

11 КЛАСС

1 ВАРИАНТ – ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

ЗАДАНИЕ 1

Константа равновесия газофазной реакции $\text{H}_2 + \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{H}^+$ при 500К равна 3, а константа скорости прямой реакции при температуре 330°C в 5 раз больше константы скорости обратной реакции. Определите разницу в энергиях активации прямой и обратной реакций?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 500 \text{ K}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 330^\circ\text{C} = 603 \text{ K}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2.$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \quad \text{(2 балла)}$$

тогда

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 3 \quad \text{(2 балла)}$$

$$k'_1 / k'_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 5 \quad \text{(2 балла)}$$

$$-\Delta E = [RTT'/(T' - T)] \cdot [\ln(k_1 / k_2) - \ln(k'_1 / k'_2)] = [(98,314 \cdot 603 \cdot 500)/(603-500)] \cdot \ln 3/5 = -12400 \text{ Дж/моль. (3 балла)}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 12,4 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 12,4 кДж/моль.

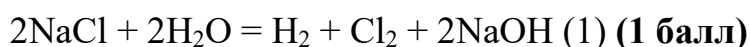
Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 2

Через 526,5 г раствора хлорида натрия, в котором массовая доля протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7%, пропускали электрический ток до тех пор, пока на аноде не выделилось 22,4 л (н.у.) газа. К образовавшемуся в результате электролиза раствору добавили 13 г цинка. Определите массовую долю всех протонов в конечном растворе.

Ответ: $\omega_{p^+} = 54,8\%$

РЕШЕНИЕ:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(526,5/100) \cdot 54,7 = 288 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{NaCl}) = x$ моль, тогда $m(\text{NaCl}) = 58,5x$ г

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, тогда $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г

Составим 1-е уравнение системы: $58,5x + 18y = 526,5$ (1 балл)

2) Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{NaCl}) = (11+17) \cdot x = 28x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8)y = 10y \text{ моль}$$

$$\text{б) } m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{NaCl}) = 28x \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = 10y \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Составим второе уравнение системы:

$$28x + 10y = 288 \quad (1 \text{ балл})$$

3) Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 58,5x + 18y = 526,5 \\ 28x + 10y = 288 \end{cases}$$

$$8,1x = 8,1$$

$$x = 1, \text{ т.е. } n(\text{NaCl}) = 1 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$y = 26, \text{ т.е. } n(\text{H}_2\text{O}) = 26 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

4) Далее необходимо проверить, идёт ли электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

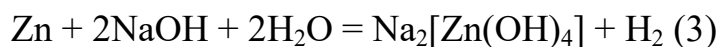
$$n(\text{газа}) = 22,4 / 22,4 = 1 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_1(\text{Cl}_2) = 0,5n(\text{NaCl}) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$m_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \cdot 71 = 35,5 \text{ г} - \text{выделилось при электролизе соли.}$$

$0,5 < 1$ – из чего делаем вывод, что помимо электролиза соли также шёл и электролиз воды. (1 балл)

Запишем вторую и третью реакции:



$$\text{Найдём сразу количество цинка: } n(\text{Zn}) = 13/65 = 0,2 \text{ моль}$$

5) Из прошлого пункта мы понимаем, что $n(\text{газа}) = n(\text{Cl}_2) + n(\text{O}_2)$. Можем найти количество и массу кислорода во второй реакции:

$$n(\text{O}_2) = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ г} \quad \text{(0,5 балла)}$$

б) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала нам необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это NaOH, H₂O, Na₂[Zn(OH)₄].

а) Найдём общее количество и массу NaOH:

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = n_{\text{обр.}}(\text{NaOH}) - n_{\text{истр.}}(\text{NaOH}) \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 2n_1(\text{Cl}) - 2n(\text{Zn}) = 1 - 0,4 = 0,6 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ г} \quad \text{(1 балл)}$$

б) Найдём общее количество и массу Na₂[Zn(OH)₄]:

$$n(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0,2 \cdot 179 = 35,8 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

в) Сразу найти количество и массу H_2O нельзя, так как:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн. р-ра}} - m(\text{NaOH}) - m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4])$$

Поэтому сначала найдём массу конечного раствора. При этом помним, что масса раствора – это всё, что смешали, минус образовавшиеся газы и осадки.

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) - m_1(\text{H}_2) - m_1(\text{Cl}_2) - m_2(\text{H}_2) - m_2(\text{O}_2) + m(\text{Zn}) - m_3(\text{H}_2)$$

(2 балла)

Найдём недостающие данные:

$$n_1(\text{H}_2) = n_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \text{ моль}; m_1(\text{H}_2) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_2(\text{H}_2) = 2n_2(\text{O}_2) = 1 \text{ моль}; m_2(\text{H}_2) = 1 \cdot 2 = 2 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_3(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль}; m_3(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Найдём массу конечного раствора:

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = 526,5 - 1 - 35,5 - 2 - 16 + 13 - 0,4 = 484,6 \text{ г}$$

Теперь мы можем найти количество и массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 484,6 - 24 - 35,8 = 424,8 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{O}) = 424,8 / 18 = 23,6 \text{ моль}$$

(1 балл)

7) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = (11+8+1) \cdot 0,6 = 12 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8) \cdot 23,6 = 236 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = (11 \cdot 2 + 30 + 8 \cdot 4 + 4 \cdot 1) \cdot 0,2 = 17,6 \text{ моль} \quad (0,5$$

балла)

$$\text{б) } m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}; \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = 236 \text{ г}; \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m_{\text{р+}}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 17,6 \text{ г}. \quad (0,5 \text{ балла})$$

8) Найдём ω_{p+} :

$$\omega_{p+} = (12 + 236 + 17,6) / 484,6 \cdot 100\% = 54,8 \% \text{ (1 балл)}$$

Ответ: $\omega_{p+} = 54,8 \%$

Общее количество баллов – 25.

ЗАДАНИЕ 3

При взаимодействии 1 г смеси меди, алюминия и магния, взятых в виде порошков, с разбавленным раствором HCl выделяются 900 мл (н.у.) водорода. Из такой же массы указанной смеси можно получить 0,125 г оксида меди(II) в индивидуальном состоянии.

Вопросы:

- 1). Рассчитайте массовую долю (%) каждого компонента смеси.
- 2). Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно из данной смеси получить оксид меди(II).

РЕШЕНИЕ:

1. При действии разбавленного раствора HCl реагируют лишь Mg и Al:



Примем содержание магния и алюминия в смеси: $m(\text{Mg}) = x$ г, $m(\text{Al}) = y$ г. В этом случае количества этих веществ составят: $\nu(\text{Mg}) = x / 24,3$ моль, $\nu(\text{Al}) = y / 27$ моль.

Количество вещества водорода будет равно сумме значений для реакции с магнием и с алюминием:

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Mg}) + 1,5 \nu(\text{Al}) = x / 24,3 + 1,5y / 27 \text{ моль. (1,5 балла)}$$

Объем выделившегося водорода по условию задачи равняется 0,9 л:
 $V(\text{H}_2) = 22,4(x / 24,3 + 1,5y / 27) = 0,9 \text{ (1,5 балла)}$

После сокращения получаем первое уравнение с двумя неизвестными:
 $0,922 x + 1,244 y = 0,9$

Количество CuO ($M = 79,5$ г/моль), которое можно получить из смеси, эквивалентно количеству содержащейся в смеси Cu ($M = 63,5$ г/моль):

$$v(\text{CuO}) = v(\text{Cu}) = 0,125/79,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 63,5 * 0,125/79,5 = 0,1 \text{ г.}$$

Таким образом, масса магния и алюминия в 1 г смеси составляет:
 $m(\text{Mg}) + m(\text{Al}) = 1 - 0,1 = 0,9$ г. $x + y = 0,9$.

Решаем систему из двух уравнений:

$$0,922x + 1,244y = 0,9$$

$$x + y = 0,9$$

Получаем результат: $x = 0,62$. $y = 0,28$. **(2 балла)**

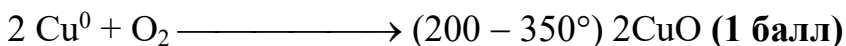
$$m(\text{Mg}) = x = 0,62 \text{ г, } m(\text{Al}) = y = 0,28 \text{ г, } m(\text{Cu}) = 0,1 \text{ г.}$$

Определяем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Mg}) = 62 \%, \omega(\text{Al}) = 28 \%, \omega(\text{Cu}) = 10 \%. \text{ (по 3 балла за каждый)}$$

2. Способ получения CuO из смеси:

$\text{Mg}^0 + \text{Al}^0 + \text{Cu}^0 \rightarrow \text{HCl(разб.)MgCl}_2(\text{p-p}) + \text{AlCl}_3(\text{p-p}) + \text{Cu}^0$ (осадок) **(3 балла)**



При более высокой температуре образуется смесь оксидов меди(II) черного цвета и меди(I) красного: $\text{Cu}^0 + \text{O}_2 \xrightarrow{\hspace{2cm}} (>400^\circ) \text{CuO} + \text{Cu}_2\text{O}$
(1 балл)

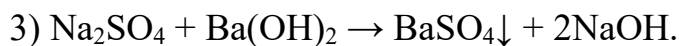
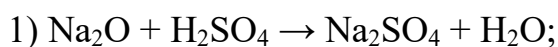
Общее количество баллов – 23.

ЗАДАНИЕ 4

Смесь AgNO_3 и $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 12,01 г прокалили при 500°C . Твердый остаток после прокаливания обработали соляной кислотой, при этом образовались бледно-розовый раствор **A**, черный осадок **B** и выделилось 0,732 л (при 25°C и 1 атм.) жёлто-зеленого газа. Определите состав и массу осадка **B**. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**,

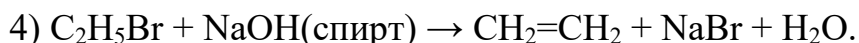
Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

РЕШЕНИЕ:

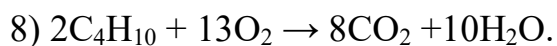
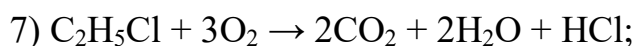
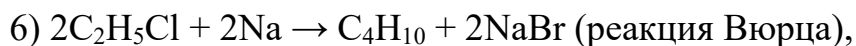


Хлорэтан $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ можно получить из этана, из этанола, или из этилена.

Выберем вариант с этиленом. Тогда реакция получения этилена:



Один из вариантов реакций 6-8:



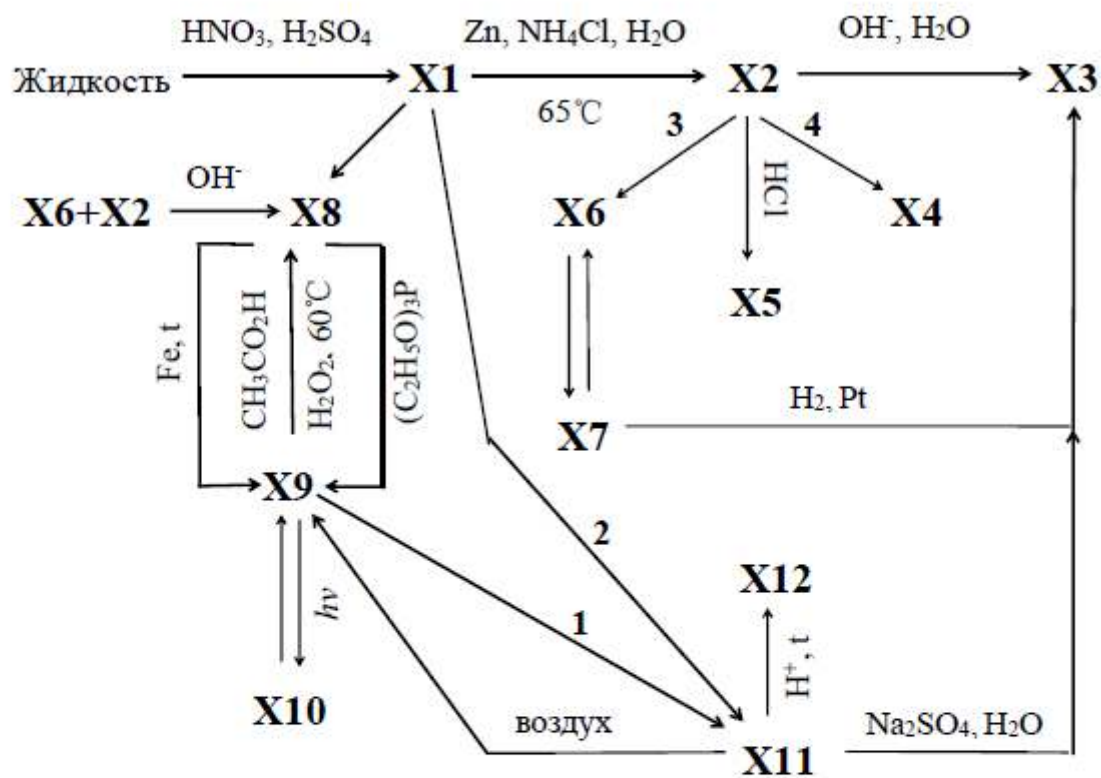
Ответ: **X1** – Na_2O ; **X2** – Na_2SO_4 ; **Y1** – C_4H_{10} ; **Y2** – H_2O ; **Z** – $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.

По 0,5 балла за реакцию = 4 балла. По 1 баллу за вещество = 5 баллов.

Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 6

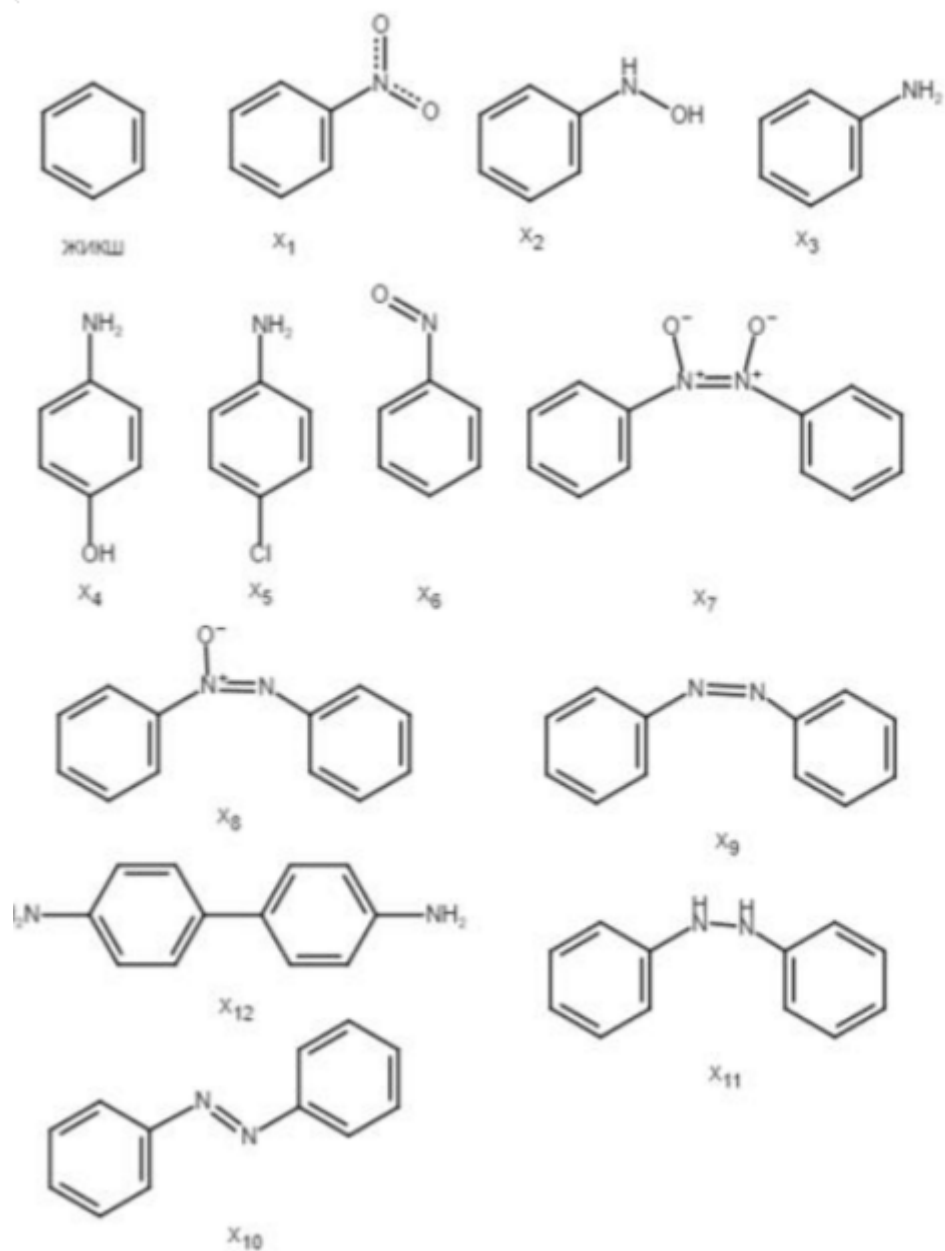
Определите X1-X12 и определите распределение зарядов X7 и X8:



- 1 - Zn, OH⁻
 2 - Ru/C C₂H₅OH/KOH, N₂H₄
 3 - Cr₂O₇²⁻, H₂SO₄, -5 °C
 4 - H₂SO₄ p-p

X6 - жёлтая жидкость
 X7 - твёрдый, бесцветный

РЕШЕНИЕ:



По 2 балла за вещество. Правильное указание распределения зарядов в X7 и X8 – по 0,5 балла.

Общее количество баллов – 25 баллов.

11 КЛАСС

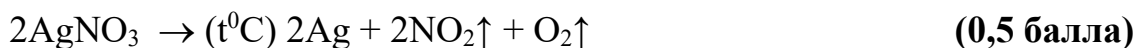
2 ВАРИАНТ – ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

ЗАДАНИЕ 1

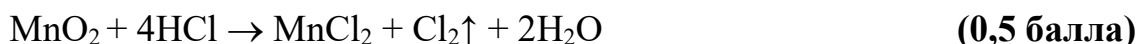
Смесь AgNO_3 и $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 12,01 г прокалили при 500°C . Твердый остаток после прокаливания обработали соляной кислотой, при этом образовались бледно-розовый раствор **A**, черный осадок **B** и выделилось 0,732 л (при 25°C и 1 атм.) желто-зеленого газа. Определите состав и массу осадка **B**. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**, назовите все вещества, образующиеся в результате действий, указанных в задании.

РЕШЕНИЕ:

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:



Твёрдый остаток после прокаливания – смесь серебра и, при обработке которого соляной кислотой оксид марганца растворяется:



Таким образом, **A** – это раствор MnO_2 (**0,5 балла**), а чёрный осадок **B** – серебро (**0,5 балла**), которое не реагирует с соляной кислотой. Жёлто – зелёный газ – это хлор (**0,5 балла**):

$$v(\text{Cl}_2) = PV/RT = (101,3 \cdot 0,732) / (8,314 \cdot 298) = 0,03 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

следовательно,

$$v(\text{MnO}_2) = v(\text{Cl}_2) = v(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,03 \text{ моль}, \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,03 \cdot 287 = 8,61 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 12,01 - 8,61 = 3,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{AgNO}_3) = 3,4 / 170 = 0,02 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{Ag}) = 0,02 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

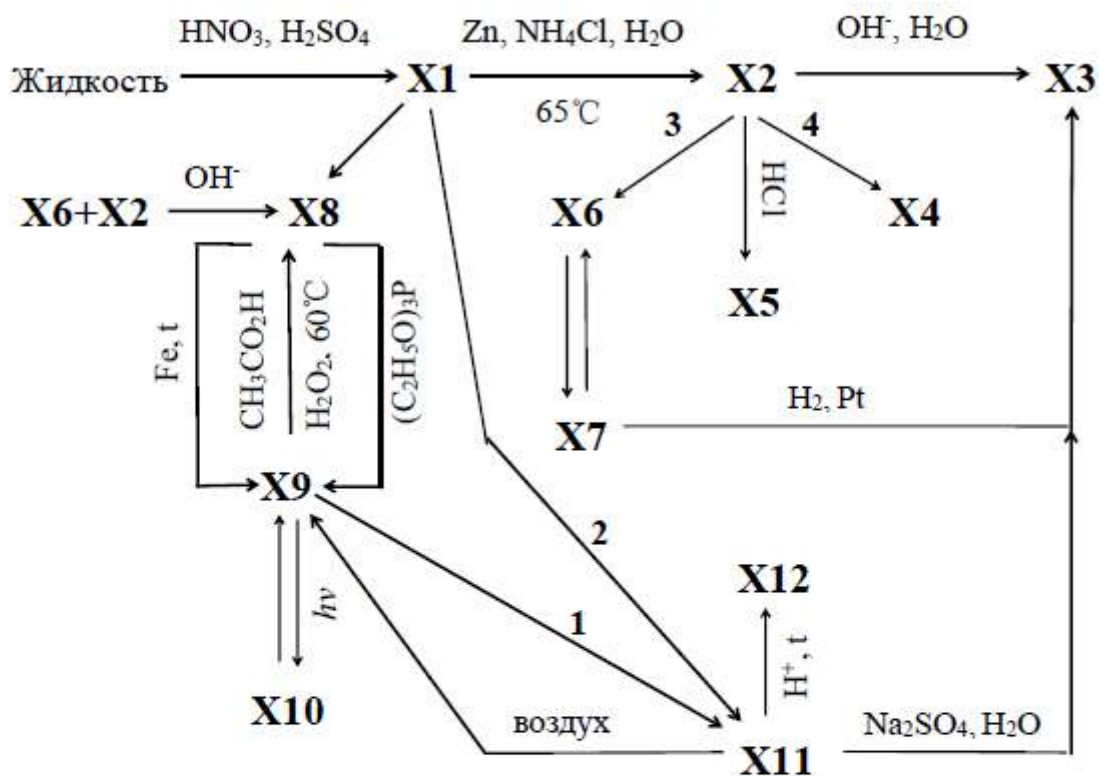
$$m(\text{Ag}) = 0,02 \cdot 108 = 2,16 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

Ответ: 2,16 г

Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 2

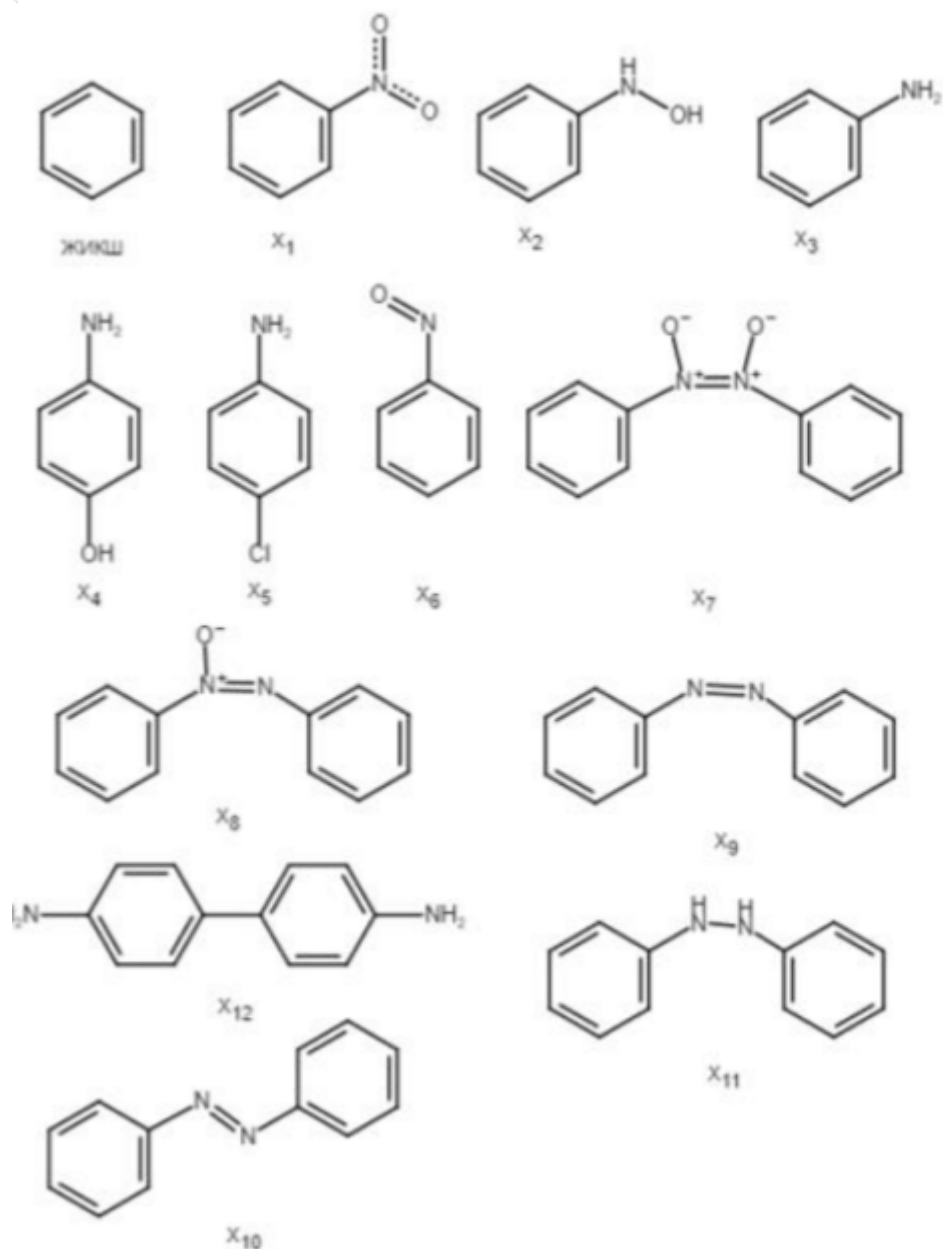
Определите X1-X12 и определите распределение зарядов X7 и X8:



- 1 - Zn, OH⁻
- 2 - Ru/C C₂H₅OH/KOH, N₂H₄
- 3 - Cr₂O₇²⁻, H₂SO₄, -5 °C
- 4 - H₂SO₄ p-p

X6 - жёлтая жидкость
X7 - твёрдый, бесцветный

РЕШЕНИЕ:



По 2 балла за вещество. Правильное указание распределения зарядов в X7 и X8 – по 0,5 балла.

Общее количество баллов – 25 баллов.

ЗАДАНИЕ 3

При взаимодействии 1 г смеси меди, алюминия и магния, взятых в виде порошков, с разбавленным раствором HCl выделяются 900 мл (н.у.) водорода. Из такой же массы указанной смеси можно получить 0,125 г оксида меди(II) в индивидуальном состоянии.

Вопросы:

- 1). Рассчитайте массовую долю (%) каждого компонента смеси.
- 2). Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно из данной смеси получить оксид меди(II).

