

## 11 класс

**11.1** Смесь 1,3-бутадиена и одного из изомерных бутинов была полностью поглощена 120 г раствора Br<sub>2</sub> в CCl<sub>4</sub> с массовой долей Br<sub>2</sub> 40%. При этом количество Br<sub>2</sub> в растворе уменьшилось в три раза. При пропускании такого же количества смеси через аммиачный раствор гидроксида серебра выпал осадок массой 9,66 г. Определите строение бутина и массовые доли компонентов в смеси.

### Решение:

Напишем уравнение реакции бромирования.

Смесь имеет общую формулу C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> и полное поглощение дает реакцию:  
C<sub>4</sub>H<sub>6</sub> + 2Br<sub>2</sub> = C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>Br<sub>4</sub>

Определим количество брома в исходном растворе:

$$m_{Br_2} = 120 \cdot 0,4 = 48 \text{ г}$$

$$\nu_{Br_2} = \frac{48}{160} = 0,3 \text{ моль}$$

160 г/моль – молярная масса брома

Определим количество не прореагировавшего Br<sub>2</sub>:

$$\frac{0,3}{3} = 0,1 \text{ моль},$$

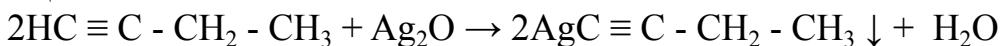
следовательно на реакцию пошло 0,2 моль Br<sub>2</sub>.

Определим количество исходной смеси.

Если на реакцию пошло 0,2 моль Br<sub>2</sub>, то смеси всего было 0,1 моль.

Напишем уравнение получения этилацеталинида серебра и рассчитаем его количество.

С аммиачным раствором гидроксида серебра реагирует только бутина-1, по реакции:



Определим количество этилацеталинида серебра:

$$\nu = \frac{9,66}{161} = 0,06 \text{ моль}.$$

161 г/моль – молярная масса этилацеталинида серебра.

Определим количество бутина - 1 и бутадиена 1,3 в смеси:

Так как, по реакции из двух молей бутина - 1 образуется 2 моль этилацеталинида серебра, то  $\nu_{\text{бутина}-1} = \nu_{\text{этилацеталинида серебра}} = 0,06 \text{ моль}$ .

$$\nu_{\text{бутадиена-1,3}} = \nu_{\text{смеси}} - \nu_{\text{бутина}-1} = 0,1 - 0,06 = 0,04 \text{ моль}.$$

Определим содержание бутина-1 и бутадиена 1,3 в смеси.

Содержание бутина - 1:

$$\frac{0,06}{0,1} \cdot 100\% = 60\%$$

Содержание 1,3-бутадиена:

$$100 - 60 = 40\%.$$

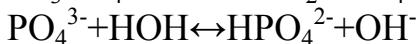
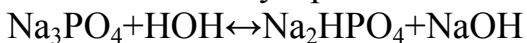
**11.2** Определить тип гидролиза ортофосфата натрия, составьте молекулярное и ионно-молекулярное уравнения гидролиза этой соли. Вычислите степень гидролиза в 0,1 М растворе ортофосфата натрия и pH раствора ( $K_{d_3}(H_3PO_4) = 1,3 \cdot 10^{-12}$ ).

**Решение:**

Определим тип гидролиза ортофосфата натрия.

Соль  $Na_3PO_4$  образована слабой кислотой  $H_3PO_4$  и сильным основанием  $NaOH$ , она гидролизуется по аниону.

Напишем молекулярное и ионно-молекулярное уравнения гидролиза соли:



Вычислим константу гидролиза:

$$K_{(l)} = KH_2O / K_3(H_3PO_4) = 10^{-14} / 1,3 \cdot 10^{-12} = 7,7 \cdot 10^{-3}$$

Найдем степень гидролиза:

$$\alpha = \sqrt{K_{(l)}} / C_m = \sqrt{7,7 \cdot 10^{-3}} / 0,1 = 2,8 \cdot 10^{-2}$$

Определим концентрацию образовавшихся при гидролизе гидроксид-ионов:  
 $[OH^-] = \alpha \cdot C_m = 2,8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,1 = 2,8 \cdot 10^{-3}$  моль/л

Вычислим рОН и pH раствора соли:

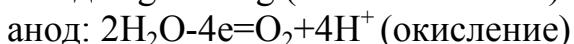
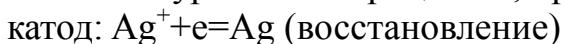
$$pOH = -\lg[OH^-] = -\lg(2,8 \cdot 10^{-2}) = 2,55$$

$$pH = 14 - pOH = 14 - 2,55 = 11,45$$

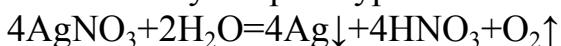
**11.3** Электролиз 400 г 8,5 %-ного раствора нитрата серебра продолжали до тех пор пока масса раствора не уменьшилась на 25 г. Вычислите массовые доли соединений в растворе, полученном после окончания электролиза, и массы веществ, выделившихся на инертных электродах.

