

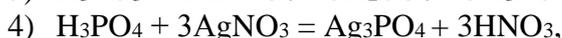
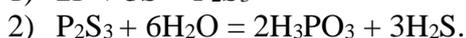
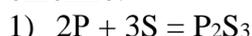
## 10 класс

### Задание 1.

Элементы **А** и **Б** – соседи в Периодической системе. При взаимодействии простых веществ **А** и **Б** в мольном соотношении 2 : 3 образуется твердое белое вещество **В**, которое легко разлагается водой с образованием газа **Г** с неприятным запахом и раствора вещества **Д**. Раствор **Д** обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. При добавлении к полученному бесцветному раствору раствора нитрата серебра выпадает желтый осадок **Е**. Расшифруйте вещества **А** - **Е** и приведите все уравнения описанных в задаче реакций.

**20 баллов**

#### Решение:



выпадает также малорастворимый сульфат серебра белого цвета.

**А** – P, **Б** – S, **В** –  $P_2S_3$ ; **Г** –  $H_2S$ , **Д** –  $H_3PO_3$ , **Е** –  $Ag_3PO_4$ .

**Критерии оценивания:** За вещества **А** – **Е** по 2 балла – всего **12 баллов**

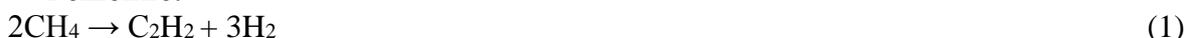
За уравнения 1 - 4 по 2 балла – всего **8 баллов**

**Итого 20 баллов**

**Задание 2.** 5,6 л (н.у.) метана нагрели до температуры  $1500^\circ\text{C}$ . При этом часть метана разложилась, в результате чего образовалась газовая смесь, объемом которой при н.у. составил 10,08 л. Полученную смесь пропустили над никелевым катализатором при нагревании. Определите объем конечной газовой смеси (при н.у.) и объемные доли газов в ней, если известно, что она не обесцвечивает бромную воду.

**15 баллов**

#### Решение:



Поскольку газы в конечной смеси не обесцвечивают бромную воду, гидрирование ацетиленов протекает до образования этана:



Пусть объем метана, вступившего в реакцию (1)  $V(\text{CH}_4) = x$  л, тогда  $V(\text{C}_2\text{H}_2) = x/2$ ,  $V(\text{H}_2) = 1,5x$ . Объем непрореагировавшего метана:  $V_{\text{ост}}(\text{CH}_4) = 5,6 - x$ .

Тогда объем газовой смеси, образовавшейся в результате реакции (1):

$$V(\text{смеси 1}) = V(\text{C}_2\text{H}_2) + V(\text{H}_2) + V_{\text{ост}}(\text{CH}_4).$$

$$10,08 = x/2 + 1,5x + 5,6 - x; x = 4, 48 \text{ л.}$$

$$\text{Тогда } V_{\text{ост}}(\text{CH}_4) = 1,12 \text{ л, } V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,24 \text{ л, } V(\text{H}_2) = 6,72 \text{ л.}$$

Т.к. соотношение объемов ацетиленов и водорода в реакции (1)  $V(\text{C}_2\text{H}_2) : V(\text{H}_2) = 1:3$ , а в реакции (2)  $V(\text{C}_2\text{H}_2) : V_2(\text{H}_2) = 1:2$ , следовательно, после протекания реакции (2) останется водород:

$$V_{\text{ост}}(\text{H}_2) = V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,24 \text{ л.}$$

Объем смеси после протекания реакции (2):

$$V(\text{смеси 2}) = V(\text{C}_2\text{H}_6) + V_{\text{ост}}(\text{H}_2) + V_{\text{ост}}(\text{CH}_4); V(\text{C}_2\text{H}_6) = V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,24 \text{ л.}$$

$$V(\text{смеси 2}) = 2,24 + 2,24 + 1,12 = 5,6 \text{ л.}$$

$$\text{Объемные доли газов: } \varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = \varphi(\text{H}_2) = 2,24/5,6 = 0,4, \varphi(\text{CH}_4) = 1,12/5,6 = 0,2.$$

**Ответ:** объем конечной газовой смеси (при н.у.) 5,6 л; объемные доли этана, водорода и метана соответственно 40%, 40%, 20%.

#### Критерии оценивания:

За уравнения 1 и 2 по 2 балла, за обоснование реакции (2) (с образованием этана) – 1 балл, **всего 5 баллов.**

За расчет объемов газов в смеси 1 ( $V_{\text{ост}}(\text{CH}_4) = 1,12$  л,  $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 2,24$  л,  $V(\text{H}_2) = 6,72$  л.) – **5 баллов.**

За расчет объема водорода, оставшегося после протекания реакции (2) ( $V_{\text{ост}}(\text{H}_2) = 2,24$  л.) – **2 балла.**

За расчет объема конечной смеси – **2 балла.**

За расчет объемных долей газов в конечной смеси – **1 балл.**

**Итого 15 баллов**

**Задание 3.** 5,6 л смеси оксида серы (IV) и хлороводорода (н.у.) с плотностью по воздуху 1,8276 пропустили через 38,4 мл раствора гидроксида натрия с массовой долей щелочи 25% и плотностью 1,25 г/мл. Определите массовые доли веществ в полученном растворе.

