

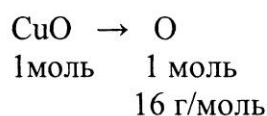
## Всероссийская олимпиада школьников по химии 2016-2017 год

## II (муниципальный этап), 10 класс

## Решения

1. Смесь аммиака и оксида углерода (II) разделили на две равные части. При пропускании первой части смеси через трубку с раскаленным оксидом меди (II) масса трубки уменьшилась на 8,8 г. А вторая часть смеси полностью нейтрализована 147 г 10%-го раствора серной кислоты. Вычислите объемные и массовые доли газов в смеси. (10 баллов)

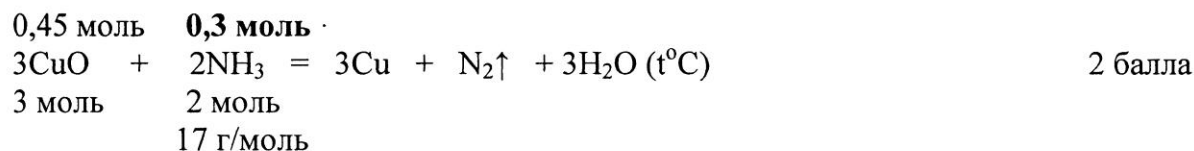
При взаимодействии газовой смеси с раскаленным оксидом меди (II) протекают окислительно-восстановительные реакции: оксид меди (II) восстанавливается до меди. При высокой температуре газы (азот и углекислый газ) и вода уходят из сферы реакции. Поэтому  $\Delta m = 8,8$  г равно массе атомарного кислорода.  
 Стехиометрическая схема: 1 моль CuO содержит 1 моль атомарного кислорода.



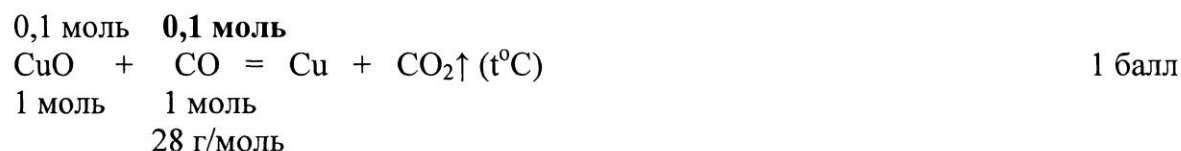
$$v(\text{O}) = v(\text{CuO}) = 8,8 \text{ г} / 16 \text{ г/моль} = 0,55 \text{ моль} \quad 2 \text{ балла}$$



$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = (147 \text{ г} \cdot 0,1) / 98 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль} \quad 1 \text{ балл}$$



В реакцию с оксидом углерода (II) вступило  $(0,55 - 0,45) = 0,1$  моль оксида меди (II) 1 балл



В одной и второй частях газовой смеси по 0,3 моль  $\text{NH}_3$  и 0,1 моль  $\text{CO}$ .