РЕШЕНИЕ:

1. При действии разбавленного раствора HCl реагируют лишь Mg и Al:



Примем содержание магния и алюминия в смеси: $m(\text{Mg}) = x$ г, $m(\text{Al}) = y$ г. В этом случае количества этих веществ составят: $\nu(\text{Mg}) = x / 24,3$ моль, $\nu(\text{Al}) = y / 27$ моль.

Количество вещества водорода будет равно сумме значений для реакции с магнием и с алюминием:

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Mg}) + 1,5 \nu(\text{Al}) = x / 24,3 + 1,5y / 27 \text{ моль. (1,5 балла)}$$

Объем выделившегося водорода по условию задачи равняется 0,9 л:
 $V(\text{H}_2) = 22,4(x / 24,3 + 1,5y / 27) = 0,9 \text{ (1,5 балла)}$

После сокращения получаем первое уравнение с двумя неизвестными:
 $0,922 x + 1,244 y = 0,9$

Количество CuO ($M = 79,5$ г/моль), которое можно получить из смеси, эквивалентно количеству содержащейся в смеси Cu ($M = 63,5$ г/моль):

$$\nu(\text{CuO}) = \nu(\text{Cu}) = 0,125/79,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 63,5 * 0,125/79,5 = 0,1 \text{ г.}$$

Таким образом, масса магния и алюминия в 1 г смеси составляет:
 $m(\text{Mg}) + m(\text{Al}) = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ г. } x + y = 0,9.$

Решаем систему из двух уравнений:

$$0,922 x + 1,244 y = 0,9$$

$$x + y = 0,9$$

Получаем результат: $x = 0,62$. $y = 0,28$. **(2 балла)**

$$m(\text{Mg}) = x = 0,62 \text{ г, } m(\text{Al}) = y = 0,28 \text{ г, } m(\text{Cu}) = 0,1 \text{ г.}$$

Определяем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Mg}) = 62 \%, \omega(\text{Al}) = 28 \%, \omega(\text{Cu}) = 10 \%. \text{ (по 3 балла за каждый)}$$

2. Способ получения CuO из смеси:

$Mg^0 + Al^0 + Cu^0 \rightarrow HCl(\text{разб.})MgCl_2(\text{p-p}) + AlCl_3(\text{p-p}) + Cu^0$ (осадок) (3 балла)

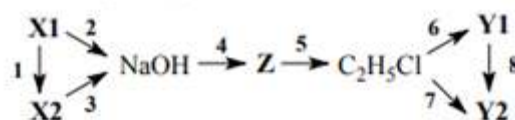
$2 Cu^0 + O_2 \xrightarrow{\hspace{2cm}} (200 - 350^\circ) 2CuO$ (1 балл)

При более высокой температуре образуется смесь оксидов меди(II) черного цвета и меди(I) красного: $Cu^0 + O_2 \xrightarrow{\hspace{2cm}} (>400^\circ) CuO + Cu_2O$ (1 балл)

Общее количество баллов – 23.

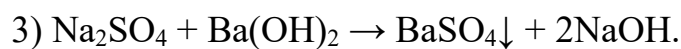
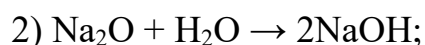
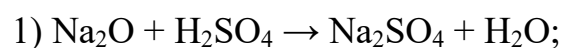
ЗАДАНИЕ 4

На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:



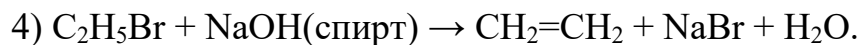
Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания.

РЕШЕНИЕ:

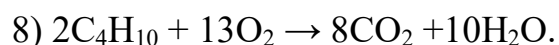
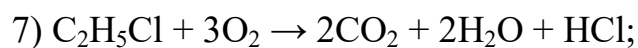
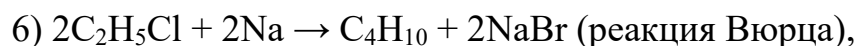


Хлорэтан C_2H_5Cl можно получить из этана, из этанола, или из этилена.

Выберем вариант с этиленом. Тогда реакция получения этилена:



Один из вариантов реакций 6-8:



Ответ: **X1** – Na₂O; **X2** – Na₂SO₄; **Y1** – C₄H₁₀; **Y2** – H₂O; **Z** – CH₂=CH₂.

По 0,5 балла за реакцию = 4 балла. По 1 баллу за вещество = 5 баллов.

Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 5

Константа равновесия газофазной реакции $\text{H}_2 + \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{H}^+$ при 500К равна 3, а константа скорости прямой реакции при температуре 330°C в 5 раз больше константы скорости обратной реакции. Определите разницу в энергиях активации прямой и обратной реакций?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 500 \text{ K}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 330^\circ\text{C} = 603 \text{ K}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2.$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \quad (2 \text{ балла})$$

тогда

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 3 \quad (2 \text{ балла})$$

$$k'_1 / k'_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 5 \quad (2 \text{ балла})$$

$$-\Delta E = [RTT'/(T' - T)] \cdot [\ln(k_1 / k_2) - \ln(k'_1 / k'_2)] = [(98,314 \cdot 603 \cdot 500)/(603-500)] \cdot \ln 3/5 = -12400 \text{ Дж/моль.} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 12,4 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 12,4 кДж/моль.

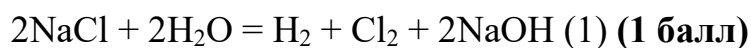
Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 6

Через 526,5 г раствора хлорида натрия, в котором массовая доля протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7%, пропускали электрический ток до тех пор, пока на аноде не выделилось 22,4 л (н.у.) газа. К образовавшемуся в результате электролиза раствору добавили 13 г цинка. Определите массовую долю всех протонов в конечном растворе.

Ответ: $\omega_{p^+} = 54,8\%$

РЕШЕНИЕ:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(526,5/100) \cdot 54,7 = 288 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{NaCl}) = x$ моль, тогда $m(\text{NaCl}) = 58,5x$ г

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, тогда $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г

Составим 1-е уравнение системы: $58,5x + 18y = 526,5$ (1 балл)

2) Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{NaCl}) = (11+17) \cdot x = 28x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8)y = 10y \text{ моль}$$

$$\text{б) } m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{NaCl}) = 28x \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = 10y \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Составим второе уравнение системы:

$$28x + 10y = 288 \quad (1 \text{ балл})$$

3) Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 58,5x + 18y = 526,5 \\ 28x + 10y = 288 \end{cases}$$

$$8,1x = 8,1$$

$$x = 1, \text{ т.е. } n(\text{NaCl}) = 1 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$y = 26, \text{ т.е. } n(\text{H}_2\text{O}) = 26 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

4) Далее необходимо проверить, идёт ли электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

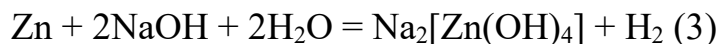
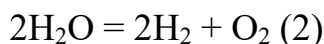
$$n(\text{газа}) = 22,4 / 22,4 = 1 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_1(\text{Cl}_2) = 0,5n(\text{NaCl}) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$m_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \cdot 71 = 35,5 \text{ г} - \text{выделилось при электролизе соли.}$$

$0,5 < 1$ – из чего делаем вывод, что помимо электролиза соли также шёл и электролиз воды. (1 балл)

Запишем вторую и третью реакции:



$$\text{Найдём сразу количество цинка: } n(\text{Zn}) = 13/65 = 0,2 \text{ моль}$$

5) Из прошлого пункта мы понимаем, что $n(\text{газа}) = n(\text{Cl}_2) + n(\text{O}_2)$. Можем найти количество и массу кислорода во второй реакции:

$$n(\text{O}_2) = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ г} \quad \text{(0,5 балла)}$$

6) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала нам необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это NaOH, H₂O, Na₂[Zn(OH)₄].

а) Найдём общее количество и массу NaOH:

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = n_{\text{обр.}}(\text{NaOH}) - n_{\text{истр.}}(\text{NaOH}) \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 2n_1(\text{Cl}) - 2n(\text{Zn}) = 1 - 0,4 = 0,6 \text{ моль} \quad \text{(1 балл)}$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

б) Найдём общее количество и массу $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$:

$$n(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0,2 \cdot 179 = 35,8 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

в) Сразу найти количество и массу H_2O нельзя, так как:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн. р-ра}} - m(\text{NaOH}) - m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4])$$

Поэтому сначала найдём массу конечного раствора. При этом помним, что масса раствора – это всё, что смешали, минус образовавшиеся газы и осадки.

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) - m_1(\text{H}_2) - m_1(\text{Cl}_2) - m_2(\text{H}_2) - m_2(\text{O}_2) + m(\text{Zn}) - m_3(\text{H}_2)$$

(2 балла)

Найдём недостающие данные:

$$n_1(\text{H}_2) = n_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \text{ моль}; m_1(\text{H}_2) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_2(\text{H}_2) = 2n_2(\text{O}_2) = 1 \text{ моль}; m_2(\text{H}_2) = 1 \cdot 2 = 2 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_3(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль}; m_3(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Найдём массу конечного раствора:

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = 526,5 - 1 - 35,5 - 2 - 16 + 13 - 0,4 = 484,6 \text{ г}$$

Теперь мы можем найти количество и массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 484,6 - 24 - 35,8 = 424,8 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{O}) = 424,8 / 18 = 23,6 \text{ моль}$$

(1 балл)

7) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = (11+8+1) \cdot 0,6 = 12 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8) \cdot 23,6 = 236 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = (11 \cdot 2 + 30 + 8 \cdot 4 + 4 \cdot 1) \cdot 0,2 = 17,6 \text{ моль} \quad (0,5$$

балла)

$$\text{б) } m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}; (0,5 \text{ балла})$$

$$m_{p+}(\text{H}_2\text{O}) = 236 \text{ г}; \text{ (0,5 балла)}$$

$$m_{p+}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 17,6 \text{ г}. \text{ (0,5 балла)}$$

8) Найдём ω_{p+} :

$$\omega_{p+} = (12 + 236 + 17,6) / 484,6 \cdot 100\% = 54,8 \% \text{ (1 балл)}$$

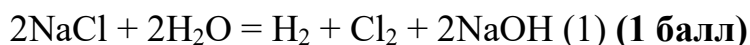
Ответ: $\omega_{p+} = 54,8 \%$

Общее количество баллов – 25.

Через 526,5 г раствора хлорида натрия, в котором массовая доля протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7%, пропускали электрический ток до тех пор, пока на аноде не выделилось 22,4 л (н.у.) газа. К образовавшемуся в результате электролиза раствору добавили 13 г цинка. Определите массовую долю всех протонов в конечном растворе.

Ответ: $\omega_{p^+} = 54,8\%$

РЕШЕНИЕ:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 54,7% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(526,5/100) \cdot 54,7 = 288 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{NaCl}) = x$ моль, тогда $m(\text{NaCl}) = 58,5x$ г

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, тогда $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г

Составим 1-е уравнение системы: $58,5x + 18y = 526,5$ (1 балл)

2) Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{NaCl}) = (11+17) \cdot x = 28x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8)y = 10y \text{ моль}$$

$$\text{б) } m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{NaCl}) = 28x \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = 10y \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Составим второе уравнение системы:

$$28x + 10y = 288 \quad (1 \text{ балл})$$

3) Решим систему уравнений:

$$\begin{cases} 58,5x + 18y = 526,5 \\ 28x + 10y = 288 \end{cases}$$

$$8,1x = 8,1$$

$$x = 1, \text{ т.е. } n(\text{NaCl}) = 1 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$y = 26, \text{ т.е. } n(\text{H}_2\text{O}) = 26 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

4) Далее необходимо проверить, идёт ли электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

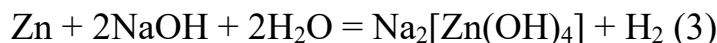
$$n(\text{газа}) = 22,4 / 22,4 = 1 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_1(\text{Cl}_2) = 0,5n(\text{NaCl}) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \cdot 71 = 35,5 \text{ г} - \text{выделилось при электролизе соли.}$$

$0,5 < 1$ – из чего делаем вывод, что помимо электролиза соли также шёл и электролиз воды. (1 балл)

Запишем вторую и третью реакции:



$$\text{Найдём сразу количество цинка: } n(\text{Zn}) = 13/65 = 0,2 \text{ моль}$$

5) Из прошлого пункта мы понимаем, что $n(\text{газа}) = n(\text{Cl}_2) + n(\text{O}_2)$. Можем найти количество и массу кислорода во второй реакции:

$$n(\text{O}_2) = 1 - 0,5 = 0,5 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{O}_2) = 0,5 \cdot 32 = 16 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

б) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала нам необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это NaOH, H₂O, Na₂[Zn(OH)₄].

а) Найдём общее количество и массу NaOH:

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = n_{\text{обр.}}(\text{NaOH}) - n_{\text{истр.}}(\text{NaOH}) \quad (1 \text{ балл})$$

$$n_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 2n_1(\text{Cl}) - 2n(\text{Zn}) = 1 - 0,4 = 0,6 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{\text{ост.}}(\text{NaOH}) = 0,6 \cdot 40 = 24 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

б) Найдём общее количество и массу Na₂[Zn(OH)₄]:

$$n(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 0,2 \cdot 179 = 35,8 \text{ г} \quad \text{(0,5 балла)}$$

в) Сразу найти количество и массу H_2O нельзя, так как:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн. р-ра}} - m(\text{NaOH}) - m(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4])$$

Поэтому сначала найдём массу конечного раствора. При этом помним, что масса раствора – это всё, что смешали, минус образовавшиеся газы и осадки.