**Решение:**

Составим уравнения процессов, протекающих на электродах:



Составим суммарное уравнение электролиза:



Найдем число моль нитрата серебра в растворе:

$$v(\text{AgNO}_3) = m/M = 400 \cdot 0,085 / 170 = 0,2 \text{ моль}$$

Вычислим массу веществ, выделившихся при полном электролитическом разложении данного количества  $\text{AgNO}_3$ .

Согласно уравнения электролиза нитрата серебра из 0,02 моль соли серебра образовалось 0,02 моль, кислорода 0,05 моль.

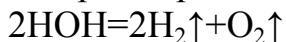
$$m(\text{Ag}) = v \cdot A = 0,2 \cdot 108 = 21,6 \text{ г} \quad m(\text{O}_2) = v \cdot M = 0,05 \cdot 32 = 1,6 \text{ г}$$

Общее уменьшение массы за счет серебра и кислорода составляет:

$$21,6 + 1,6 = 23,2 \text{ г}$$

Определим количество разложившейся воды.

При электролизе образовавшегося раствора азотной кислоты разлагается вода:



Рассчитаем потерю массы раствора за счет электролиза воды:

$$25 - 23,2 = 1,8 \text{ г.}$$

Количество разложившейся воды равно:

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 1,8 / 18 = 0,1 \text{ моль}$$

Определим массы газов, выделившихся на электродах.

На электродах выделилось 0,1 моль  $\text{H}_2$  массой  $0,1 \cdot 2 = 0,2 \text{ г}$  и 0,005 моль  $\text{O}_2$  массой  $0,05 \cdot 32 = 1,6 \text{ г}$ .

Определим общую массу кислорода, выделившегося на аноде в двух процессах:

$$1,6 + 1,6 = 3,2 \text{ г}$$

Определим массу азотной кислоты в оставшемся растворе:

$$v(\text{HNO}_3) = v(\text{AgNO}_3) = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 0,2 \cdot 63 = 12,6 \text{ г}$$

Определим массу раствора после электролиза:  $400 - 25 = 375 \text{ г}$ .

Определим массовую долю азотной кислоты в растворе, полученном при электролизе:

$$\omega(\text{HNO}_3) = 12,6 / 375 = 0,0336 \text{ или } 3,36\%.$$

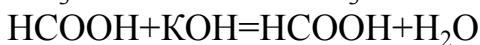
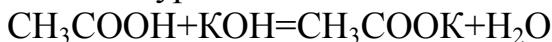
**11.4** Раствор формальдегида в смеси уксусной и муравьиной кислот массой 2,33 г может полностью прореагировать с 18,7 мл 8,4%-ного раствора гидроксида калия плотностью 1,07 г/мл. Полученный при этом раствор выделяет при нагревании с избытком водно-аммиачного раствора нитрата серебра 9,72 г осадка. Установите мольные доли компонентов в смеси.

**Решение:**

Найдем число молей KOH:

$$v(\text{KOH}) = 18,7 \cdot 1,07 \cdot 0,084 / 56 = 0,03 \text{ моль}$$

Запишем уравнения взаимодействия уксусной и муравьиных кислот с KOH:

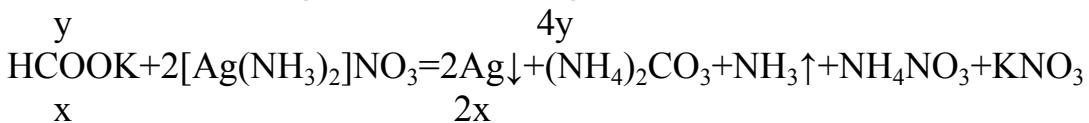


Запишем выражение числа молей уксусной и муравьиной кислот:

Обозначим число молей  $\text{CH}_3\text{COOH}$  за « $x$ »,

тогда число молей  $\text{HCOOH}$  равно  $(0,03-x)$

Запишем уравнения взаимодействия формальдегида и соли муравьиной кислоты с аммиачным раствором нитрата серебра:



Определим число молей серебра:

$$v(\text{Ag}) = m/A = 9,72 / 108 = 0,09 \text{ моль},$$

где 108 – атомарная масса серебра

Определим число молей формальдегида, уксусной и муравьиной кислоты.

