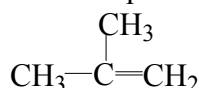


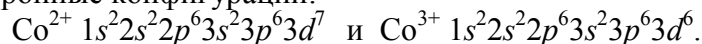
**1.11.** Изобразите структурную формулу изомера метилциклопропана, в молекуле которого нет вторичных атомов углерода. (4 балла)

*Решение.* Таким изомером является метилпропен:



**2.11.** Напишите электронные конфигурации ионов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Co}^{3+}$ . Рассчитайте массу неспаренных электронов в ионе  $\text{Co}^{3+}$  (масса электрона равна  $9.1 \cdot 10^{-31}$  кг). (6 баллов)

*Решение.* Электронные конфигурации:

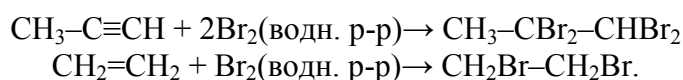


Ион  $\text{Co}^{3+}$  содержит 4 неспаренных электрона, их масса равна

$$m = 4 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} = 3.64 \cdot 10^{-30} \text{ кг.}$$

**3.4.** Эквимолярную смесь пропина, этилена и азота пропустили через избыток бромной воды. Как и во сколько раз изменился объем смеси? Напишите уравнения протекающих реакций. (6 баллов)

*Решение.* Бромная вода поглощает пропин и этилен, остается только азот:



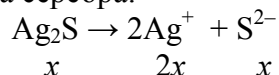
Так как исходно были взяты равные объемы газов, объем смеси сократился в  $\frac{3}{1} = 3$  раза.

(Объемы смесей измеряются при одинаковых условиях).

*Ответ:* объем уменьшился в 3 раза.

**4.7.** Вычислите произведение растворимости (ПР) сульфида серебра  $\text{Ag}_2\text{S}$ , если растворимость его в воде составляет  $6.2 \cdot 10^{-15}$  г/л. (8 баллов)

*Решение.* Растворение сульфида серебра:



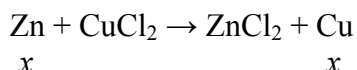
Пусть  $x$  моль/л – растворимость (концентрация насыщенного раствора) сульфида серебра в воде, чтобы рассчитать ее, разделим приведенную в условии величину на молярную массу соли ( $M(\text{Ag}_2\text{S}) = 248$  г/моль):

$$\begin{array}{l} x = 6.2 \cdot 10^{-15} / 248 = 2.5 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л} \\ \text{ПР}(\text{Ag}_2\text{S}) = [\text{Ag}^+]^2 [\text{S}^{2-}] = (2x)^2 \cdot x = 4x^3, \\ \text{ПР}(\text{Ag}_2\text{S}) = 4 \cdot (2.5 \cdot 10^{-17})^3 = 6.3 \cdot 10^{-50}. \end{array}$$

*Ответ:*  $6.3 \cdot 10^{-50}$ .

**5.8.** Через некоторое время после погружения цинковой пластинки в раствор  $\text{CuCl}_2$  ее масса уменьшилась на 0.04 г. Какова масса меди, выделившейся на пластинке? Предложите соль, при погружении в раствор которой масса цинковой пластинки увеличивается. (8 баллов)

*Решение.* Происходит растворение цинка и выделение меди на пластинке:



$$\begin{array}{l} \text{Изменение массы пластинки: } \Delta m = m(\text{Cu}) - m(\text{Zn}) = 64x - 65x = -x = -0.04, \\ x = 0.04 \text{ моль.} \end{array}$$

Меди выделилось  $m(\text{Cu}) = 64 \cdot 0.04 = 2.56$  г.

Чтобы масса цинковой пластинки увеличилась, необходимо погрузить ее в раствор соли, содержащей катионы металла, стоящего правее цинка в ряду активности металлов и имеющего большее значение атомной массы. В качестве такой соли можно предложить, например,  $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$  или  $\text{AgNO}_3$ :  $\text{Zn} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$ .

*Ответ:* 2.56 г Cu;  $\text{AgNO}_3$ .