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = m_{\text{р-ра}}(\text{NaCl}) - m_1(\text{H}_2) - m_1(\text{Cl}_2) - m_2(\text{H}_2) - m_2(\text{O}_2) + m(\text{Zn}) - m_3(\text{H}_2)$$

(2 балла)

Найдём недостающие данные:

$$n_1(\text{H}_2) = n_1(\text{Cl}_2) = 0,5 \text{ моль}; m_1(\text{H}_2) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ г} \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_2(\text{H}_2) = 2n_2(\text{O}_2) = 1 \text{ моль}; m_2(\text{H}_2) = 1 \cdot 2 = 2 \text{ г} \quad \text{(1 балл)}$$

$$n_3(\text{H}_2) = n(\text{Zn}) = 0,2 \text{ моль}; m_3(\text{H}_2) = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ г} \quad \text{(1 балл)}$$

Найдём массу конечного раствора:

$$m_{\text{конечн. р-ра}} = 526,5 - 1 - 35,5 - 2 - 16 + 13 - 0,4 = 484,6 \text{ г}$$

Теперь мы можем найти количество и массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 484,6 - 24 - 35,8 = 424,8 \text{ г}; n(\text{H}_2\text{O}) = 424,8 / 18 = 23,6 \text{ моль}$$

(1 балл)

7) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = (11+8+1) \cdot 0,6 = 12 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2+8) \cdot 23,6 = 236 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = (11 \cdot 2 + 30 + 8 \cdot 4 + 4 \cdot 1) \cdot 0,2 = 17,6 \text{ моль} \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$\text{б) } m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{NaOH}) = 12 \text{ г}; \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = 236 \text{ г}; \quad \text{(0,5 балла)}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) = 17,6 \text{ г}. \quad \text{(0,5 балла)}$$

8) Найдём $\omega_{\text{р+}}$:

$$\omega_{p+} = (12 + 236 + 17,6) / 484,6 \cdot 100\% = 54,8 \% \text{ (1 балл)}$$

Ответ: $\omega_{p+} = 54,8 \%$

Общее количество баллов – 25.

ЗАДАНИЕ 3

При взаимодействии 1 г смеси меди, алюминия и магния, взятых в виде порошков, с разбавленным раствором HCl выделяются 900 мл (н.у.) водорода. Из такой же массы указанной смеси можно получить 0,125 г оксида меди(II) в индивидуальном состоянии.

Вопросы:

- 1). Рассчитайте массовую долю (%) каждого компонента смеси.
- 2). Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно из данной смеси получить оксид меди(II).

РЕШЕНИЕ:

1. При действии разбавленного раствора HCl реагируют лишь Mg и Al:



Примем содержание магния и алюминия в смеси: $m(\text{Mg}) = x$ г, $m(\text{Al}) = y$ г. В этом случае количества этих веществ составят: $\nu(\text{Mg}) = x / 24,3$ моль, $\nu(\text{Al}) = y / 27$ моль.

Количество вещества водорода будет равно сумме значений для реакции с магнием и с алюминием:

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Mg}) + 1,5 \nu(\text{Al}) = x / 24,3 + 1,5y / 27 \text{ моль. (1,5 балла)}$$

Объем выделившегося водорода по условию задачи равняется 0,9 л:
 $V(\text{H}_2) = 22,4(x / 24,3 + 1,5y / 27) = 0,9 \text{ (1,5 балла)}$

После сокращения получаем первое уравнение с двумя неизвестными:
 $0,922 x + 1,244 y = 0,9$

Количество CuO ($M = 79,5$ г/моль), которое можно получить из смеси, эквивалентно количеству содержащейся в смеси Cu ($M = 63,5$ г/моль):

$$\nu(\text{CuO}) = \nu(\text{Cu}) = 0,125/79,5 \text{ моль}$$

$$m(\text{Cu}) = 63,5 * 0,125/79,5 = 0,1 \text{ г.}$$

Таким образом, масса магния и алюминия в 1 г смеси составляет:

$$m(\text{Mg}) + m(\text{Al}) = 1 - 0,1 = 0,9 \text{ г. } x + y = 0,9.$$

Решаем систему из двух уравнений:

$$0,922 x + 1,244 y = 0,9$$

$$x + y = 0,9$$

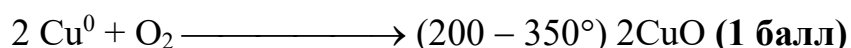
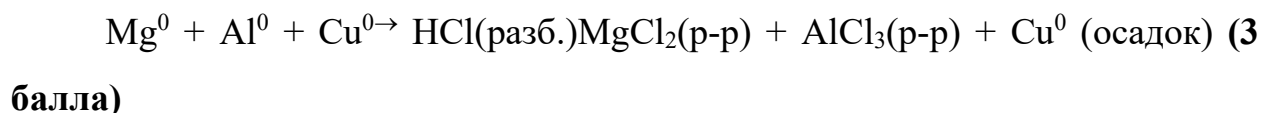
Получаем результат: $x = 0,62$. $y = 0,28$. **(2 балла)**

$$m(\text{Mg}) = x = 0,62 \text{ г, } m(\text{Al}) = y = 0,28 \text{ г, } m(\text{Cu}) = 0,1 \text{ г.}$$

Определяем массовые доли металлов в смеси:

$$\omega(\text{Mg}) = 62 \%, \omega(\text{Al}) = 28 \%, \omega(\text{Cu}) = 10 \%. \text{ (по 3 балла за каждый)}$$

2. Способ получения CuO из смеси:



При более высокой температуре образуется смесь оксидов меди(II) черного цвета и меди(I) красного: $\text{Cu}^0 + \text{O}_2 \xrightarrow{(>400^\circ)} \text{CuO} + \text{Cu}_2\text{O}$ **(1 балл)**

Общее количество баллов – 23.

ЗАДАНИЕ 4

Константа равновесия газофазной реакции $\text{H}_2 + \text{Br}^- \rightleftharpoons \text{HBr} + \text{H}^+$ при 500К равна 3, а константа скорости прямой реакции при температуре 330°C в 5 раз больше константы скорости обратной реакции. Определите разницу в энергиях активации прямой и обратной реакций?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 500 \text{ К}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 330^\circ\text{C} = 603 \text{ К}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2.$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \text{ (2 балла)}$$

тогда

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 3 \text{ (2 балла)}$$

$$k'_1 / k'_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{[(-E_1+E_2)/RT]} = (A_1/A_2) \cdot e^{(-\Delta E/RT)} = 5 \text{ (2 балла)}$$

$$-\Delta E = [RTT'/(T' - T)] \cdot [\ln(k_1 / k_2) - \ln(k'_1 / k'_2)] = [(98,314 \cdot 603 \cdot 500)/(603-500)] \cdot \ln 3/5 = -12400 \text{ Дж/моль. (3 балла)}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 12,4 \text{ кДж/моль.}$$

Ответ: 12,4 кДж/моль.

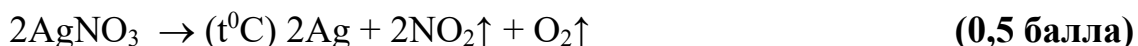
Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 5

Смесь AgNO_3 и $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 12,01 г прокалили при 500°C . Твердый остаток после прокаливания обработали соляной кислотой, при этом образовались бледно-розовый раствор **A**, черный осадок **B** и выделилось 0,732 л (при 25°C и 1 атм.) жёлто-зеленого газа. Определите состав и массу осадка **B**. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**, назовите все вещества, образующиеся в результате действий, указанных в задании.

РЕШЕНИЕ:

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:



Твёрдый остаток после прокаливания – смесь серебра и, при обработке которого соляной кислотой оксид марганца растворяется:



Таким образом, **A** – это раствор MnO_2 (**0,5 балла**), а чёрный осадок **B** – серебро (**0,5 балла**), которое не реагирует с соляной кислотой. Жёлто – зелёный газ – это хлор (**0,5 балла**):

$$v(\text{Cl}_2) = PV/RT = (101,3 \cdot 0,732) / (8,314 \cdot 298) = 0,03 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

следовательно,

$$v(\text{MnO}_2) = v(\text{Cl}_2) = v(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,03 \text{ моль}, \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) = 0,03 \cdot 287 = 8,61 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 12,01 - 8,61 = 3,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{AgNO}_3) = 3,4 / 170 = 0,02 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{Ag}) = 0,02 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

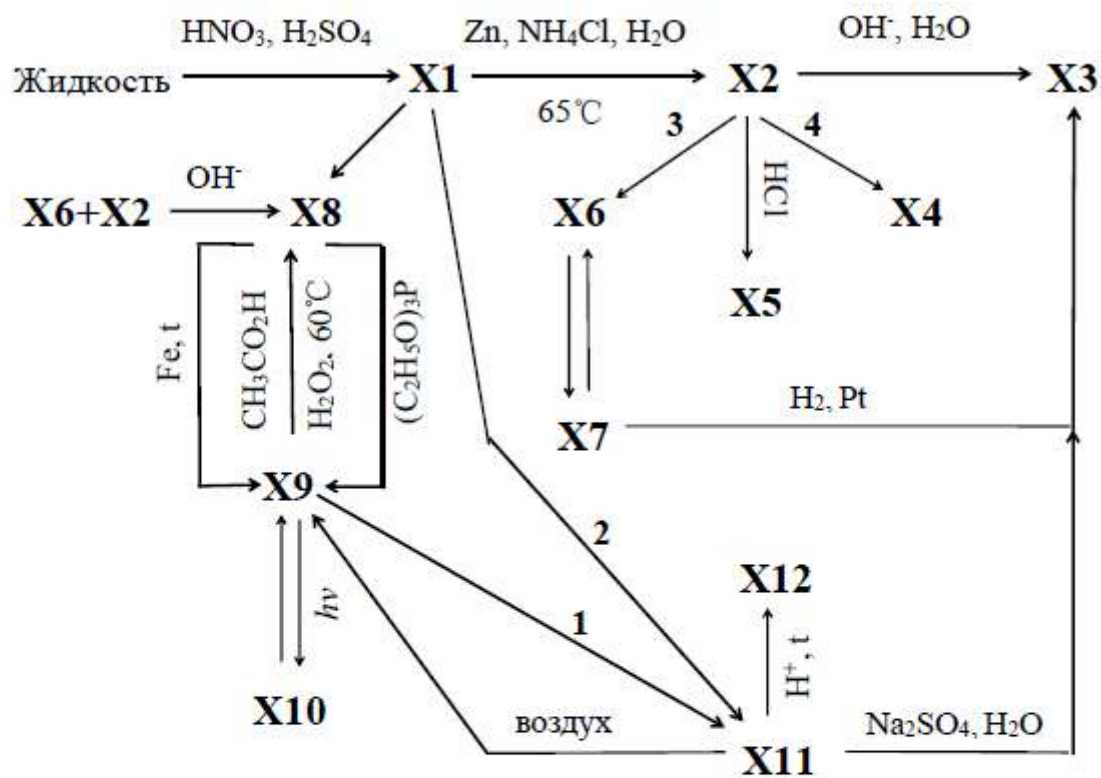
$$m(\text{Ag}) = 0,02 \cdot 108 = 2,16 \text{ г} \quad (0,5 \text{ балла})$$

Ответ: 2,16 г

Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 6

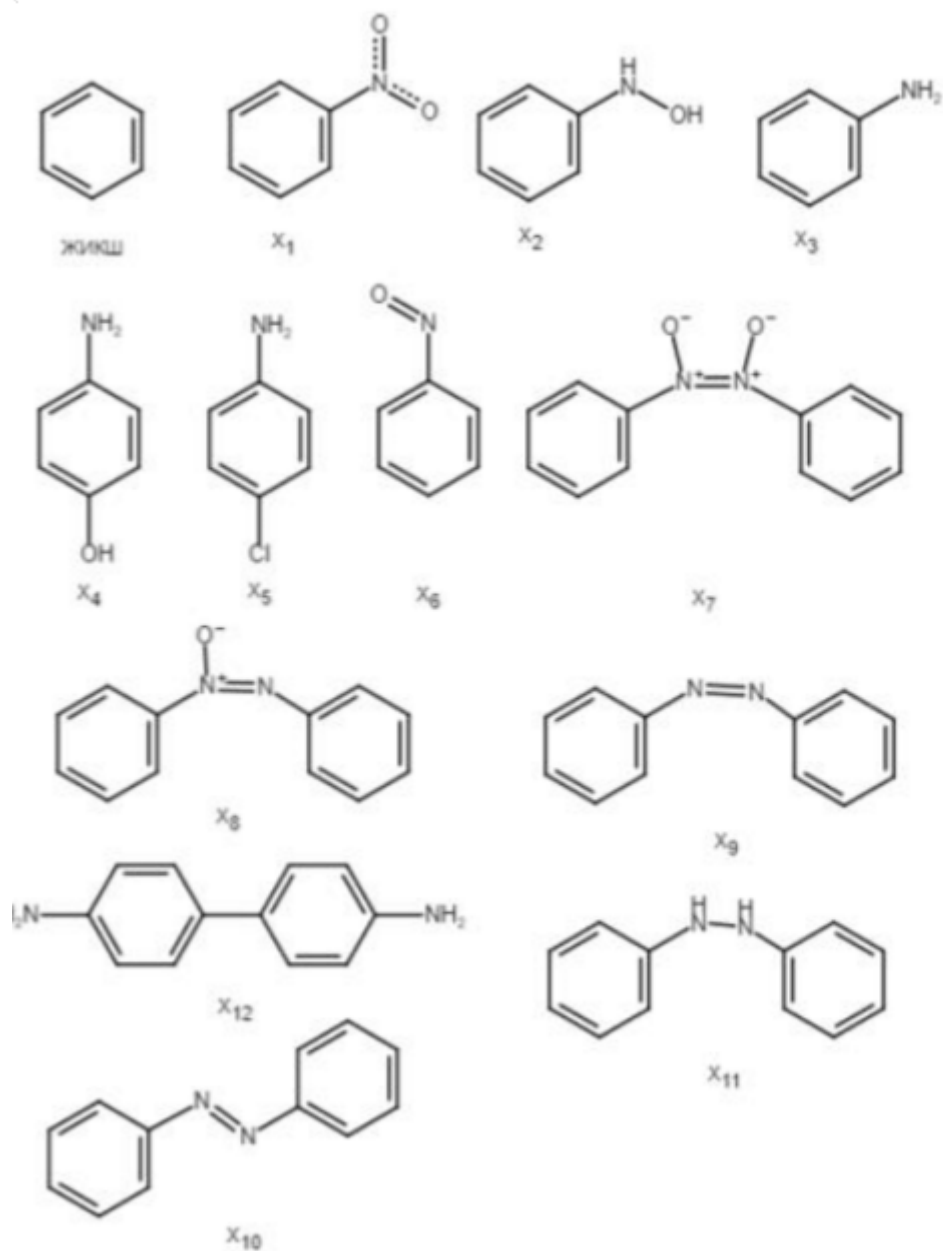
Определите X1-X12 и определите распределение зарядов X7 и X8:



- 1 - Zn, OH⁻
 2 - Ru/C C₂H₅OH/KOH, N₂H₄
 3 - Cr₂O₇²⁻, H₂SO₄, -5 °C
 4 - H₂SO₄ p-p

X6 - жёлтая жидкость
 X7 - твёрдый, бесцветный

РЕШЕНИЕ:



По 2 балла за вещество. Правильное указание распределения зарядов в X7 и X8 – по 0,5 балла.

