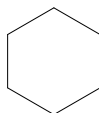


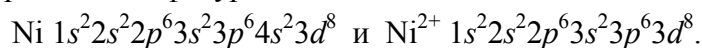
1.9. Изобразите структурную формулу изомера 2,3-диметилбутена-2, в молекуле которого есть только вторичные атомы углерода. (4 балла)

Решение. Таким изомером является циклогексан:



2.6. Напишите электронные конфигурации атома Ni и иона Ni²⁺. Рассчитайте массу неспаренных электронов в атоме никеля (масса электрона равна 9.1·10⁻³¹ кг). (6 баллов)

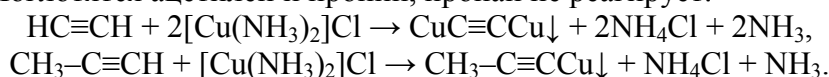
Решение. Электронные конфигурации:



Атом никеля содержит 2 неспаренных электрона, их масса $m = 2 \cdot 9.1 \cdot 10^{-31} = 1.82 \cdot 10^{-30}$ кг.

3.9. Эквимолярную смесь ацетилен, пропина и пропана пропустили через избыток аммиачного раствора хлорида меди(I). Как и во сколько раз изменился объем смеси? Напишите уравнения протекающих реакций. (6 баллов)

Решение. Поглощаются ацетилен и пропин, пропан не реагирует:



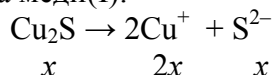
Так как исходно были взяты равные объемы газов, объем смеси сократился в $\frac{3}{1} = 3$ раза.

(Объемы газов измеряют при одинаковых условиях).

Ответ: объем уменьшился в 3 раза.

4.11. Вычислите произведение растворимости (ПР) сульфида меди Cu₂S, если растворимость его в воде составляет 1.4·10⁻¹⁴ г/л. (8 баллов)

Решение. Растворение сульфида меди(I):



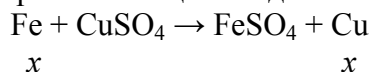
Пусть x моль/л – растворимость (концентрация насыщенного раствора) сульфида меди в воде, чтобы рассчитать ее, разделим приведенную в условии величину на молярную массу соли ($M(\text{Cu}_2\text{S}) = 160$ г/моль):

$$\begin{aligned} x &= 1.4 \cdot 10^{-14} / 160 = 8.7 \cdot 10^{-17} \text{ моль/л} \\ \text{ПР}(\text{Cu}_2\text{S}) &= [\text{Cu}^+]^2 [\text{S}^{2-}] = (2x)^2 \cdot x = 4x^3, \\ \text{ПР}(\text{Cu}_2\text{S}) &= 4 \cdot (8.7 \cdot 10^{-17})^3 = 2.6 \cdot 10^{-48}. \end{aligned}$$

Ответ: $2.6 \cdot 10^{-48}$.

5.6. Через некоторое время после погружения железной пластинки в раствор CuSO₄ на ней выделилось 0.8 г меди. Увеличилась или уменьшилась при этом масса пластинки? На какую величину? (8 баллов)

Решение. Происходит растворение свинца и выделение меди на пластинке:



Изменение массы пластинки: $\Delta m = m(\text{Cu}) - m(\text{Fe}) = 64x - 56x = 8x$, масса пластинки увеличивается.

Меди выделилось $\nu(\text{Cu}) = 0.8 / 64 = 0.0125$ моль.

$$\Delta m = 8 \cdot 0.0125 = 0.1 \text{ г,}$$

Ответ: увеличилась на 0.1 г.

6.9. Соединение А при прокаливании разлагается с образованием оксида металла X₂O₃ и смеси газов В и С в молярном соотношении 4 : 1. Средняя молярная масса газовой смеси

43.2 г/моль, а плотность по гелию газа **В** составляет 11.5. Для полного восстановления 4.56 г оксида X_2O_3 необходимо 5.34 л водорода (450°C, 1 атм). Определите неизвестные вещества. (12 баллов)

Решение. Определим химический состав газовой смеси.

$$M(\mathbf{B}) = 11.5 \cdot 4 = 46 \text{ г/моль.}$$

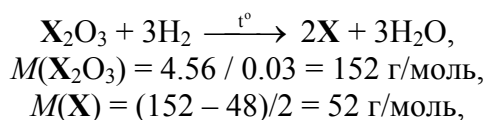
По условию, объемные доли газов **В** и **С** равны 0.8 и 0.2 соответственно. Средняя масса газовой смеси составляет