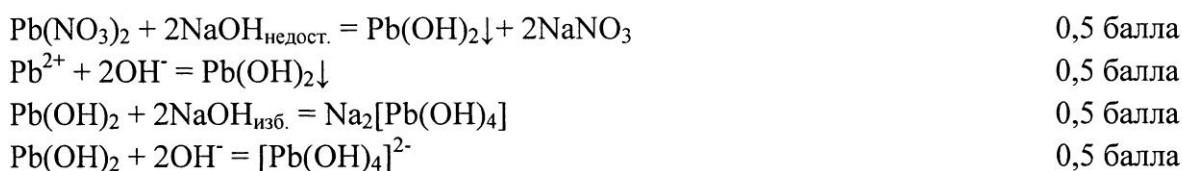
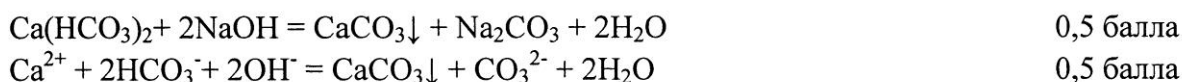
$$\begin{array}{ll} m(\text{NH}_3) = 0,3 \text{ моль} \cdot 17 \text{ г/моль} = 5,1 \text{ г} & \\ m(\text{CO}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 28 \text{ г/моль} = 2,8 \text{ г} & \\ m(\text{газов}) = 5,1 \text{ г} + 2,8 \text{ г} = 7,9 \text{ г} & \\ \omega\%(\text{NH}_3) = (5,1 \text{ г} / 7,9 \text{ г}) \cdot 100\% = 64,56\% & 0,5 \text{ балла} \\ \omega\%(\text{CO}) = (2,8 \text{ г} / 7,9 \text{ г}) \cdot 100\% = 35,44\% & 0,5 \text{ балла} \\ v(\text{газов}) = 0,3 \text{ моль} + 0,1 \text{ моль} = 0,4 \text{ моль} & \\ \varphi\%(\text{NH}_3) = (0,3 \text{ моль} / 0,4 \text{ моль}) \cdot 100\% = 75\% & 0,5 \text{ балла} \\ \varphi\%(\text{CO}) = (0,1 \text{ моль} / 0,4 \text{ моль}) \cdot 100\% = 25\% & 0,5 \text{ балла} \end{array}$$

Если нет расчетов, но написаны 3 уравнения реакций – 3 балла (по 1 баллу за уравнение).  
Возможны другие способы решения задачи.

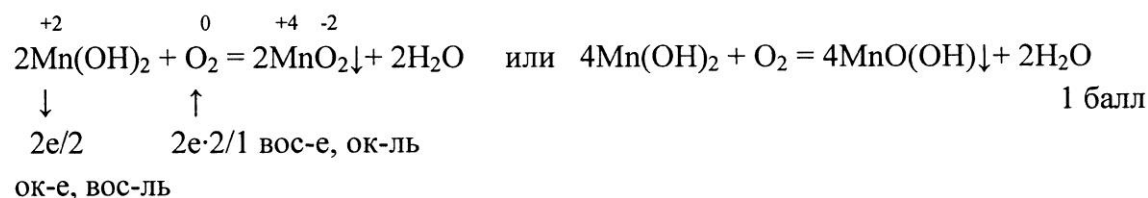
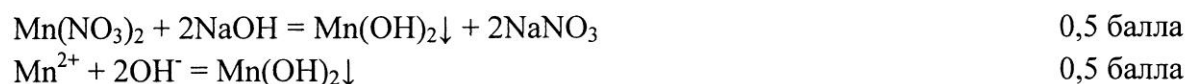
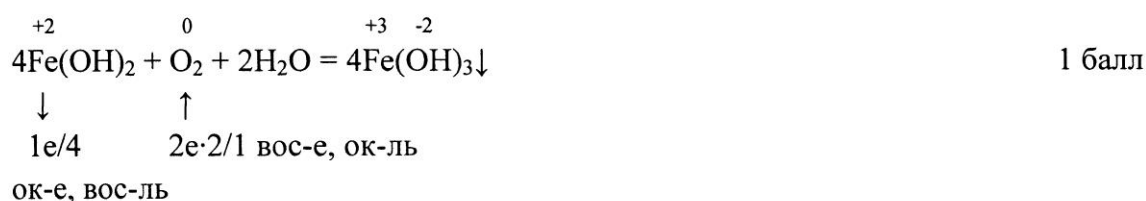
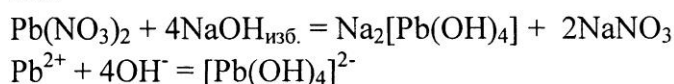
**10 баллов**

2. В пяти пронумерованных пробирках имеются растворы гидрокарбоната кальция, нитрата свинца (II), сульфата железа (II), бромид аммония и нитрата марганца (II). Используя только один реагент, определите содержимое каждой пробирки. Напишите уравнения реакций (молекулярные, краткие ионные и окислительно-восстановительные). Укажите признаки реакций. (14 баллов)