Общее количество баллов – 25 баллов.

11 КЛАСС

4 ВАРИАНТ – ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

ЗАДАНИЕ 1

Для газофазной реакции $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ разница энергий активации прямой и обратной реакций равна 21 кДж/моль. Константа равновесия при температуре 350°C равна 0,01. Определите, во сколько раз константа скорости прямой реакции будет меньше константы скорости обратной реакции при температуре 500 К?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 350^\circ\text{C} = 623 \text{ K}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 500 \text{ K}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \quad \text{(1 балла)}$$

$$k_2/k_1 = (A_2/A_1) \cdot e^{(-E_2 + E_1)/RT} = A_2/A_1 \cdot e^{\Delta E/RT} \quad \text{(2 балла)}$$

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{(-E_1 + E_2)/RT} = A_1/A_2 \cdot e^{\Delta E/RT} = 0,01 \quad \text{(2 балла)}$$

$$(A_2/A_1) = k_2/k_1 \cdot e^{\Delta E/RT} = 1/K \cdot e^{\Delta E/RT} = 100 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 1,73 \quad \text{(2 балла)}$$

$$k_2/k_1 = 1,73 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 270 \quad \text{(2 балла)}$$

Ответ: в 270 раз.

Общее количество баллов – 9.

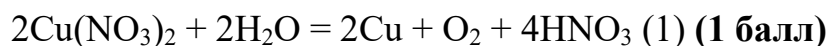
ЗАДАНИЕ 2

Через 440 г раствора нитрата меди (II), в котором 52,5% от общей массы раствора составляет масса протонов в ядрах всех атомов, пропускали электрический ток, используя инертные электроды. После того как на аноде выделилось 6,72 л (н.у.) газа электрический ток отключили, а электроды оставили в растворе. Определите массовую долю всех протонов в растворе после окончания всех реакций.

Ответ: $w_{p^+} = 52,78\%$

РЕШЕНИЕ:

Запишем уравнение реакции электролиза:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 52,5% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(440/100) \cdot 52,5 = 231 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = x$ моль, $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188x$ г.

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г.

Составим первое уравнение системы:

$$188x + 18y = 440. \quad (1 \text{ балл})$$

Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов численно равно порядковому номеру элемента в периодической системе, а молярная масса протона составляет 1 г/моль.

$$a) n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot x = 91x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) y = 10y \text{ моль}$$

$$б) m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 91x \text{ г}; \quad (1 \text{ балла})$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = 10y \text{ г} \quad (1 \text{ балла})$$

Составим второе уравнение системы: $91x + 10y = 231$ (1 балл)

2) Решим систему уравнений:

$$188x + 18y = 440$$

$$\begin{cases} 91x + 10y = 231 \\ 24,2x = 24,2 \end{cases}$$

$$x = 1 \text{ моль} - n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (0,5 балла)}$$

$$y = 14 \text{ моль} - n(\text{H}_2\text{O}) \text{ (0,5 балла)}$$

3) Далее необходимо проверить, идёт ли далее электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

$$n(\text{газа}) = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль (1 балл)}$$

$$n_1(\text{O}_2) = 0,5n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль (1 балл)}$$

$0,3 < 0,5$ – из чего делаем вывод, что электролиза воды не было, но электролиз соли прошёл не полностью, и часть её осталась в растворе. **(2 балла)**

4) В условии сказано, что электроды после окончания электролиза оставили в растворе, поэтому кислота из анодного пространства стала растворять медь, образовавшуюся на катоде.

5) Чтобы записать следующую реакцию, необходимо знать концентрацию азотной кислоты, так как реакция может протекать с образованием NO, либо NO₂.

Обратим внимание, что количество веществ в 1 – ой реакции дальше нужно считать по количеству выделившегося кислорода, так как он в «недостатке».

$$n(\text{HNO}_3) = 4n(\text{O}_2) = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ моль (1 балл)}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 1,2 \cdot 63 = 75,6 \text{ г (1 балл)}$$

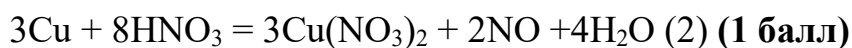
Найдём массу раствора после 1-ой реакции:

$$m_{\text{р-ра1}} = m_{\text{р-ра}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{р-ра1}} = 440 - (2n(\text{O}_2) \cdot 64) - (0,3 \cdot 32) = 440 - 38,4 - 9,6 = 392 \text{ г (1 балл)}$$

Найдём концентрацию HNO₃:

$\omega(\text{HNO}_3) = (75,6 / 392) \cdot 100\% = 19,28\%$ - следовательно, кислота разбавленная, поэтому растворение меди протекает с образование NO:



б) Сравним количество меди и азотной кислоты и определим избыток/недостаток:

$n(\text{HNO}_3)/8 < n(\text{Cu})/3 = 1,2/8 < 0,6/3 = 0,15 < 0,2$ – следовательно, HNO_3 в недостатке. **(1 балл)**

Найдём количество и массу прореагировавшей меди:

$$n_2(\text{Cu}) = 3/8n(\text{HNO}_3) = 0,45 \text{ моль}$$

$$m_2(\text{Cu}) = 0,45 \cdot 64 = 28,8 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

7) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это нитрат меди (II) и вода.

а) Найдём общее количество и массу нитрата меди (II):

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n_{1 \text{ ост.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) + n_{2 \text{ обр.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (1 - 2n_1(\text{O}_2)) + 3/8n(\text{HNO}_3) = 1 - 0,6 + 0,45 = 0,85 \text{ моль}$$

$$m_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,85 \cdot 188 = 159,8 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

б) Найдём общее количество воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн.р-ра}} - m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = m_{\text{р-ра1}} + m_{\text{прореаг.}}(\text{Cu}) - m(\text{NO}) \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = 392 + 28,8 - (2/8n(\text{HNO}_3) \cdot 30) = 392 + 28,8 - 9 = 411,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 411,8 - 159,8 = 252 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 252 / 18 = 14 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

8) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$a) n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot 0,85 = 77,35 \text{ моль}$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) \cdot 14 = 140 \text{ моль} \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$б) m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 77,35 \text{ г};$$

$$m_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = 140 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

9) Найдём ω_{p+} :

$$\omega_{p+} = [(77,35 + 140) / 411,8] \cdot 100\% = 52,78\%$$

Ответ: $\omega_{p+} = 52,78\%$ (1 балл)

Общее количество баллов – 25.

ЗАДАНИЕ 3

В 25 мл раствора 20%-ной соляной кислоты растворили 4,0 г сульфида железа (II), после выделения газа в раствор добавили 1,68 г железных опилок. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе (плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл).

РЕШЕНИЕ:



$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}; \quad M(\text{FeS}) = 88 \text{ г/моль}; \quad M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{FeCl}_2) = 127 \text{ г/моль}; \quad M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль}$$

1) Плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл.

$$v(\text{HCl}) = (25 \cdot 1,098 \cdot 0,2) / 36,5 = 0,151 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{FeS}) = 4 / 88 = 0,0455 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{FeS}) : n(\text{HCl}) = 1 : 2 = 0,0455 : 0,091 \quad (2 \text{ балла})$$

Кислота в избытке, поэтому расчёт ведем количеству FeS.

2) Количество выделившегося газа равно 0,0455 моль.

$$v(\text{Fe}) = 1,68 / 56 = 0,03 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Количество кислоты, оставшейся после первой реакции:

$$0,151 - 0,091 = 0,06 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$v(\text{Fe}) : v(\text{HCl}) = 1 : 2 = 0,03 : 0,06$, то есть вещества прореагировали полностью.

Количество водорода, выделившегося во второй реакции равно количеству железа и составляет 0,03 моль.

$$\omega = m(\text{вещ-ва}) / m(\text{р-ра})$$

В растворе соль - FeCl_2

Соль образовалась в первой реакции (0,0455 моль) и во второй реакции (0,03 моль), т.е. её общее количество равно половине количества кислоты.

Масса соли $(0,0455 + 0,03) \cdot 127 = 9,5885$ г **(2 балла)**

3) Масса образовавшегося раствора - «было» – «ушло на реакцию» (осадок и газ)

«было» – $(27,5 + 4,0 + 1,68) = 33,18$ г

«ушло» - $0,0455 \cdot 34 + 0,03 \cdot 2 = 1,55 - 0,06 = 1,61$ г **(2 балла)**

4) Масса образовавшегося раствора:

$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра HCl}) + m(\text{FeS}) + m(\text{Fe}) - m(\text{H}_2\text{S}) - m(\text{H}_2) = (27,5 + 4,0 + 1,68) - 1,55 - 0,06 = 31,57$ г **(3 балла)**

$\omega(\text{FeCl}_2) = 9,59/31,57 = 0,3037(30,37\%)$ **(1 балл)**

Общее количество баллов – 23.

ЗАДАНИЕ 4

Смесь NaNO_3 и $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 9,24 г прокалили при 400°C . К твердому остатку после прокаливания добавили воду, при этом образовались бесцветный раствор **A** и темно-зеленый осадок **B**. Определите состав и массу осадка **B**, если при взаимодействии раствора **A** с подкисленным серной кислотой раствором иодида натрия выделилось 0,976 л (при 25°C и 1 атм) бесцветного газа, быстро бурящего на воздухе. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**, назовите все вещества, образующиеся в результате действий, указанных в задании.

РЕШЕНИЕ:

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:

$2\text{NaNO}_3 \rightarrow (t^\circ\text{C}) 2\text{NaNO}_2 + \text{O}_2\uparrow$, **(1 балл)**

$4\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow (t^\circ\text{C}) 2\text{Cr}_2\text{O}_3 + 12\text{NO}_2\uparrow + 3\text{O}_2\uparrow + 12\text{H}_2\text{O}\uparrow$ **(1 балл)**

Твёрдый остаток после прокаливания – смесь NaNO_2 и Cr_2O_3 , при добавлении воды нитрит натрия растворяется.

Таким образом, **A** – это раствор NaNO_2 **(0,5 балла)**

а тёмно – зелёный осадок **B** – Cr_2O_3 **(0,5 балла)**

Бесцветный газ, буряющий на воздухе, - это NO , выделяющийся в реакции:



и быстро окисляемый кислородом воздуха:



$$v(\text{NO}) = PV / RT = (101,3 \cdot 0,976) / (8,314 \cdot 298) = 0,04 \text{ моль}$$

следовательно

$$v(\text{NaNO}_2) = v(\text{NaNO}_3) = 0,04 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,04 \cdot 85 = 3,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 9,24 - 3,4 = 5,84 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

$$v(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = 5,84 / 292 = 0,02 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0,01 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

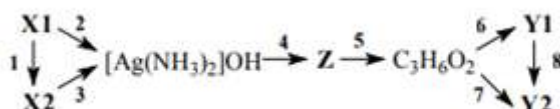
$$m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0,01 \text{ моль} \cdot 152 = 1,52 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Ответ: 1,52 г

Общее количество баллов – 9.

