидрата гипохлорита натрия, $m(\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 164.5$ г.



$$v(\text{Cl}_2) = v(\text{NaClO}) = 1 \text{ моль},$$

$$m(\text{Cl}_2) = 71 \text{ г}.$$

Процент «активного хлора» в кристаллогидрате: $71 \text{ г} / 164.5 \text{ г} \cdot 100\% = 43.2\%$.

Содержание активного хлора **может быть больше 100%**. Пример – чистый NaClO_2 :



Процент «активного хлора»: $2 \cdot 71 \text{ г} / 90.5 \text{ г} \cdot 100\% = 157\%$.

Ответ: 43.2%, да, может.

6.3. Благодаря развитию промышленности растут выбросы в атмосферу углекислого газа. Основной природный способ его утилизации – фотосинтез. Однако, возможны и промышленные способы. Напишите по одному уравнению реакции, позволяющему преобразовать CO_2 в практически важное вещество с массовым содержанием углерода:

а) 12%;

б) 20%;

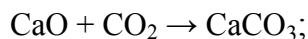
в) 37.5%;

г) 75%.

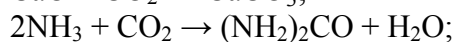
(20 баллов)

Решение.

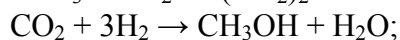
а) 12% С – карбонат кальция CaCO_3



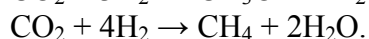
б) 20% С – мочевины, $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$



в) 37.5% С – метанол, CH_3OH



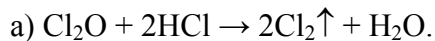
г) 75% С – метан, CH_4



6.4. Хлорсодержащие окислители, используемые для очистки воды или отбеливания, характеризуют содержанием «активного хлора» – это отношение массы хлора, полученного взаимодействием окислителя с избытком соляной кислоты, к массе окислителя (в %). Сколько процентов «активного хлора» содержит: а) оксид хлора(I), б) оксид хлора(IV)?

(20 баллов)

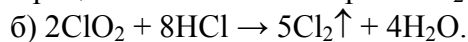
Решение. Возьмем по 1 молю Cl_2O и ClO_2 , $m(\text{Cl}_2\text{O}) = 87$ г, $m(\text{ClO}_2) = 67.5$ г.



$$\nu(\text{Cl}_2) = 2\nu(\text{Cl}_2\text{O}) = 2 \text{ моль,}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 142 \text{ г.}$$

Процент «активного хлора» в Cl_2O : $142 \text{ г} / 87 \text{ г} \cdot 100\% = 163\%$.



$$\nu(\text{Cl}_2) = 2.5\nu(\text{ClO}_2) = 2.5 \text{ моль,}$$

$$m(\text{Cl}_2) = 177.5 \text{ г.}$$

Процент «активного хлора» в ClO_2 : $177.5 \text{ г} / 67.5 \text{ г} \cdot 100\% = 263\%$.

Хлорный ангидрид имеет максимально возможное содержание «активного хлора».

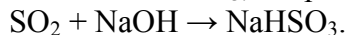
Ответ: а) 163%, б) 263%.

ЗАДАНИЕ 7

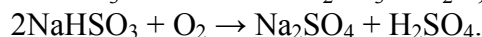
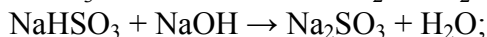
7.1. Неорганическое вещество представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде. Оно окрашивает пламя в желтый цвет, реагирует с кислотами и щелочами (в первом случае газ выделяется, во втором – нет). В водном растворе вещество окисляется кислородом воздуха, при этом видимых изменений не происходит. Установите формулу вещества, предложите один способ его получения и напишите уравнения всех описанных реакций.

(20 баллов)

Решение. Неорганическое вещество – NaHSO_3 , гидросульфит натрия. Его получение:



Реакции:



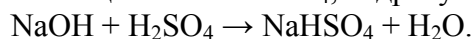
Благодаря последней реакции гидросульфит натрия используют в качестве антиоксиданта.

Ответ: NaHSO_3 .

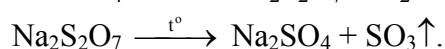
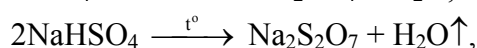
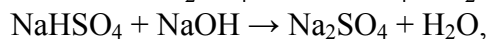
7.2. Неорганическое вещество представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде. Оно окрашивает пламя в желтый цвет, реагирует с щелочами, но не реагирует с кислотами. При нагревании вещество разлагается в две стадии: сначала выделяются пары воды, а при сильном прокаливании происходит значительная потеря массы. Установите формулу вещества, предложите один способ его получения и напишите уравнения всех описанных реакций.

(20 баллов)

Решение. Неорганическое вещество – NaHSO_4 , гидросульфат натрия. Его получение:



Реакции:

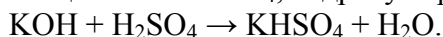


Ответ: NaHSO_4 .

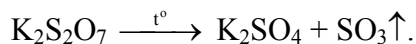
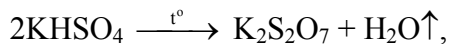
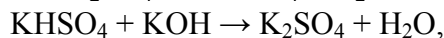
7.3. Неорганическое вещество представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде. Оно окрашивает пламя в фиолетовый цвет, реагирует с щелочами, но не реагирует с

кислотами. При нагревании вещество разлагается в две стадии: сначала выделяются пары воды, а при сильном прокаливании происходит значительная потеря массы. Установите формулу вещества, предложите один способ его получения и напишите уравнения всех описанных реакций. **(20 баллов)**

Решение. Неорганическое вещество – KHSO_4 , гидросульфат калия. Его получение:



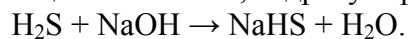
Реакции:



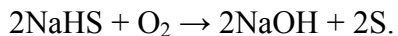
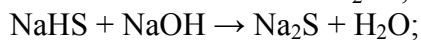
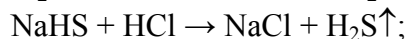
Ответ: KHSO_4 .

7.4. Неорганическое вещество представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде. Оно окрашивает пламя в желтый цвет, реагирует с кислотами и щелочами (в первом случае газ выделяется, во втором – нет), легко окисляется кислородом воздуха с образованием простого вещества. Установите формулу вещества, предложите один способ его получения и напишите уравнения всех описанных реакций. **(20 баллов)**

Решение. Неорганическое вещество – NaHS , гидросульфид натрия. Его получение:



Реакции:



Ответ: NaHS .