	NaOH или KOH // признаки реакций
$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$	↓ $\text{CaCO}_3$ белый
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	↓ $\text{Pb}(\text{OH})_2$ белый, растворимый в избытке щелочи
$\text{FeSO}_4$	↓ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ белозеленый (зеленоватый, грязно-зеленый), буряющий на воздухе
$\text{NH}_4\text{Br}$	↑ $\text{NH}_3$ запах аммиака
$\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$	↓ $\text{Mn}(\text{OH})_2$ телесный (белый с розовым оттенком), темнеющий на воздухе



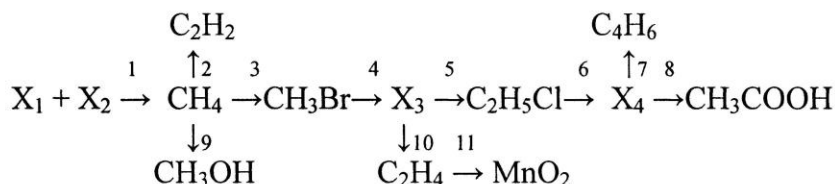
или



за выбор реактива – гидроксид калия или гидроксид натрия – 1 балл  
за предложенный рациональный план 1 балл  
за указание признаков реакций по 0,5 балла (0,5 · 8 = 4 баллов)

**14 баллов**

3. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



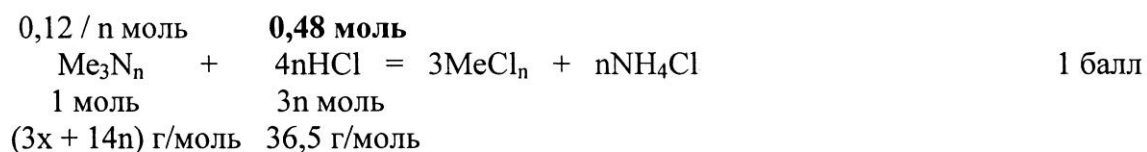
(13 баллов)

1.  $\text{CH}_3\text{COOK} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_4\uparrow + \text{K}_2\text{CO}_3$  (t°C) (реакция Дюма) 1 балл  
или  $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{CH}_4\uparrow$   
или  $\text{Al}_4\text{C}_3 + 12\text{HCl} \rightarrow 4\text{AlCl}_3 + 3\text{CH}_4\uparrow$   
или  $\text{C} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4\uparrow$  (t°C)
2.  $2\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\uparrow + 3\text{H}_2\uparrow$  (1500°C) 1 балл
3.  $\text{CH}_4 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Br} + \text{HBr}$  (hv, t°C) 1 балл
4.  $2\text{CH}_3\text{Br} + 2\text{Na} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6\uparrow + 2\text{NaBr}$  (t°C) (реакция Вюрца) 1 балл
5.  $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}$  (hv) 1 балл
6.  $2\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl} + 2\text{Na} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}\uparrow + 2\text{NaCl}$  (t°C) (реакция Вюрца) 1 балл
7.  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2\uparrow + 2\text{H}_2\uparrow$  (t°C, kat) 1 балл  
бутadiен-1,3
8.  $\overset{-3}{2}\text{CH}_3-\overset{-2}{\text{CH}_2}-\overset{-2}{\text{CH}_2}-\overset{-3}{\text{CH}_3} + \overset{0}{5}\text{O}_2 \rightarrow \overset{-3}{4}\text{CH}_3\text{COOH} + \overset{+3}{2}\text{H}_2\text{O}$  (t°, p, kat) (реакция Эмануэля) 2 балла  
 $\downarrow \quad \downarrow \quad \uparrow$  уксусная (этановая) кислота  
 $5e + 5e = 10e/2 \quad 2e \cdot 2/5$  вос-е, ок-ль  
ок-е, вос-ль
9.  $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$  (t°, p, kat) 1 балл
10.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2\uparrow + \text{H}_2\uparrow$  (t°, kat) 1 балл
11.  $3\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2 + 2\text{MnO}_2\downarrow + 2\text{KOH}$  2 балла  
(реакция Вагнера) этиленгликоль, этандиол-1,2