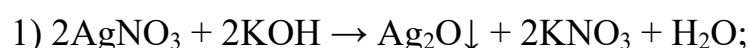
ЗАДАНИЕ 5

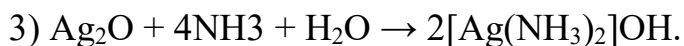
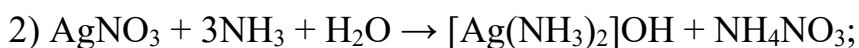
На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:



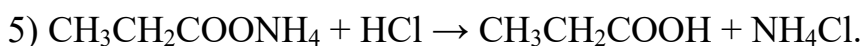
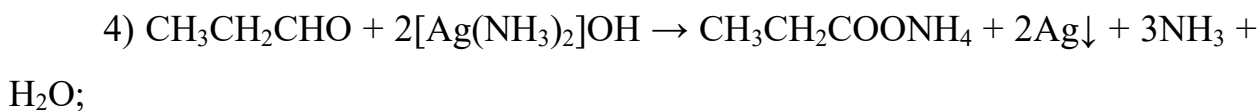
Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания

РЕШЕНИЕ:

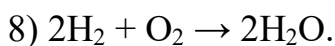
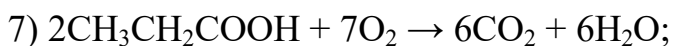
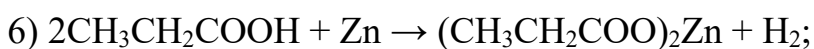




В качестве **X1** можно выбрать и оксид серебра, и тогда **X2** – AgNO_3 .
Формуле $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ соответствует пропановая кислота, которую можно получить из ее аммонийной соли:



Один из вариантов окислительно-восстановительных реакций 6-8:



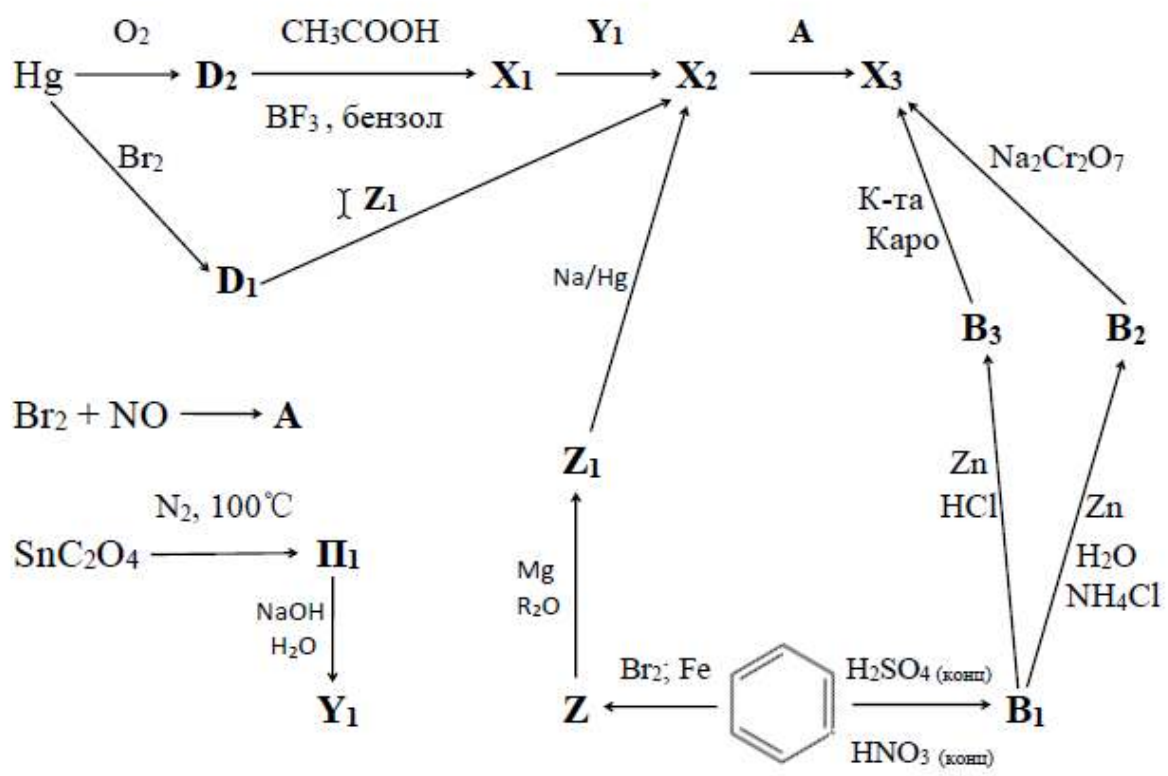
Ответ: **X1** – AgNO_3 ; **X2** – Ag_2O ; **Y1** – H_2 ; **Y2** – H_2O ; **Z** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4$.

По 0,5 баллу за реакцию = 4 балла. По 1 баллу за вещество = 5 баллов.

Общее количество баллов – 9.

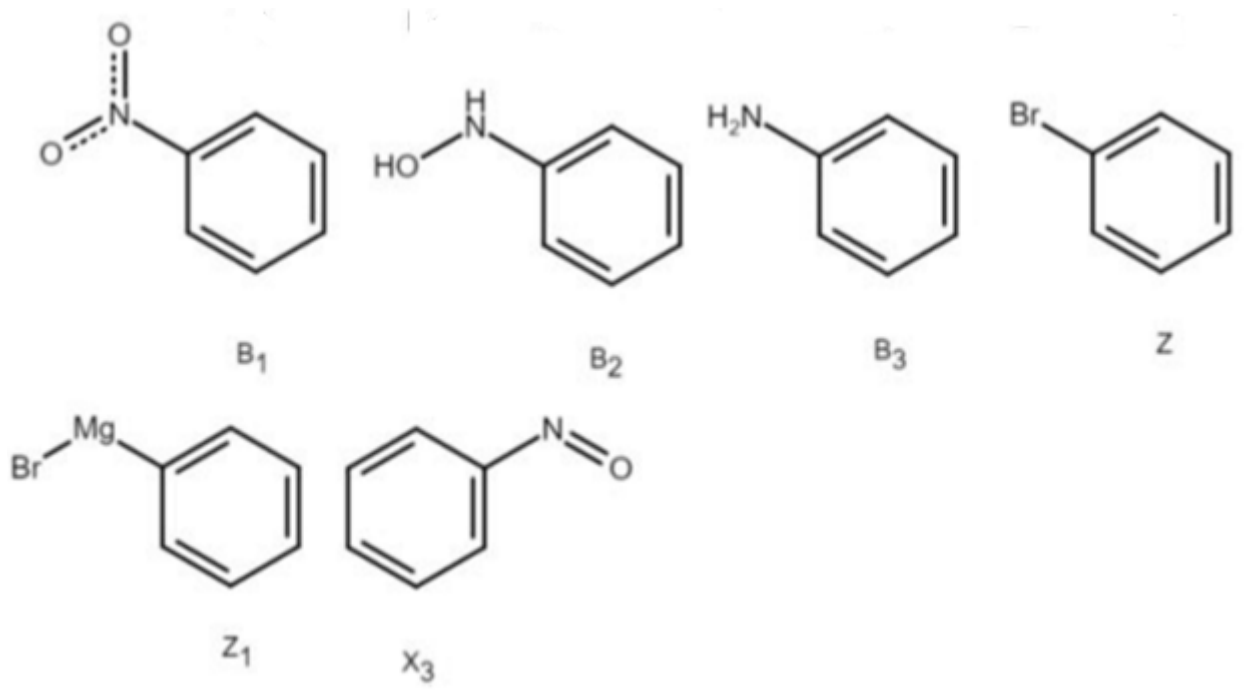
ЗАДАНИЕ 6

Определите все неизвестные вещества:



РЕШЕНИЕ:

NaSn(OH)_3 HgBr_2 HgO $(\text{Phe})(\text{OAc})\text{Hg}$ BrNo Hg(Phe)_2 SnO
 Y_1 D_1 D_2 X_1 A X_2 II_1



За нахождение вещества А – **1 балл**

За все остальные по 2 балла = $12 \cdot 2 = 24$ балла

Общее количество баллов – 25 баллов.

11 КЛАСС

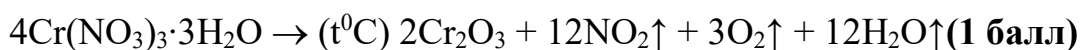
5 ВАРИАНТ – ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

ЗАДАНИЕ 1

Смесь NaNO_3 и $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 9,24 г прокалили при 400°C . К твердому остатку после прокаливания добавили воду, при этом образовались бесцветный раствор **A** и темно-зеленый осадок **B**. Определите состав и массу осадка **B**, если при взаимодействии раствора **A** с подкисленным серной кислотой раствором иодида натрия выделилось 0,976 л (при 25°C и 1 атм) бесцветного газа, быстро буреющего на воздухе. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**, назовите все вещества, образующиеся в результате действий, указанных в задании.

РЕШЕНИЕ:

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:



Твёрдый остаток после прокаливания – смесь NaNO_2 и Cr_2O_3 , при добавлении воды нитрит натрия растворяется.

Таким образом, **A** – это раствор NaNO_2 (0,5 балла)

а тёмно – зелёный осадок **B** – Cr_2O_3 (0,5 балла)

Бесцветный газ, буреющий на воздухе, - это NO , выделяющийся в реакции:



и быстро окисляемый кислородом воздуха:

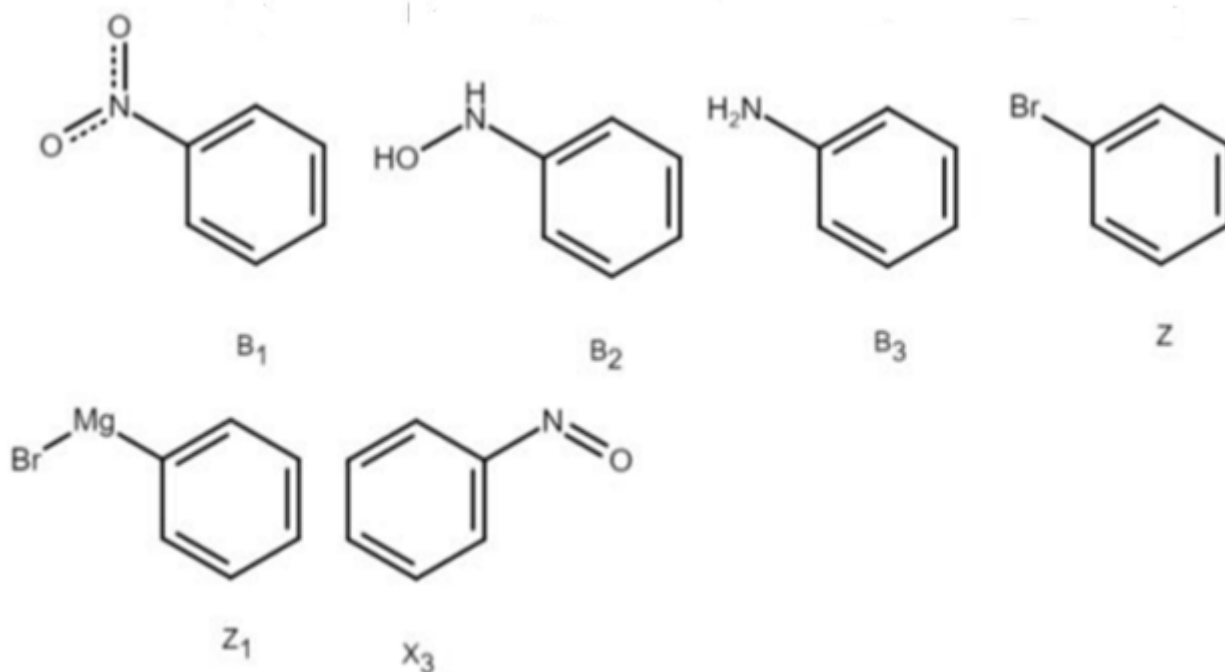


$$v(\text{NO}) = PV / RT = (101,3 \cdot 0,976) / (8,314 \cdot 298) = 0,04 \text{ моль}$$

следовательно

$$v(\text{NaNO}_2) = v(\text{NaNO}_3) = 0,04 \text{ моль}$$

$$m(\text{NaNO}_3) = 0,04 \cdot 85 = 3,4 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$



За нахождение вещества А – 1 балл

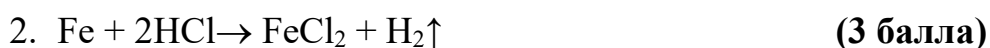
За все остальные по 2 балла = $12 \cdot 2 = 24$ балла

Общее количество баллов – 25 баллов.

ЗАДАНИЕ 3

В 25 мл раствора 20%-ной соляной кислоты растворили 4,0 г сульфида железа (II), после выделения газа в раствор добавили 1,68 г железных опилок. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе (плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл).

РЕШЕНИЕ:



$M(\text{HCl}) = 36,5$ г/моль; $M(\text{FeS}) = 88$ г/моль; $M(\text{Fe}) = 56$ г/моль;

$M(\text{FeCl}_2) = 127$ г/моль; $M(\text{H}_2\text{S}) = 34$ г/моль

1) Плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл.

$\nu(\text{HCl}) = (25 \cdot 1,098 \cdot 0,2) / 36,5 = 0,151$ моль (2 балла)

$$v(\text{FeS}) = 4/88 = 0,0455 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{FeS}) : n(\text{HCl}) = 1:2 = 0,0455 : 0,091 \quad (2 \text{ балла})$$

Кислота в избытке, поэтому расчёт ведем количеству FeS.

2) Количество выделившегося газа равно 0,0455 моль.

$$v(\text{Fe}) = 1,68 / 56 = 0,03 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Количество кислоты, оставшейся после первой реакции:

$$0,151 - 0,091 = 0,06 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$v(\text{Fe}) : v(\text{HCl}) = 1 : 2 = 0,03 : 0,06$, то есть вещества прореагировали полностью.