**22 балла**

**Решение:**

1) Количества исходных веществ:

$$v(\text{газов}) = 5,6 / 22,4 = 0,25 \text{ моль. } M_{\text{ср}}(\text{газов}) = 1,8276 \cdot 29 = 53 \text{ г/моль}$$

Пусть  $v(\text{SO}_2) = x$  и  $v(\text{HCl}) = y$ .

$$x + y = 0,25$$

$$64x + 36,5y = 53 \cdot 0,25$$

$$x = 0,15; y = 0,1. \quad v(\text{SO}_2) = 0,15 \text{ моль, } v(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль.}$$

$$m(\text{раствора NaOH}) = 38,4 \cdot 1,25 = 48 \text{ г. } m(\text{NaOH}) = 0,25 \cdot 48 = 12 \text{ г.}$$

$$v(\text{NaOH}) = 12/40 = 0,3 \text{ моль.}$$

2) Уравнения химических реакций:



Сначала с щелочью реагирует соляная кислота как более сильная.

$$v(\text{NaOH})_1 = v(\text{HCl}) = v(\text{NaCl}) = 0,1 \text{ моль. } m(\text{NaCl}) = 0,1 \cdot 58,5 = 5,85 \text{ г.}$$

Прореагировало 0,1 моль щелочи, осталось 0,2 моль.

Пусть  $a$  моль щелочи вступило в реакцию (2),  $b$  моль щелочи – в реакцию (3). Тогда количество сернистого газа, вступившего в реакции (2) и (3) соответственно равны  $v(\text{SO}_2)_2 = a$  моль и  $v(\text{SO}_2)_3 = 0,5b$  моль. Составим систему уравнений:

$$a + b = 0,2$$

$$a + 0,5b = 0,15$$

Решая, получим:  $b = 0,1$ ;  $a = 0,1$ .  $v(\text{SO}_2)_2 = 0,1$  моль и  $v(\text{SO}_2)_3 = 0,05$  моль.

Тогда  $v(\text{NaHSO}_3) = v(\text{SO}_2)_2 = 0,1$  моль;  $v(\text{Na}_2\text{SO}_3) = v(\text{SO}_2)_3 = 0,05$  моль;  $m(\text{NaHSO}_3) = 0,1 \cdot 104 = 10,4$  г;  $m(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 0,05 \cdot 126 = 6,3$  г.

3) Масса конечного раствора:

$$m(\text{конечного раствора}) = m(\text{SO}_2) + m(\text{HCl}) + m(\text{раствора NaOH}) = 0,15 \cdot 64 + 0,1 \cdot 36,5 + 48 = 61,25 \text{ г.}$$

Массовые доли содержащихся в нем веществ:

$$\omega(\text{NaCl}) = 5,85/61,25 = 0,0955. \quad \omega(\text{NaHSO}_3) = 10,4/61,25 = 0,1698.$$

$$\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 6,3/61,25 = 0,1029.$$

**Ответ:**  $\omega(\text{NaCl}) = 9,55\%$ ;  $\omega(\text{NaHSO}_3) = 16,98\%$ ;  $\omega(\text{Na}_2\text{SO}_3) = 10,29\%$ .

**Критерии оценивания:**

За расчет количества газов в смеси ( $v(\text{SO}_2) = 0,15$  моль,  $v(\text{HCl}) = 0,1$  моль) – **5 баллов**.

За уравнения реакций (1) – (3) – по 2 балла, **всего 6 баллов**.

За расчет количеств и масс солей в растворе – **6 баллов**.

За расчет массы конечного раствора – **3 балла**.

За расчет массовых долей солей в растворе – **2 балла**.

**Итого 22 балла**

**Задание 4.** Хлорофилл является важным пигментом, обуславливающим зеленый цвет листьев растений. При сжигании 89,2 мг хлорофилла в избытке кислорода получают только следующие четыре вещества: 242 мг газа, которым обычно газировать напитки; 64,8 мг жидкости, составляющей основу этих напитков; 5,6 мг газа, которого больше всего в земной атмосфере и 4,00 мг белого порошка, который является оксидом легкого широко используемого металла, названного в честь острова Магнезия.

1) О каких веществах идет речь?

2) Рассчитайте формулу хлорофилла, учитывая, что его молекула содержит только один атом металла.

3) Напишите уравнение реакции горения хлорофилла.

4) Содержит ли хлорофилл хлор? Откуда взялось название «хлорофилл»? **20 баллов**

**Решение:**

1. Напитки газифицируют углекислым газом, сами напитки состоят большей частью из воды, самый распространенный газ в земной атмосфере – азот, а порошок является оксидом магния.