**6.2.** Соединение **A** при прокаливании разлагается с образованием оксида металла **XO** и смеси газов **B** и **C** в объемном соотношении 4 : 1. Средняя молярная масса газовой смеси 43.2 г/моль, а плотность по воздуху газа **B** составляет 1.59. Полное восстановление углеродом 2.43 г оксида **XO** приводит к образованию 1.41 л угарного газа (300 °С, 1 атм). Определите неизвестные вещества. **(12 баллов)**

*Решение.* Определим химический состав газовой смеси.

$$M(\mathbf{B}) = 1.59 \cdot 29 = 46 \text{ г/моль.}$$

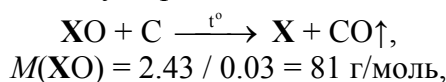
По условию, объемные доли газов **B** и **C** равны 0.8 и 0.2 соответственно. Средняя масса газовой смеси составляет

$$M_{\text{ср}} = \varphi_1 \cdot M(\mathbf{C}) + \varphi_2 \cdot M(\mathbf{B}) = 0.2 \cdot M(\mathbf{C}) + 0.8 \cdot 46 = 43.2 \text{ г/моль,}$$

отсюда  $M(\mathbf{C}) = 32$  г/моль. Можно сделать предположение, что **B** – это  $\text{NO}_2$ , а **C** –  $\text{O}_2$ . Определим неизвестный металл. Количество образовавшегося  $\text{CO}$

$$v(\text{CO}) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.41 \cdot 101.3}{8.31 \cdot 573} = 0.03 \text{ моль.}$$

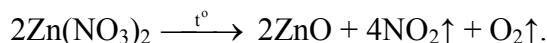
Реакция восстановления оксида углеродом:



$$M(\mathbf{XO}) = 2.43 / 0.03 = 81 \text{ г/моль,}$$

$$M(\mathbf{X}) = 80 - 16 = 65 \text{ г/моль,}$$

значит, неизвестный металл – цинк, а **XO** – это оксид цинка. Тогда **A** –  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .

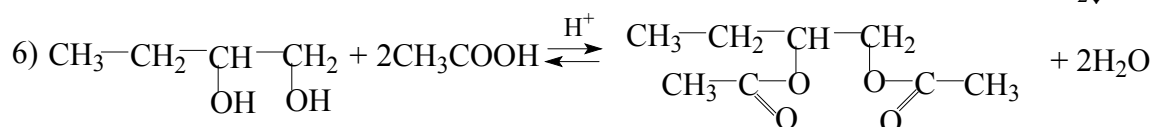
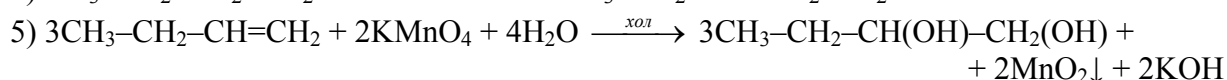
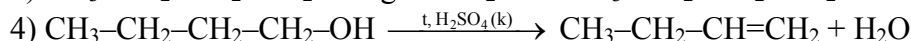
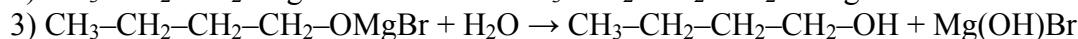
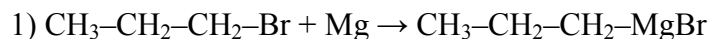


*Ответ:* **A** –  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ; **B** –  $\text{NO}_2$ ; **C** –  $\text{O}_2$ ; **XO** –  $\text{ZnO}$ .

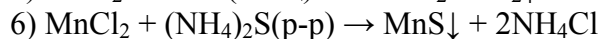
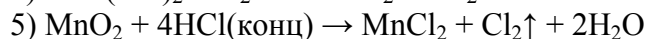
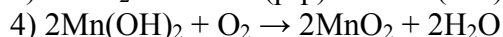
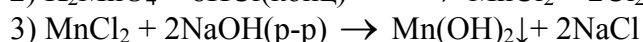
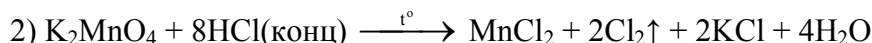
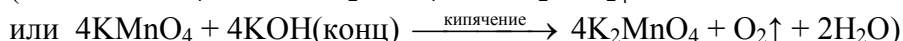
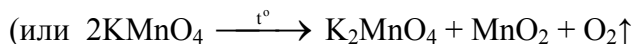
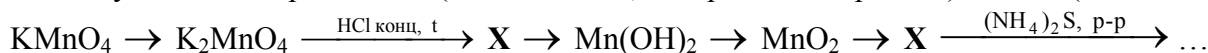
**7.12.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной ниже схеме превращений, и укажите условия их проведения. **(12 баллов)**



*Решение.*



**8.8.** Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной ниже схеме превращений, и укажите условия их проведения (**X** – вещество, содержащее марганец). **(12 баллов)**

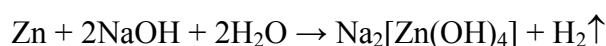


*Ответ:* **X** –  $\text{MnCl}_2$ .