Составим систему уравнений:

$$2x + 4y = 0,09$$

$$30y + 46x + (0,03 - x) \cdot 60 = 2,23$$

Решение системы:  $x=0,005$ ,  $y=0,02$

Отсюда  $v(\text{HCOH}) = y = 0,02 \text{ моль}$ ;  $v(\text{HCOOH}) = x = 0,005 \text{ моль}$ ;

$$v(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,03 - x = 0,025 \text{ моль}$$

Рассчитаем мольные доли веществ в исходной смеси.

Общее количество веществ:  $0,02 + 0,005 + 0,025 = 0,05 \text{ моль}$

$$\omega(\text{HCOH}) = 0,02 / 0,05 = 0,4 \text{ (или 40\%)}$$

$$\omega(\text{HCOOH}) = 0,005 / 0,05 = 0,1 \text{ (или 10\%)}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,025 / 0,05 = 0,5 \text{ (или 50\%)}$$

**11.5** Опишите молекулу  $\text{BF}_3$  с точки зрения:

- 1) метода валентных связей;
- 2) метода молекулярных орбиталей.

Определите пространственную структуру и полярная или неполярная молекула.

**Решение:**

Строение молекулы  $\text{BF}_3$  по методу валентных связей.

Атом водорода имеет электронную конфигурацию:  $1s^1$

Атом бора имеет электронную конфигурацию:  $1s^2 2s^2 2p^1$

При небольшом возбуждении спаренные  $2s$  электроны распариваются и в атоме бора образуются три неспаренных электрона, которые участвуют в образовании связи с тремя  $1s$ -электронами трех атомов водорода. Образование связи происходит по обменному механизму.

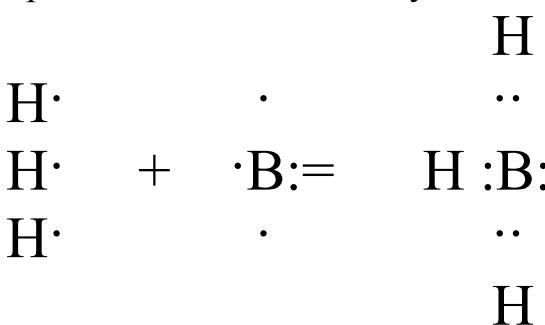
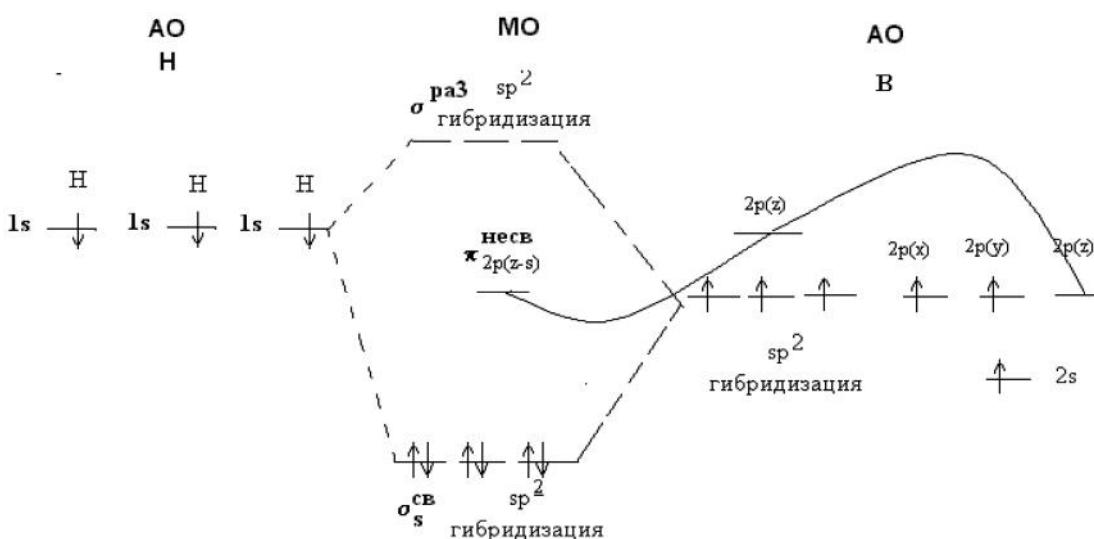


Диаграмма строения молекулы  $\text{BF}_3$  по методу молекулярных орбиталей:



Пространственная структура молекулы  $\text{BF}_3$ .

Углерод в молекуле  $\text{BF}_3$  имеет  $sp^2$ -тип гибридизации, поэтому молекула имеет форму равностороннего треугольника с атомом брома в центре.

Определим, полярная или неполярная молекула  $\text{BF}_3$ .

Связи B-F в молекуле фторида бора полярные, но направлены в сторону бора. Т.к. молекула симметричная и имеет равноценные заместители, то суммарный дипольный момент всех связей в молекуле равен нулю и молекула  $\text{BF}_3$  неполярная.