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

отсюда $M(\mathbf{C}) = 32$ г/моль. Можно сделать предположение, что **В** – это NO_2 , а **С** – O_2 . Определим неизвестный металл. Количество водорода при восстановлении оксида **ХО**:

$$v(H_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{101.3 \cdot 5.34}{8.31 \cdot 723} = 0.09 \text{ моль.}$$

Реакция восстановления оксида:

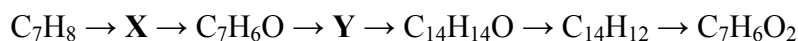


значит, неизвестный металл – хром, а X_2O_3 – это оксид хрома(III). Тогда **А** – это $Cr(NO_3)_3$:

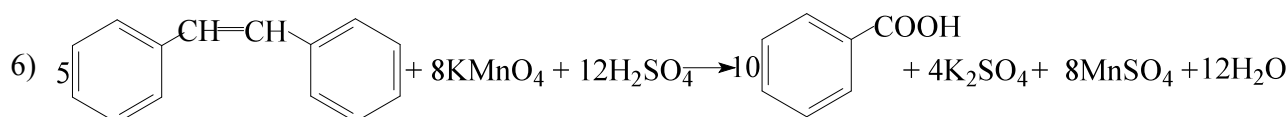
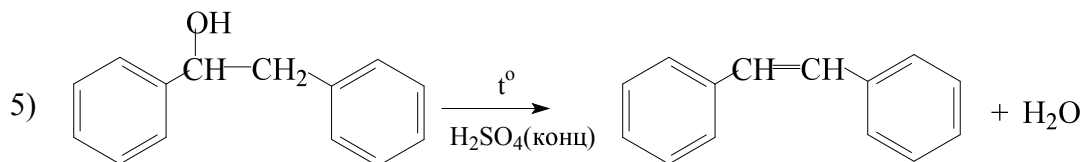
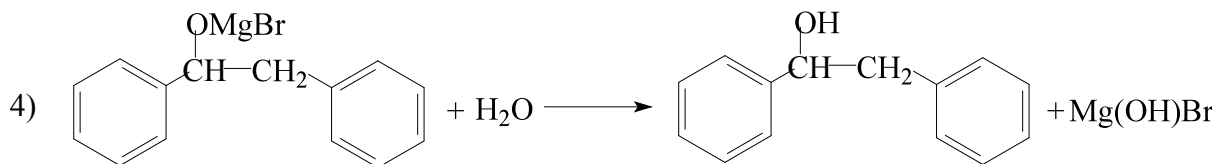
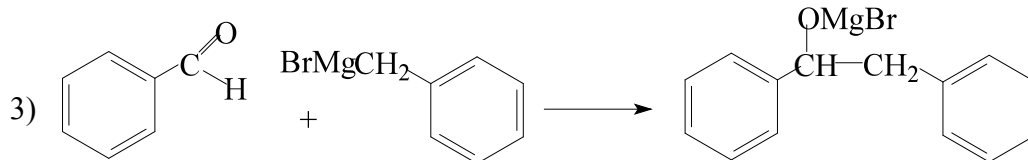
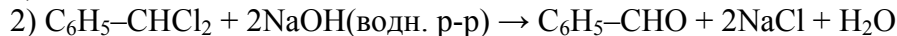
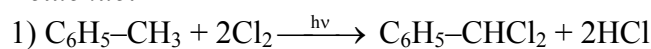


Ответ: **А** – $Cr(NO_3)_3$; **В** – NO_2 ; **С** – O_2 ; X_2O_3 – Cr_2O_3 .

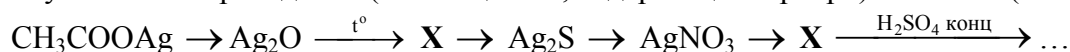
7.9. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной ниже схеме превращений, и укажите условия их проведения. (12 баллов)



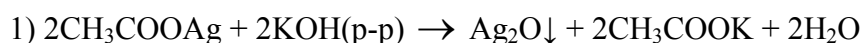
Решение:



8.5. Напишите уравнения реакций, соответствующих приведенной ниже схеме превращений, и укажите условия их проведения (**Х** – вещество, содержащее серебро). (12 баллов)



Решение.