**9.7.** Смесь массой 64.8 г, содержащую цинк, серебро, медь и неизвестный металл, обработали избытком раствора гидроксида натрия и получили 4.48 л газа (н. у.). Не растворившийся в щелочи остаток обработали соляной кислотой, при этом также выделилось 4.48 л газа (н. у.). Последующее нагревание твердого остатка с концентрированной азотной кислотой привело к его полному растворению, для поглощения выделившегося при этом бурого газа потребовалось 800 мл 1 М раствора KOH. При добавлении к полученному азотнокислому раствору избытка раствора хлорида калия выпало 28.7 г осадка. Определите металл, найдите массовые доли компонентов исходной смеси. **(16 баллов)**

*Решение.* Так как медь и серебро не реагируют ни со щелочью, ни с соляной кислотой, можно предположить, что сначала в щелочи растворился цинк, а затем неизвестный металл, не прореагировавший со щелочью, растворился в соляной кислоте.

При растворении цинка в щелочи выделился водород:

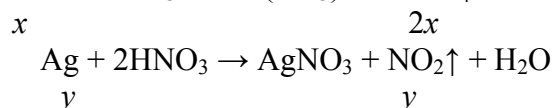


$$v(\text{H}_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль,}$$

значит, в смеси содержалось 0.2 моль цинка, его масса

$$m(\text{Zn}) = 0.2 \cdot 65 = 13 \text{ г.}$$

Оставшиеся в твердой смеси после растворения металла в кислоте медь и серебро были переведены в раствор концентрированной азотной кислотой:



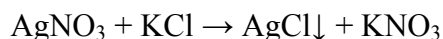
Для полного поглощения выделившегося оксида азота(IV)



потребовалось щелочи  $v(\text{KOH}) = 0.8 \cdot 1 = 0.8$  моль:

$$2x + y = 0.8$$

При обработке азотнокислого раствора хлоридом калия выпал осадок AgCl:



$$v(\text{AgCl}) = 28.7 / 143.5 = 0.2 \text{ моль,}$$

значит, в исходной смеси содержалось 0.2 моль серебра, его масса

$$m(\text{Ag}) = 0.2 \cdot 108 = 21.6 \text{ г.}$$

Значит, в смеси было  $v(\text{Cu}) = (0.8 - 0.2) / 2 = 0.3$  моль,  $m(\text{Cu}) = 0.3 \cdot 64 = 19.2$  г.

Можно найти массу неизвестного металла:

$$m(\text{X}) = 64.8 - 13 - 21.6 - 19.2 = 11 \text{ г.}$$

Металл растворился в соляной кислоте:



$$v(\text{H}_2) = 4.48 / 22.4 = 0.2 \text{ моль.}$$

Предположим, что металл – одновалентный ( $n = 1$ ). Тогда

$$M(\text{X}) = 11 / 0.4 = 27.5 \text{ г/моль – такого металла нет.}$$

Если  $n = 2$ , то  $M(\text{X}) = 11 / 0.2 = 55$  г/моль. Металл X – марганец.

Рассчитаем состав исходной смеси:

$$\omega(\text{Zn}) = 13 / 64.8 = 0.2006 \text{ или } 20.06\%,$$

$$\omega(\text{Ag}) = 21.6 / 64.8 = 0.3333 \text{ или } 33.33\%,$$

$$\omega(\text{Cu}) = 19.2 / 64.8 = 0.2963 \text{ или } 29.63\%,$$

$$\omega(\text{Mn}) = 11 / 64.8 = 0.1698 \text{ или } 16.98\%.$$

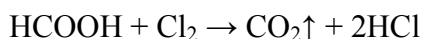
*Ответ:* марганец; 20.06% Zn, 33.33% Ag, 29.63% Cu, 16.98 Mn.

**10.10.** Смесь двух карбоновых кислот массой 4.87 г, растворенная в 300 мл воды, может поглотить без изменения цвета раствора 1.008 л хлора (н. у.), при этом выделяется 112 мл углекислого газа. Установите возможное строение кислот, если известно, что одна из них – двухосновная. Определите pH образующегося раствора (плотность 1 г/мл). Рассчитайте массу углекислого газа, выделяющегося при обработке исходной смеси кислот избытком подкисленного раствора перманганата калия. Напишите уравнения протекающих реакций. **(16 баллов)**

*Решение.* Найдем количество хлора:

$$v(\text{Cl}_2) = 1.008 / 22.4 = 0.045 \text{ моль.}$$

С хлором может реагировать либо муравьиная кислота, которая окисляется до углекислого газа (при этом образуется HCl), либо непредельная кислота, присоединяющая хлор по кратной связи. По условию задачи в реакции выделяется углекислый газ, следовательно, одна из кислот – муравьиная:



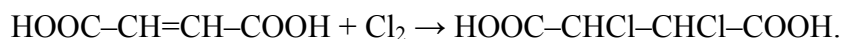
$$v(\text{CO}_2) = v(\text{НСООН}) = 0.112 / 22.4 = 0.005 \text{ моль.}$$

Масса муравьиной кислоты  $m(\text{НСООН}) = 0.005 \cdot 46 = 0.23$  г, тогда масса второй кислоты равна  $m = 4.87 - 0.23 = 4.64$  г.