Количество водорода, выделившегося во второй реакции равно количеству железа и составляет 0,03 моль.

$$\omega = m(\text{вещ-ва}) / m(\text{р-ра})$$

В растворе соль - FeCl₂

Соль образовалась в первой реакции (0,0455 моль) и во второй реакции (0,03 моль), т.е. её общее количество равно половине количества кислоты.

$$\text{Масса соли } (0,0455 + 0,03) \cdot 127 = 9,5885 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

3) Масса образовавшегося раствора - «было» – «ушло на реакцию» (осадок и газ)

$$\text{«было»} - (27,5 + 4,0 + 1,68) = 33,18 \text{ г}$$

$$\text{«ушло»} - 0,0455 \cdot 34 + 0,03 \cdot 2 = 1,55 - 0,06 = 1,61 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

4) Масса образовавшегося раствора:

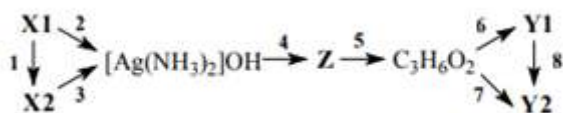
$$m(\text{р-ра}) = m(\text{р-ра HCl}) + m(\text{FeS}) + m(\text{Fe}) - m(\text{H}_2\text{S}) - m(\text{H}_2) = (27,5 + 4,0 + 1,68) - 1,55 - 0,06 = 31,57 \text{ г} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\omega(\text{FeCl}_2) = 9,59/31,57 = 0,3037(30,37\%) \quad (1 \text{ балл})$$

Общее количество баллов – 23.

ЗАДАНИЕ 4

На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:



Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания

РЕШЕНИЕ:

- 1) $2\text{AgNO}_3 + 2\text{KOH} \rightarrow \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + 2\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 2) $\text{AgNO}_3 + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} + \text{NH}_4\text{NO}_3$;
- 3) $\text{Ag}_2\text{O} + 4\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$.

В качестве **X1** можно выбрать и оксид серебра, и тогда **X2** – AgNO_3 .
 Формуле $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ соответствует пропановая кислота, которую можно получить из ее аммонийной соли:

- 4) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CHO} + 2[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4 + 2\text{Ag}\downarrow + 3\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
- 5) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4 + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4\text{Cl}$.

Один из вариантов окислительно-восстановительных реакций 6-8:

- 6) $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Zn} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COO})_2\text{Zn} + \text{H}_2$;
- 7) $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 7\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$;
- 8) $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$.

Ответ: **X1** – AgNO_3 ; **X2** – Ag_2O ; **Y1** – H_2 ; **Y2** – H_2O ; **Z** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4$.

По 0,5 баллу за реакцию = 4 балла. По 1 баллу за вещество = 5 баллов.

Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 5

Для газофазной реакции $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ разница энергий активации прямой и обратной реакций равна 21 кДж/моль. Константа равновесия при температуре 350°C равна 0,01. Определите, во сколько раз константа

скорости прямой реакции будет меньше константы скорости обратной реакции при температуре 500 К?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 350^\circ\text{C} = 623\text{ K}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 500\text{ K}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \quad (1 \text{ балла})$$

$$k_2/k_1 = (A_2/A_1) \cdot e^{(-E_2 + E_1)/RT} = A_2/A_1 \cdot e^{\Delta E/RT} \quad (2 \text{ балла})$$

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{(-E_1 + E_2)/RT} = A_1/A_2 \cdot e^{\Delta E/RT} = 0,01 \quad (2 \text{ балла})$$

$$(A_2/A_1) = k_2/k_1 \cdot e^{\Delta E/RT} = 1/K \cdot e^{\Delta E/RT} = 100 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 1,73 \quad (2 \text{ балла})$$

$$k_2/k_1 = 1,73 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 270 \quad (2 \text{ балла})$$

Ответ: в 270 раз.

Общее количество баллов – 9.

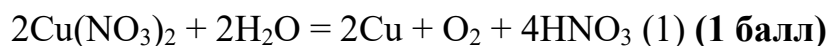
ЗАДАНИЕ 6

Через 440 г раствора нитрата меди (II), в котором 52,5% от общей массы раствора составляет масса протонов в ядрах всех атомов, пропускали электрический ток, используя инертные электроды. После того как на аноде выделилось 6,72 л (н.у.) газа электрический ток отключили, а электроды оставили в растворе. Определите массовую долю всех протонов в растворе после окончания всех реакций.

Ответ: $w_{p^+} = 52,78\%$

РЕШЕНИЕ:

Запишем уравнение реакции электролиза:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 52,5% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(440/100) \cdot 52,5 = 231 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = x$ моль, $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188x$ г.

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г.

Составим первое уравнение системы:

$$188x + 18y = 440. \quad (1 \text{ балл})$$

Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов численно равно порядковому номеру элемента в периодической системе, а молярная масса протона составляет 1 г/моль.

$$a) n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot x = 91x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) y = 10y \text{ моль}$$

$$б) m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 91 x \text{ г}; \quad (1 \text{ балла})$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) 10y \text{ г} \quad (1 \text{ балла})$$

Составим второе уравнение системы: $91x + 10y = 231$ (1 балл)

2) Решим систему уравнений:

$$188x + 18y = 440$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 91x + 10y = 231 \\ 24,2x = 24,2 \end{array} \right.$$

$$x = 1 \text{ моль} - n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \quad (0,5 \text{ балла})$$

$$y = 14 \text{ моль} - n(\text{H}_2\text{O}) \quad (0,5 \text{ балла})$$

3) Дальше необходимо проверить, идёт ли далее электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

$$n(\text{газа}) = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль (1 балл)}$$

$$n_1(\text{O}_2) = 0,5n(\text{Cu(NO}_3)_2) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль (1 балл)}$$

$0,3 < 0,5$ – из чего делаем вывод, что электролиза воды не было, но электролиз соли прошёл не полностью, и часть её осталась в растворе. **(2 балла)**

4) В условии сказано, что электроды после окончания электролиза оставили в растворе, поэтому кислота из анодного пространства стала растворять медь, образовавшуюся на катоде.

5) Чтобы записать следующую реакцию, необходимо знать концентрацию азотной кислоты, так как реакция может протекать с образованием NO, либо NO₂.

Обратим внимание, что количество веществ в 1 – ой реакции дальше нужно считать по количеству выделившегося кислорода, так как он в «недостатке».

$$n(\text{HNO}_3) = 4n(\text{O}_2) = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ моль (1 балл)}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 1,2 \cdot 63 = 75,6 \text{ г (1 балл)}$$

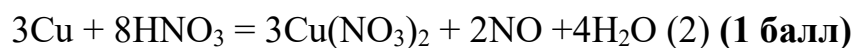
Найдём массу раствора после 1-ой реакции:

$$m_{\text{р-ра1}} = m_{\text{р-ра}}(\text{Cu(NO}_3)_2) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{р-ра1}} = 440 - (2n(\text{O}_2) \cdot 64) - (0,3 \cdot 32) = 440 - 38,4 - 9,6 = 392 \text{ г (1 балл)}$$

Найдём концентрацию HNO₃:

$\omega(\text{HNO}_3) = (75,6 / 392) \cdot 100\% = 19,28\%$ - следовательно, кислота разбавленная, поэтому растворение меди протекает с образование NO:



6) Сравним количество меди и азотной кислоты и определим избыток/недостаток:

$n(\text{HNO}_3)/8 < n(\text{Cu})/3 = 1,2/8 < 0,6/3 = 0,15 < 0,2$ – следовательно, HNO₃ в недостатке. **(1 балл)**

Найдём количество и массу прореагировавшей меди:

$$n_2(\text{Cu}) = 3/8n(\text{HNO}_3) = 0,45 \text{ моль}$$

$$m_2(\text{Cu}) = 0,45 \cdot 64 = 28,8 \text{ г (1 балл)}$$

7) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это нитрат меди (II) и вода.

а) Найдём общее количество и массу нитрата меди (II):

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n_{1 \text{ ост.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) + n_{2 \text{ обр.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (0,5 балла)}$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (1 - 2n_1(\text{O}_2)) + 3/8n(\text{HNO}_3) = 1 - 0,6 + 0,45 = 0,85 \text{ моль}$$

$$m_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,85 \cdot 188 = 159,8 \text{ г (1 балл)}$$

б) Найдём общее количество воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн.р-ра}} - m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = m_{\text{р-ра1}} + m_{\text{прореаг.}}(\text{Cu}) - m(\text{NO}) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = 392 + 28,8 - (2/8n(\text{HNO}_3) \cdot 30) = 392 + 28,8 - 9 = 411,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 411,8 - 159,8 = 252 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 252 / 18 = 14 \text{ моль (1 балл)}$$

8) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot 0,85 = 77,35 \text{ моль}$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) \cdot 14 = 140 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$\text{б) } m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 77,35 \text{ г;}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = 140 \text{ г (1 балл)}$$

9) Найдём $\omega_{\text{р+}}$:

$$\omega_{\text{р+}} = [(77,35 + 140) / 411,8] \cdot 100\% = 52,78\%$$

$$\text{Ответ: } \omega_{\text{р+}} = 52,78\% \text{ (1 балл)}$$

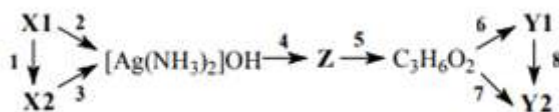
Общее количество баллов – 25.

11 КЛАСС

6 ВАРИАНТ – ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

ЗАДАНИЕ 1

На представленной ниже схеме реакции 1, 2 и 3 протекают без изменения степеней окисления элементов, реакции 6, 7 и 8 – окислительно-восстановительные, а реакции 4 и 5 – произвольного характера:



Определите неизвестные вещества, приведите уравнения соответствующих реакций и условия их протекания

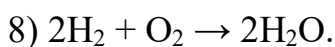
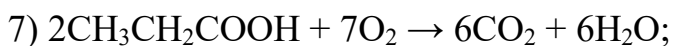
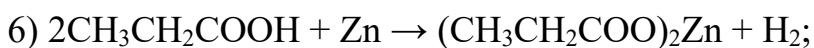
РЕШЕНИЕ:

- 1) $2AgNO_3 + 2KOH \rightarrow Ag_2O\downarrow + 2KNO_3 + H_2O$;
- 2) $AgNO_3 + 3NH_3 + H_2O \rightarrow [Ag(NH_3)_2]OH + NH_4NO_3$;
- 3) $Ag_2O + 4NH_3 + H_2O \rightarrow 2[Ag(NH_3)_2]OH$.

В качестве **X1** можно выбрать и оксид серебра, и тогда **X2** – $AgNO_3$.
Формуле $C_3H_6O_2$ соответствует пропановая кислота, которую можно получить из ее аммонийной соли:

- 4) $CH_3CH_2CHO + 2[Ag(NH_3)_2]OH \rightarrow CH_3CH_2COONH_4 + 2Ag\downarrow + 3NH_3 + H_2O$;
- 5) $CH_3CH_2COONH_4 + HCl \rightarrow CH_3CH_2COOH + NH_4Cl$.

Один из вариантов окислительно-восстановительных реакций 6-8:



Ответ: **X1** – AgNO_3 ; **X2** – Ag_2O ; **Y1** – H_2 ; **Y2** – H_2O ; **Z** – $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONH}_4$.

По 0,5 баллу за реакцию = 4 балла. По 1 баллу за вещество = 5 баллов.

Общее количество баллов – 9.

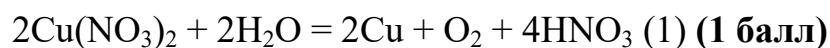
ЗАДАНИЕ 2

Через 440 г раствора нитрата меди (II), в котором 52,5% от общей массы раствора составляет масса протонов в ядрах всех атомов, пропускали электрический ток, используя инертные электроды. После того как на аноде выделилось 6,72 л (н.у.) газа электрический ток отключили, а электроды оставили в растворе. Определите массовую долю всех протонов в растворе после окончания всех реакций.

Ответ: $w_{\text{p}^+} = 52,78\%$

РЕШЕНИЕ:

Запишем уравнение реакции электролиза:



1) По условию, масса протонов в ядрах всех атомов составляет 52,5% от общей массы раствора. Найдём массу протонов:

$$(440/100) \cdot 52,5 = 231 \text{ г} \quad (1 \text{ балл})$$

Пусть $n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = x$ моль, $m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 188x$ г.

Пусть $n(\text{H}_2\text{O}) = y$ моль, $m(\text{H}_2\text{O}) = 18y$ г.

Составим первое уравнение системы:

$$188x + 18y = 440. \text{ (1 балл)}$$

Найдём количество протонов в ядрах всех атомов. При этом помним, что количество протонов численно равно порядковому номеру элемента в периодической системе, а молярная масса протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{p^+} = N_{p^+} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot x = 91x \text{ моль}$$

$$n_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) y = 10y \text{ моль}$$

$$\text{б) } m_{p^+} = n_{p^+} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{p^+}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 91 x \text{ г; (1 балла)}$$

$$m_{p^+}(\text{H}_2\text{O}) 10y \text{ г (1 балла)}$$

Составим второе уравнение системы: $91x + 10y = 231$ (1 балл)

2) Решим систему уравнений:

$$188x + 18y = 440$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 91x + 10y = 231 \\ 24,2x = 24,2 \end{array} \right.$$

$$x = 1 \text{ моль} - n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (0,5 балла)}$$

$$y = 14 \text{ моль} - n(\text{H}_2\text{O}) \text{ (0,5 балла)}$$

3) Дальше необходимо проверить, идёт ли далее электролиз воды. Для этого нам необходимо рассчитать количество выделившегося на аноде газа и сравнить его с тем количеством, которое бы выделилось, если бы электролиз соли прошёл полностью.

$$n(\text{газа}) = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль (1 балл)}$$

$$n_1(\text{O}_2) = 0,5n(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,5 \cdot 1 = 0,5 \text{ моль (1 балл)}$$

$0,3 < 0,5$ – из чего делаем вывод, что электролиза воды не было, но электролиз соли прошёл не полностью, и часть её осталась в растворе. (2 балла)

4) В условии сказано, что электроды после окончания электролиза оставили в растворе, поэтому кислота из анодного пространства стала растворять медь, образовавшуюся на катоде.