2. Рассчитываем соотношение количеств атомов элементов в молекуле:

$$n(\text{CO}_2) = 242/44 = 5,5 \text{ ммоль}, n(\text{C}) = 5,5 \text{ ммоль}, m(\text{C}) = 5,5 \cdot 12 = 66 \text{ мг}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 64,8/18 = 3,6 \text{ ммоль}, n(\text{H}) = 7,2 \text{ ммоль}, m(\text{H}) = 7,2 \text{ мг}$$

$$n(\text{N}_2) = 5,60/28 = 0,2 \text{ ммоль}, n(\text{N}) = 0,4 \text{ ммоль}, m(\text{N}) = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \text{ мг}$$

$$n(\text{MgO}) = 40/4,00 = 0,1 \text{ ммоль}, n(\text{Mg}) = 0,1 \text{ ммоль}, m(\text{Mg}) = 0,1 \cdot 24 = 2,4 \text{ мг}$$

$$m(\text{O}) = 89,2 - 66 - 7,2 - 5,6 - 2,4 = 8 \text{ мг}, n(\text{O}) = 8/16 = 0,5 \text{ ммоль}.$$

Соотношение  $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{N}) : n(\text{O}) : n(\text{Mg}) = 5,5:7,2:0,4:0,5:0,1 = 55:72:4:5:1$ , откуда формула хлорофилла:  $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{N}_4\text{O}_5\text{Mg}$



4. Греческое слово «хлорос» означает «зеленый». Отсюда название и хлора и хлорофилла.

### Критерии оценивания:

За определение четырех веществ (углекислый газ, вода, азот, оксид магния) – по 2 балла, всего **8 баллов**.

За расчет количеств атомов углерода, водорода, азота, магния ( $n(\text{C}) = 5,5$  ммоль,  $n(\text{H}) = 7,2$  ммоль,  $n(\text{N}) = 0,4$  ммоль,  $n(\text{Mg}) = 0,1$  ммоль) по 1 баллу, за расчет количества атомов кислорода – 2 балла, всего **6 баллов**.

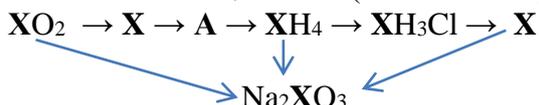
За составление молекулярной формулы хлорофилла – **2 балла**.

За уравнение реакции горения с коэффициентами – **2 балла**.

За происхождение названия хлорофилл – **2 балла**.

**Итого 20 баллов**

**Задание 5.** Элемент **X** является основой полупроводниковой техники и занимает второе место по распространенности в земной коре. Осуществите превращения веществ, образованных этим элементом, назовите элемент и все вещества в цепочке, в том числе неизвестное вещество **A** (возможны варианты):

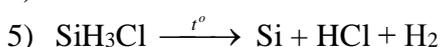
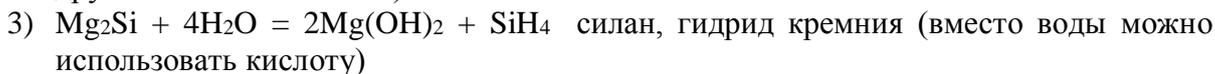
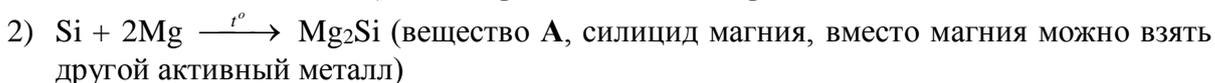
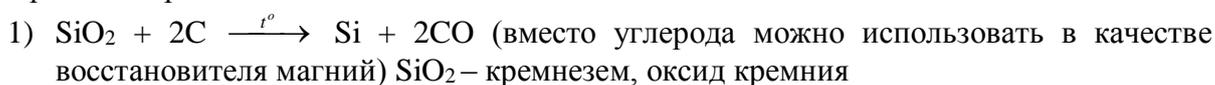


Каким из указанных в цепочке превращений получают чистое вещество **X** для нужд полупроводниковой техники? Ответ обоснуйте. Где применяется вещество  $\text{Na}_2\text{XO}_3$ ?

**23 балла**

**Решение:** Основа полупроводниковой техники – кремний. Он же занимает второе место по распространенности в земной коре после кислорода. **X** – кремний.

Уравнения реакций:



Особо чистый кремний для нужд полупроводниковой техники получают разложением силана или хлорсилана (реакция 5 в данной цепочке). Это газообразные вещества ( $\text{SiH}_3\text{Cl}$  и  $\text{SiH}_4$ ), которые можно получить в очень чистом виде, соответственно, при их разложении получается чистый кремний. Оксид кремния (кремнезем) обычно содержит много примесей, от которых сложно избавиться.

Силикат натрия, известный в технике как жидкое стекло, используется как силикатный клей и как связующее для приготовления клеящих мастик на основе кремнезема.

**Критерии оценивания:**

За определение кремния (X) – **2 балла**.

За уравнения реакций 1, 2, 6 – по 1 баллу, остальные по 2 балла, всего **13 баллов**.

За название веществ – кремнезем (оксид кремния), силан (гидрид кремния), силицид магния, хлорсилан, силикат натрия – по 1 баллу, всего **5 баллов**.

За указание способа получения чистого кремния с обоснованием – **2 балла**, без обоснования – 1 балл.

За указание области применения силиката натрия – **1 балл**.

**Итого 23 балла**