**13 баллов**

4. Нитрид металла массой 13,38 г полностью реагирует с 117 мл 14%-го раствора соляной кислоты (ρ = 1,07 г/мл). Определите молекулярную формулу нитрида металла, назовите его. Вычислите массовые доли веществ в растворе. Напишите уравнения реакций

взаимодействия нитрида металла с кислородом, водой, избытком ортофосфорной кислоты и концентрированным раствором гидроксида калия. (12 баллов)



$$v(\text{HCl}) = 117 \text{ мл} \cdot 1,07 \text{ г/мл} \cdot 0,14 / 36,5 \text{ г/моль} = \mathbf{0,48 \text{ моль}} \quad 1 \text{ балл}$$

$$0,12 / n = 13,38 / (3x + 14n)$$

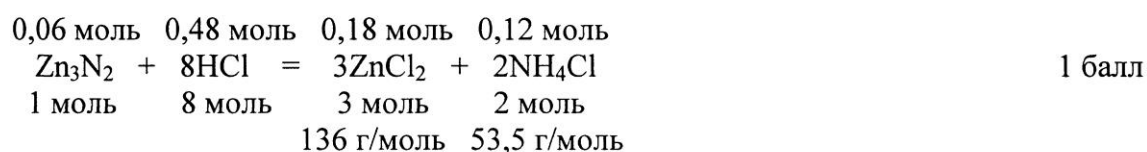
$$13,38n = 0,36x + 1,68n$$

$$0,36x = 11,7n$$

$$x = 32,5n$$

$$n = 1 \quad x = 32,5 -$$

$$n = 2 \quad x = 65 \rightarrow \text{Zn, Zn}_3\text{N}_2 - \text{нитрид цинка} \quad 2 \text{ балла}$$



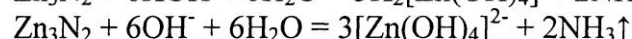
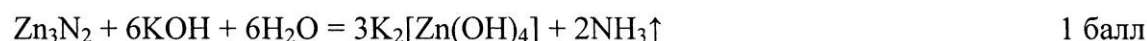
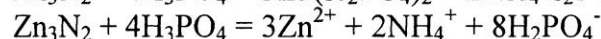
$$m(\text{раствора солей}) = m(\text{Me}_3\text{N}_n) + m(\text{раствора HCl})$$

$$m(\text{раствора солей}) = 13,38 \text{ г} + 117 \text{ мл} \cdot 1,07 \text{ г/мл} = 138,57 \text{ г} \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%(\text{ZnCl}_2) = (0,18 \text{ моль} \cdot 136 \text{ г/моль} / 138,57 \text{ г}) \cdot 100\% = 17,67\% \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%(\text{NH}_4\text{Cl}) = (0,12 \text{ моль} \cdot 53,5 \text{ г/моль} / 138,57 \text{ г}) \cdot 100\% = 4,63\% \quad 0,5 \text{ балла}$$

$$\omega\%(\text{H}_2\text{O}) = 100\% - (17,67\% + 4,63\%) = 77,70\% \quad 0,5 \text{ балла}$$



**12 баллов**

5. Алкен массой 4,914 г полностью присоединяет 6 мл брома ( $\rho = 3,12 \text{ г/мл}$ ). Определите молекулярную формулу алкена, назовите его. Напишите уравнения реакций взаимодействия алкена с 1). бромоводородом; 2). бромоводородом в присутствии ROOR; 3). бромом при  $500^\circ\text{C}$ ; 4). раствором перманганата калия; 5). раствором перманганата калия в присутствии гидроксида калия; 6). раствором перманганата калия в присутствии серной кислоты; 7). бензолом (в присутствии катализатора  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ). Назовите органические вещества – продукты реакций. (12 баллов)



$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n}) = v(\text{Br}_2) = (6 \text{ мл} \cdot 3,12 \text{ г/мл}) / 160 \text{ г/моль} = 0,117 \text{ моль} \quad 1 \text{ балл}$$

$$14n = 4,914 / 0,117$$

$n = 3 \rightarrow C_3H_6$   $CH_3-CH=CH_2$  – пропилен, пропен 2 балла

$CH_3-CH=CH_2 + HBr \rightarrow CH_3-CHBr-CH_3$  (правило В.В. Марковникова) 1 балл  
2-бромпропан