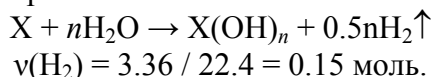


- 2) $2\text{Ag}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} 4\text{Ag} + \text{O}_2\uparrow$
 3) $4\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{Ag}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
 4) $\text{Ag}_2\text{S} + 10\text{HNO}_3 (\text{конц.}) \rightarrow 2\text{AgNO}_3 + 8\text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$
 5) $2\text{AgNO}_3 + \text{Zn} \rightarrow 2\text{Ag}\downarrow + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ (или $2\text{AgNO}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 + \text{O}_2$)
 6) $2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{конц.}) \rightarrow \text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

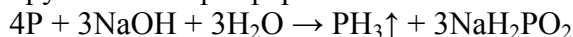
Ответ: X – Ag.

9.4. Смесь массой 47.3 г, содержащую фосфор, железо, серебро и неизвестный металл, обработали водой и получили 3.36 л газа (н. у.). Нерастворившийся остаток обработали избытком горячего концентрированного раствора гидроксида натрия, выделившийся при этом газ обесцветил 800 мл 0.2 М подкисленного серной кислотой раствора перманганата калия. Последующее добавление соляной кислоты к твердому остатку привело к его частичному растворению, и при добавлении к полученному солянокислому раствору раствора сульфида аммония выпало 17.6 г осадка. Для окончательного растворения остатка смеси понадобилось 40 мл 10 М азотной кислоты. Определите металл, найдите массовые доли компонентов исходной смеси. **(16 баллов)**

Решение. Так как железо, фосфор и серебро не реагируют с водой, можно предположить, что в воде растворился неизвестный металл:



С горячей щелочью реагирует только фосфор:



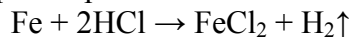
Выделившийся фосфин обесцветил подкисленный раствор перманганата калия, содержащий $0.8 \cdot 0.2 = 0.16$ моль KMnO_4 :



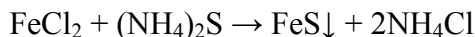
Значит, в смеси было фосфора $v(\text{P}) = 0.16 \cdot 5 \cdot 4 / 8 = 0.4$ моль,

$$m(\text{P}) = 0.4 \cdot 31 = 12.4 \text{ г.}$$

Оставшееся в смеси железо растворилось в соляной кислоте:



При добавлении сульфида аммония к раствору, содержащему хлорид железа(II), выпал осадок сульфида железа(II):



$v(\text{FeS}) = 17.6 / 88 = 0.2$ моль, значит, в смеси было 0.2 моль железа:

$$m(\text{Fe}) = 0.2 \cdot 56 = 11.2 \text{ г.}$$

Серебро прореагировало с раствором азотной кислоты:



$$v(\text{HNO}_3) = 10 \cdot 0.04 = 0.4 \text{ моль}$$

$$v(\text{Ag}) = 0.4 / 2 = 0.2 \text{ моль, } m(\text{Ag}) = 0.2 \cdot 108 = 21.6 \text{ г.}$$

Металла X в смеси было $m(\text{X}) = 47.3 - 12.4 - 11.2 - 21.6 = 2.1$ г.

Предположим, что металл одновалентный ($n = 1$). Тогда $M(\text{X}) = 2.1 / 0.3 = 7$ г/моль. Металл X – литий, $m(\text{Li}) = 2.1$ г.

$$\omega(\text{P}) = 12.4 / 47.3 = 0.2622 \text{ или } 26.22\%,$$

$$\omega(\text{Fe}) = 11.2 / 47.3 = 0.2368 \text{ или } 23.68\%,$$

$$\omega(\text{Ag}) = 21.6 / 47.3 = 0.4566 \text{ или } 45.66\%,$$

$$\omega(\text{Li}) = 2.1 / 47.3 = 0.444 \text{ или } 4.44\%.$$

Ответ: неизвестный металл – Li; 26.22% P, 23.68% Fe, 45.66% Ag, 4.44% Li.