Со второй кислотой прореагировал хлор в количестве  $v(\text{Cl}_2) = 0.045 - 0.005 = 0.04$  моль. Если эта кислота содержит одну двойную связь, тогда  $v(\text{кислоты}) = v(\text{Cl}_2) = 0.04$  моль. Найдем ее молярную массу:

$$M = m / v = 4.64 / 0.04 = 116 \text{ г/моль.}$$

Это непредельная двухосновная кислота с брутто-формулой  $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$  – бутендиовая кислота.



В результате реакции муравьиной кислоты с хлором в растворе находятся сильная соляная кислота в количестве 0.01 моль и более слабая 2,3-дихлорбутандиовая кислота. В присутствии сильной кислоты диссоциация более слабой подавлена, поэтому величину pH раствора определяет диссоциация сильной кислоты. Найдем концентрацию ионов  $\text{H}^+$ .

Масса конечного раствора

$$m = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{кислот}) + m(\text{Cl}_2) - m(\text{CO}_2) = 300 + 4.87 + 3.195 - 0.22 = 307.845 \text{ г.}$$

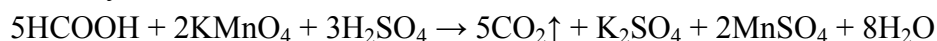
Поскольку плотность равна единице, объем раствора равен  $V = 307.845 \text{ мл} = 0.3078 \text{ л.}$

$$c(\text{HCl}) = v / V = 0.01 / 0.3078 = 0.0325 \text{ моль/л.}$$

Соляная кислота – сильная, поэтому  $[\text{H}^+] = 0.0325 \text{ моль/л,}$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 1.49.$$

Найдем количество углекислого газа:



$$\begin{array}{ccc} 0.005 & & 0.005 \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} 0.04 & & 0.16 \end{array}$$

$$v(\text{CO}_2) = 0.005 + 0.16 = 0.165 \text{ моль.}$$

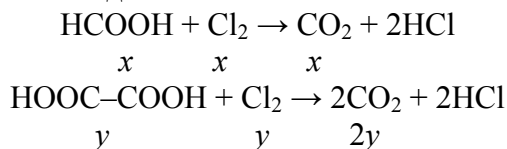
$$m(\text{CO}_2) = 0.165 \cdot 44 = 7.26 \text{ г.}$$

*Ответ:* НСООН и НООС-CH=CH-COON; pH 1.49, 7.26 г.

В работах абитуриентов иногда рассматривалась двухосновная щавелевая кислота. Действительно, щавелевая кислота является сильным восстановителем, и можно предположить, что она будет реагировать с хлором.

Если мы будем считать одну из кислот щавелевой, то вторая кислота – либо муравьиная, либо неизвестная кислота, в молекуле которой есть кратная связь. Рассмотрим

первый вариант. Пусть в исходной смеси присутствовали  $x$  моль муравьиной кислоты и  $y$  моль щавелевой  $\text{HOOC-COOH}$ . Тогда



Количества поглощенного хлора и выделившегося  $\text{CO}_2$  нам известны:

$$\begin{aligned} \nu(\text{Cl}_2) &= x + y = 0.045 \text{ моль,} \\ \nu(\text{CO}_2) &= x + 2y = 0.005 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Как видно, при решении этой системы уравнений получается отрицательное значение  $y$ . Значит, смесь не могла состоять из щавелевой и муравьиной кислот.

Теперь рассмотрим вариант, когда в смеси были щавелевая и неизвестная кислоты. Количество и массу щавелевой кислоты мы можем установить по количеству выделившегося углекислого газа:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0.005 / 2 = 0.0025 \text{ моль,} \quad m(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 90 \cdot 0.0025 = 0.225 \text{ г.}$$

Масса второй кислоты:

$$m(\text{к-ты}) = 4.87 - 0.225 = 4.645 \text{ г.}$$

Предположим, что в молекуле кислоты есть двойная связь. Количество кислоты определим по хлору:

$$\nu(\text{к-ты}) = \nu(\text{Cl}_2) - \nu(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0.045 - 0.0025 = 0.0425 \text{ моль.}$$

Молярная масса кислоты:

$$M(\text{к-ты}) = 4.645 / 0.0425 = 109.3 \approx 109 \text{ г/моль.}$$

Кислоту с такой молярной массой подобрать не удастся.

Если кислота содержит тройную связь, то

$$M(\text{к-ты}) = 4.645 / 0.02125 = 218.6 \text{ г/моль.}$$

Кислоту с такой молярной массой также невозможно подобрать.