$CH_3-CH=CH_2 + HBr \rightarrow CH_3-CH_2-CH_2Br$  (ROOR) 1 балл  
1-бромпропан (перекисный эффект Хараши (Караша))

$CH_3-CH=CH_2 + Br_2 \rightarrow CH_2Br-CH=CH_2$  (500°C) 3-бромпропен-1, бромистый аллил 2 балла

$$\begin{array}{ccccccc} -3 & -1 & -2 & & +7 & & -3 & 0 & -1 & & +4 \\ 3CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 4H_2O \rightarrow 3CH_3-CH(OH)-CH_2OH + 2MnO_2 \downarrow + 2KOH \\ \downarrow & \downarrow & & \uparrow & & & & & & & \\ 1e+1e = 2e/3 & 3e/2 \text{ вос-е, ок-ль} & & & & & & & & & \end{array}$$
  
ок-е, вос-ль 1 балл

$$\begin{array}{ccccccc} -3 & -1 & -2 & & +7 & & -3 & 0 & -1 & & +6 \\ CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 2KOH \rightarrow CH_3-CH(OH)-CH_2OH + 2K_2MnO_4 \\ \downarrow & \downarrow & & \uparrow & & & & & & & \\ 1e+1e = 2e/1 & 1e/2 \text{ вос-е, ок-ль} & & & & & & & & & \end{array}$$
  
ок-е, вос-ль 1 балл

$$\begin{array}{ccccccc} -3 & -1 & -2 & & +7 & & -3 & +3 & +4 & & +2 \\ CH_3-CH=CH_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4 \rightarrow CH_3COOH + CO_2 \uparrow + 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 4H_2O \\ \downarrow & \downarrow & & \uparrow & & & & & & & \\ 4e+6e = 10e/1 & 5e/2 \text{ вос-е, ок-ль} & & & & & & & & & \end{array}$$
  
ок-е, вос-ль 1 балл

$CH_3-CH=CH_2 + C_6H_6 \xrightarrow{H_3PO_4} C_6H_5-CH(CH_3)_2$  (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 1 балл  
кумол, изопропилбензол

**12 баллов**

6. В химической лаборатории хранится склянка с кристаллическим воскообразным веществом белого (желтого) цвета под слоем воды или в сероуглероде. Неизвестное вещество легко воспламеняется на воздухе с образованием белого порошка. Водный раствор образовавшегося при окислении белого порошка вызывает покраснение лакмусовой бумажки и реагирует с максимальным объемом раствора гидроксида натрия. При взаимодействии образовавшейся соли с нитратом серебра выпадает желтый осадок. Белое воскообразное вещество при нагревании реагирует с водным раствором гидроксида калия с образованием соли и бесцветного газа, который окисляется водным раствором перманганата калия.

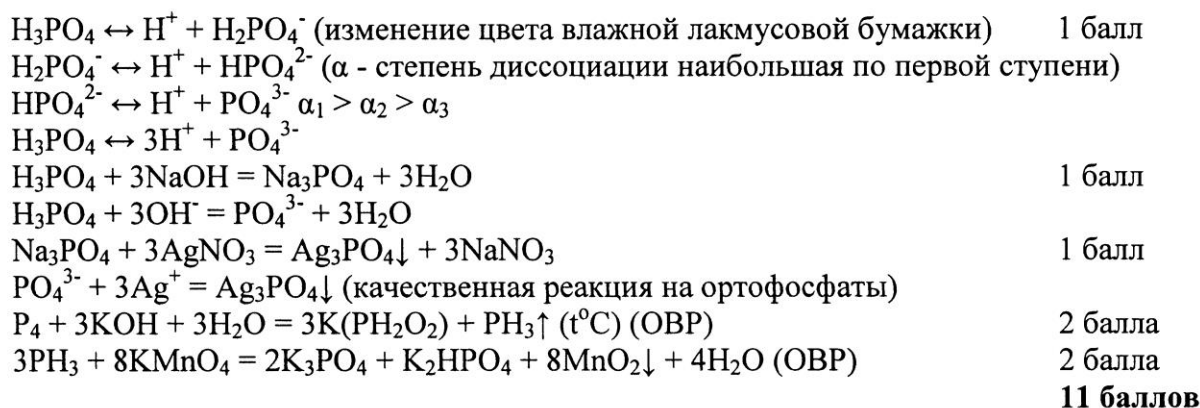
Напишите уравнения реакций (молекулярные, сокращенные (краткие) ионные и окислительно-восстановительные), проведенные для распознавания веществ.