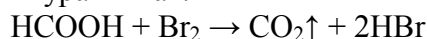
10.4. Смесь двух карбоновых кислот массой 2.31 г обесцвечивает 280 г 2%-ной бромной воды, при этом выделяется 560 мл (н. у.) углекислого газа. Установите возможное строение кислот, если известно, что одна из них – двухосновная. Определите pH образовавшегося

раствора (плотность 1.01 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 брома:

$$v(\text{Br}_2) = 280 \cdot 0.02 / 160 = 0.035 \text{ моль.}$$

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

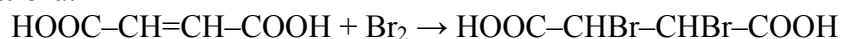


$$v(\text{CO}_2) = v(\text{НСООН}) = 0.560 / 22.4 = 0.025 \text{ моль.}$$

$$\text{Масса муравьиной кислоты } m = 0.025 \cdot 46 = 1.15 \text{ г.}$$

$$\text{Масса второй кислоты } m = 2.31 - 1.15 = 1.16 \text{ г.}$$

Количество Br₂, прореагировавшего со второй кислотой, равно 0.035 – 0.025 = 0.01 моль. Если эта кислота содержит одну двойную связь, тогда v(кислоты) = v(Br₂) = 0.01 моль. M(кислоты) = m / v = 1.16 / 0.01 = 116 г/моль. Такой молярной массе соответствует C₄H₄O₄. бутендиовая кислота:



В результате реакции в растворе находятся сильная бромоводородная кислота (0.05 моль) и более слабая 2,3-дибромбутандиовая кислота. В присутствии сильной кислоты диссоциация более слабой подавлена, поэтому pH раствора определяет диссоциация сильной кислоты. Найдем концентрацию ионов H⁺.

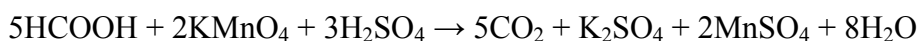
Масса конечного раствора:

$$m = m(\text{бромн. воды}) + m(\text{кислот}) - m(\text{CO}_2) = 280 + 2.31 - 1.1 = 281.21 \text{ г.}$$

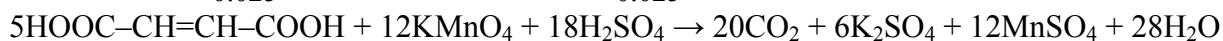
$$\text{Объем раствора } V = m / \rho = 281.21 / 1.01 = 278.4 \text{ мл} = 0.278 \text{ л.}$$

$$c(\text{HBr}) = 0.05 / 0.278 = 0.18 \text{ моль/л.}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 0.74.$$



$$0.025 \qquad \qquad \qquad 0.025$$



$$0.01 \qquad \qquad \qquad 0.04$$

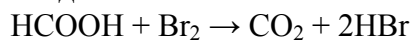
$$v(\text{CO}_2) = 0.025 + 0.04 = 0.065 \text{ моль,}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0.065 \cdot 44 = 2.86 \text{ г.}$$

Ответ: НСООН и НООС-CH=CH-COOH; pH 0.74, 2.86 г.

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

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 НООС-СООН. Тогда



$$x \qquad \qquad x \qquad \qquad x$$



$$y \qquad \qquad y \qquad \qquad 2y$$

Количества поглощенного брома и выделившегося CO₂ нам известны:

$$v(\text{Br}_2) = x + y = 0.035 \text{ моль,}$$

$$v(\text{CO}_2) = x + 2y = 0.025 \text{ моль.}$$

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:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0.025 / 2 = 0.0125 \text{ моль}, \quad m(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 90 \cdot 0.0125 = 1.125 \text{ г.}$$

Масса второй кислоты:

$$m(\text{к-ты}) = 2.31 - 1.125 = 1.185 \text{ г.}$$

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

$$\nu(\text{к-ты}) = \nu(\text{Br}_2) - \nu(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 0.035 - 0.0125 = 0.0225 \text{ моль.}$$

Молярная масса кислоты:

$$M(\text{к-ты}) = 1.185 / 0.0225 = 52.7 \approx 53 \text{ г/моль.}$$

Карбоновая кислота с такой молярной массой не существует.

Если кислота содержит тройную связь, то

$$M(\text{к-ты}) = 1.73 / 0.01125 = 105.3 \approx 105 \text{ г/моль.}$$

Кислоту с такой молярной массой также не удастся подобрать.