5) Чтобы записать следующую реакцию, необходимо знать концентрацию азотной кислоты, так как реакция может протекать с образованием NO, либо NO₂.

Обратим внимание, что количество веществ в 1 – ой реакции дальше нужно считать по количеству выделившегося кислорода, так как он в «недостатке».

$$n(\text{HNO}_3) = 4n(\text{O}_2) = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ моль (1 балл)}$$

$$m(\text{HNO}_3) = 1,2 \cdot 63 = 75,6 \text{ г (1 балл)}$$

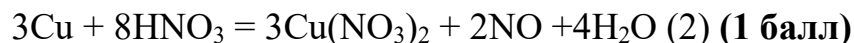
Найдём массу раствора после 1-ой реакции:

$$m_{\text{р-ра1}} = m_{\text{р-ра}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{р-ра1}} = 440 - (2n(\text{O}_2) \cdot 64) - (0,3 \cdot 32) = 440 - 38,4 - 9,6 = 392 \text{ г (1 балл)}$$

Найдём концентрацию HNO₃:

$\omega(\text{HNO}_3) = (75,6 / 392) \cdot 100\% = 19,28\%$ - следовательно, кислота разбавленная, поэтому растворение меди протекает с образование NO:



6) Сравним количество меди и азотной кислоты и определим избыток/недостаток:

$n(\text{HNO}_3)/8 < n(\text{Cu})/3 = 1,2/8 < 0,6/3 = 0,15 < 0,2$ – следовательно, HNO₃ в недостатке. (1 балл)

Найдём количество и массу прореагировавшей меди:

$$n_2(\text{Cu}) = 3/8n(\text{HNO}_3) = 0,45 \text{ моль}$$

$$m_2(\text{Cu}) = 0,45 \cdot 64 = 28,8 \text{ г (1 балл)}$$

7) В задаче просят найти массовую долю протонов в растворе после окончания всех реакций. Для начала необходимо определиться с тем, какие вещества остались в растворе. Это нитрат меди (II) и вода.

а) Найдём общее количество и массу нитрата меди (II):

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = n_{1 \text{ ост.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) + n_{2 \text{ обр.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (0,5 балла)}$$

$$n_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (1 - 2n_1(\text{O}_2)) + 3/8n(\text{HNO}_3) = 1 - 0,6 + 0,45 = 0,85 \text{ моль}$$

$$m_{\text{общ.}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,85 \cdot 188 = 159,8 \text{ г (1 балл)}$$

б) Найдём общее количество воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{конечн.р-ра}} - m(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = m_{\text{р-ра1}} + m_{\text{прореаг.}}(\text{Cu}) - m(\text{NO}) \text{ (1 балл)}$$

$$m_{\text{конечн.р-ра}} = 392 + 28,8 - (2/8n(\text{HNO}_3) \cdot 30) = 392 + 28,8 - 9 = 411,8 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 411,8 - 159,8 = 252 \text{ г}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 252 / 18 = 14 \text{ моль (1 балл)}$$

8) Найдём количество и массу протонов в конечном растворе. При этом помним, что количество протонов = порядковому номеру элемента, а молярная масса одного протона составляет 1 г/моль.

$$\text{а) } n_{\text{р+}} = N_{\text{р+}} \cdot n(\text{в-ва})$$

$$n_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = (29 + 14 + 48) \cdot 0,85 = 77,35 \text{ моль}$$

$$n_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = (2 + 8) \cdot 14 = 140 \text{ моль (0,5 балла)}$$

$$\text{б) } m_{\text{р+}} = n_{\text{р+}} \cdot 1 \text{ г/моль}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 77,35 \text{ г;}$$

$$m_{\text{р+}}(\text{H}_2\text{O}) = 140 \text{ г (1 балл)}$$

9) Найдём $\omega_{\text{р+}}$:

$$\omega_{\text{р+}} = [(77,35 + 140) / 411,8] \cdot 100\% = 52,78\%$$

$$\text{Ответ: } \omega_{\text{р+}} = 52,78\% \text{ (1 балл)}$$

Общее количество баллов – 25.

ЗАДАНИЕ 3

В 25 мл раствора 20%-ной соляной кислоты растворили 4,0 г сульфида железа (II), после выделения газа в раствор добавили 1,68 г железных опилок. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе (плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл).

РЕШЕНИЕ:



$$M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль}; \quad M(\text{FeS}) = 88 \text{ г/моль}; \quad M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{FeCl}_2) = 127 \text{ г/моль}; \quad M(\text{H}_2\text{S}) = 34 \text{ г/моль}$$

1) Плотность 20% раствора соляной кислоты равна 1,098 г/мл.

$$v(\text{HCl}) = (25 \cdot 1,098 \cdot 0,2) / 36,5 = 0,151 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{FeS}) = 4/88 = 0,0455 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{FeS}) : n(\text{HCl}) = 1:2 = 0,0455 : 0,091 \quad (2 \text{ балла})$$

Кислота в избытке, поэтому расчёт ведем количеству FeS.

2) Количество выделившегося газа равно 0,0455 моль.

$$v(\text{Fe}) = 1,68 / 56 = 0,03 \text{ моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Количество кислоты, оставшейся после первой реакции:

$$0,151 - 0,091 = 0,06 \text{ моль} \quad (2 \text{ балла})$$

$$v(\text{Fe}) : v(\text{HCl}) = 1 : 2 = 0,03 : 0,06, \text{ то есть вещества прореагировали}$$

полностью.

Количество водорода, выделившегося во второй реакции равно количеству железа и составляет 0,03 моль.

$$\omega = m(\text{вещ-ва}) / m(\text{р-ра})$$

В растворе соль - FeCl_2

Соль образовалась в первой реакции (0,0455 моль) и во второй реакции (0,03 моль), т.е. её общее количество равно половине количества кислоты.

$$\text{Масса соли } (0,0455 + 0,03) \cdot 127 = 9,5885 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

3) Масса образовавшегося раствора - «было» – «ушло на реакцию» (осадок и газ)

$$\text{«было»} - (27,5 + 4,0 + 1,68) = 33,18 \text{ г}$$

$$\text{«ушло»} - 0,0455 \cdot 34 + 0,03 \cdot 2 = 1,55 - 0,06 = 1,61 \text{ г} \quad (2 \text{ балла})$$

4) Масса образовавшегося раствора:

$$m(\text{p-ра}) = m(\text{p-ра HCl}) + m(\text{FeS}) + m(\text{Fe}) - m(\text{H}_2\text{S}) - m(\text{H}_2) = (27,5 + 4,0 + 1,68) - 1,55 - 0,06 = 31,57 \text{ г} \quad (3 \text{ балла})$$

$$\omega(\text{FeCl}_2) = 9,59/31,57 = 0,3037(30,37\%) \quad (1 \text{ балл})$$

Общее количество баллов – 23.

ЗАДАНИЕ 4

Для газофазной реакции $2\text{HI} \rightleftharpoons \text{H}_2 + \text{I}_2$ разница энергий активации прямой и обратной реакций равна 21 кДж/моль. Константа равновесия при температуре 350°C равна 0,01. Определите, во сколько раз константа скорости прямой реакции будет меньше константы скорости обратной реакции при температуре 500 К?

РЕШЕНИЕ:

Введем обозначения: K – константа равновесия, k_1 – константа скорости прямой реакции, k_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T = 350^\circ\text{C} = 623 \text{ К}$, k'_1 – константа скорости прямой реакции, k'_2 – константа скорости обратной реакции при температуре $T' = 500 \text{ К}$. Разница энергий активации прямой и обратной реакций:

$$\Delta E = E_1 - E_2$$

Константа равновесия реакции связана с константами скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2$$

Зависимость константы скорости реакции от температуры описывает уравнение Аррениуса:

$$k = A \cdot e^{(-E/RT)} \quad (1 \text{ балла})$$

$$k_2/k_1 = (A_2/A_1) \cdot e^{(-E_2 + E_1)/RT} = A_2/A_1 \cdot e^{\Delta E/RT} \quad (2 \text{ балла})$$

$$K = k_1 / k_2 = (A_1/A_2) \cdot e^{(-E_1 + E_2)/RT} = A_1/A_2 \cdot e^{\Delta E/RT} = 0,01 \text{ (2 балла)}$$

$$(A_2/A_1) = k_2/k_1 \cdot e^{\Delta E/RT} = 1/K \cdot e^{\Delta E/RT} = 100 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 1,73 \text{ (2 балла)}$$

$$k_2/k_1 = 1,73 \cdot e^{(21000/8,314 \cdot 623)} = 270 \text{ (2 балла)}$$

Ответ: в 270 раз.

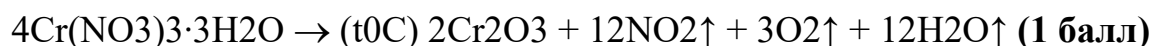
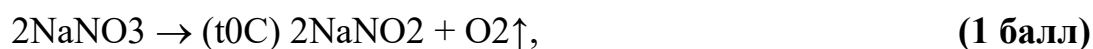
Общее количество баллов – 9.

ЗАДАНИЕ 5

Смесь NaNO_3 и $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ массой 9,24 г прокалили при 400°C . К твердому остатку после прокаливания добавили воду, при этом образовались бесцветный раствор **A** и темно-зеленый осадок **B**. Определите состав и массу осадка **B**, если при взаимодействии раствора **A** с подкисленным серной кислотой раствором иодида натрия выделилось 0,976 л (при 25°C и 1 атм) бесцветного газа, быстро буреющего на воздухе. Напишите уравнения реакций при прокаливании смеси, реакцию выделения и окисления газа, определите вещества **A** и **B**, назовите все вещества, образующиеся в результате действий, указанных в задании.

РЕШЕНИЕ:

При прокаливании смеси нитратов протекают реакции разложения:



Твёрдый остаток после прокаливания – смесь NaNO_2 и Cr_2O_3 , при добавлении воды нитрит натрия растворяется.

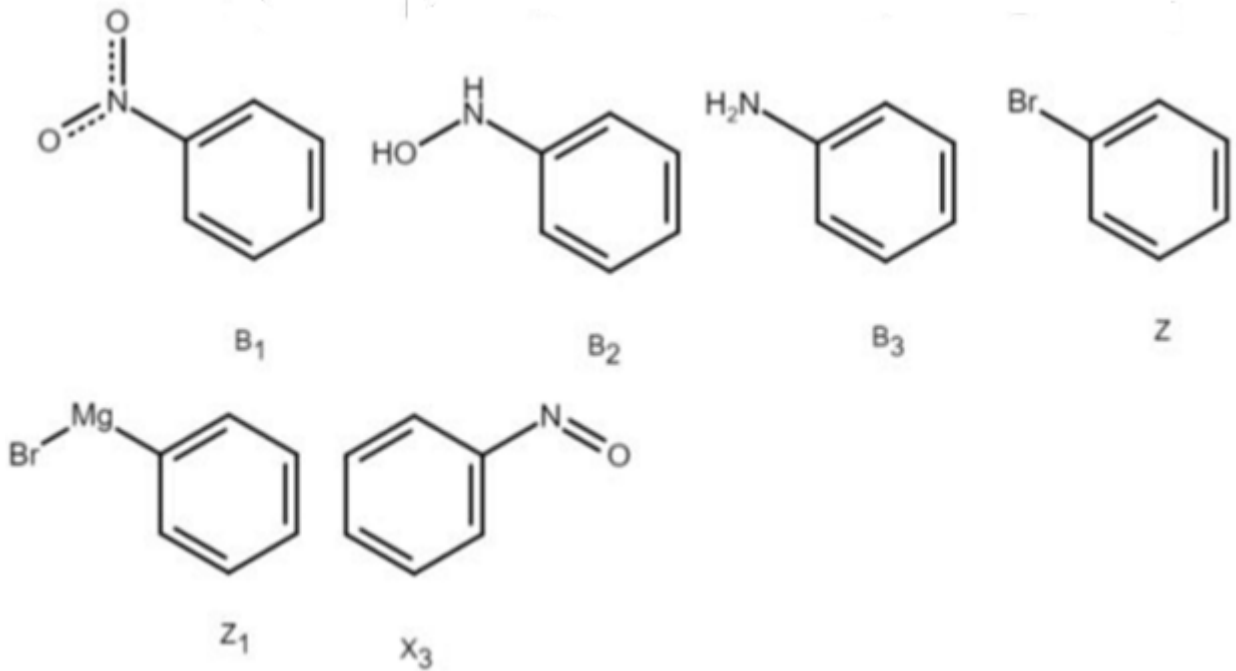
Таким образом, **A** – это раствор NaNO_2 (0,5 балла)

a тёмно – зелёный осадок **B** – Cr_2O_3
(0,5 балла)

Бесцветный газ, буреющий на воздухе, - это NO , выделяющийся в реакции:

РЕШЕНИЕ:

NaSn(OH) ₃	HgBr ₂	HgO	(Phe)(OAc)Hg	BrNo	Hg(Phe) ₂	SnO
Y ₁	D ₁	D ₂	X ₁	A	X ₂	П1



За нахождение вещества А – 1 балл

За все остальные по 2 балла = 12*2=24 балла

Общее количество баллов – 25 баллов.