Объясните, почему краснеет лакмусовая бумажка? (11 баллов)

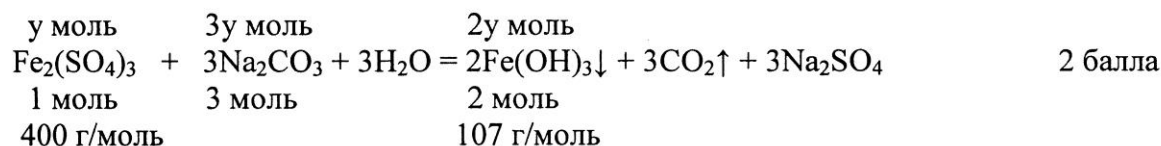
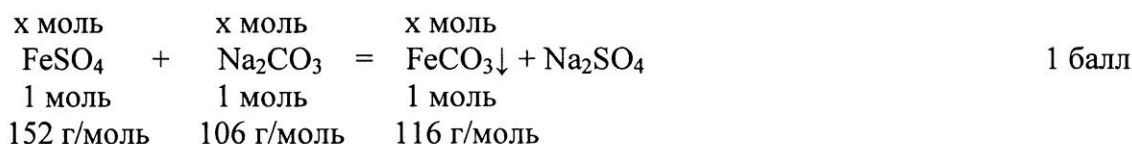
Кристаллическим воскообразным веществом белого (желтого) цвета, которое в лаборатории хранят под слоем воды или в сероуглероде является белый фосфор – P<sub>4</sub> (одна из аллотропных модификаций фосфора). 2 балла

$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$  (ОВР) 1 балл

$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$  (t°C) 1 балл



7. Смесь сульфатов железа (II) и (III) массой 14,08 г растворили в воде и получили 50 мл раствора, который полностью прореагировал с 78,2 мл 12%-го раствора карбоната натрия ( $\rho = 1,13$  г/мл). Вычислите молярные концентрации солей в исходном растворе и массу образовавшегося осадка. (10 баллов)



$$v(\text{Na}_2\text{CO}_3) = (78,1 \text{ мл} \cdot 1,13 \text{ г/мл} \cdot 0,12) / 106 \text{ г/моль} = 0,1 \text{ моль} \quad 1 \text{ балл}$$

$$\begin{cases} 152x + 400y = 14,08 \\ x + 3y = 0,1 \cdot 152 \end{cases} \quad \begin{cases} 152x + 400y = 14,08 \\ 152x + 456y = 15,2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} x = 0,04 & v(\text{FeSO}_4) = 0,04 \text{ моль} \\ y = 0,02 & v(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,02 \text{ моль} \end{cases} \quad 2 \text{ балла}$$

$$c(\text{FeSO}_4) = 0,04 \text{ моль} / 0,05 \text{ л} = 0,8 \text{ моль/л} \quad 1 \text{ балл}$$

$$c(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 0,02 \text{ моль} / 0,05 \text{ л} = 0,4 \text{ моль/л} \quad 1 \text{ балл}$$

$$m(\text{осадка}) = m(\text{FeCO}_3) + m(\text{Fe}(\text{OH})_3)$$

$$m(\text{осадка}) = 0,04 \text{ моль} \cdot 116 \text{ г/моль} + 0,04 \text{ моль} \cdot 107 \text{ г/моль} = 8,92 \text{ г} \quad 2 \text{ балла}$$

**10 баллов**

Задача 1 или 7 на выбор. В зачет идут 6 задач. Для набора баллов можно решать обе.

**Всего 72 балла (50% → 36 баллов)**