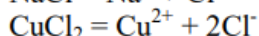
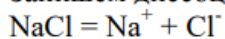


7. Через 200 мл водного раствора смеси хлорида меди (II) и хлорида натрия пропускали электрический ток (использовались графитовые электроды) силой тока 3.35 А в течение четырех часов. Масса катода увеличилась на 3.2 г. Плотность газов, выделившихся на аноде, составила 1.025 по диоксиду азота. Определите молярные концентрации солей в исходном растворе. Рассчитайте объём газов, выделившихся в процессе электролиза. Напишите уравнения катодного и анодного процессов (полуреакции).

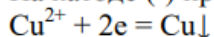
Примечание: количество электронов, прошедших через раствор, можно рассчитать по формуле: $n = \frac{I \cdot t}{F}$, где I – сила тока (А), t – время пропускания тока (с), F – постоянная Фарадея $F = 96500$ Кл/моль. Выход по току принимать равным 100%.

№ 7

Запишем диссоциацию солей:



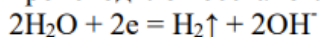
На катоде (-) происходит восстановление ионов меди(II):



Масса катода увеличивается за счёт образования металлической меди, масса которой составляет 3,2 г. Количество вещества меди $n(\text{Cu}) = 3,2 \text{ г} : 64 \text{ г/моль} = 0.05$ моль. На восстановление меди потребовалось $2 \cdot 0.05 = 0.1$ моль электронов. Всего через раствор пропустили $(3,35 \text{ А} \cdot 4 \cdot 3600 \text{ сек}) / (96500 \text{ Кл/моль}) = 0.5$ моль электронов. Следовательно, все ионы меди(II) восстановились до металлической меди. Отсюда $n(\text{CuCl}_2) = n(\text{Cu}) = 0.05$ моль:

$$\text{C}(\text{CuCl}_2) = 0.05 \text{ моль} / 0.2 \text{ л} = 0.25 \text{ моль/л}$$

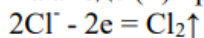
После того, как все ионы меди(II) восстановились до металлической меди, на катоде происходило восстановление воды, где участвовало $0.5 - 0.1 = 0.4$ моль электронов



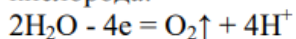
На катоде образовалось $0.4/2 = 0.2$ моль H_2

$$V(\text{H}_2)_{\text{н.у.}} = 0.2 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 4.48 \text{ л}$$

На аноде (+) происходит окисление хлорид – ионов:



Если на аноде выделяется только хлор, то его плотность по NO_2 составляет $d(\text{Cl}_2)_{\text{NO}_2} = 71 \text{ г/моль} : 46 \text{ г/моль} = 1.54$, что значительно больше плотности выделившиеся на аноде газов. Следовательно, на аноде происходит также реакция с образованием более легкого кислорода:



Это означает, что количество электронов, прошедших через раствор больше, чем требуется для окисления хлорид ионов. Молярная масса смеси газов, выделившиеся на аноде, составляет $M(\text{смеси}) = 1.025 \cdot 46 \text{ г/моль} = 47.15 \text{ г/моль}$. Рассчитаем мольные доли кислорода $X(\text{O}_2)$ и хлора $X(\text{Cl}_2)$ в смеси. Возьмем 1 моль смеси.

$$X(\text{O}_2) \cdot 32 + X(\text{Cl}_2) \cdot 71 = 47.15$$

$$X(\text{O}_2) \cdot 32 + (1 - X(\text{O}_2)) \cdot 71 = 47.15$$

$$X(\text{O}_2) = 0.61$$

$$X(\text{Cl}_2) = 1 - 0.61 = 0.39$$

Всего через раствор пропустили 0.5 моль электронов. Для образования 1 моля хлора требуется 2 моль электронов, а для образования 1 моля кислорода требуется 4 моль электронов. Пусть x моль электронов пошло на окисление хлорид-ионов. Тогда на окисление воды пошло $0.5 - x$ моль электронов. Хлора выделилось $n(\text{Cl}_2) = x/2 = 0.5x$ моль. Кислорода выделилось $n(\text{O}_2) = (0.5 - x)/4 = (0.125 - 0.25x)$ моль. Количества веществ также относятся друг другу как мольные доли:

$$n(\text{Cl}_2) : n(\text{O}_2) = X(\text{Cl}_2) : X(\text{O}_2)$$

$$0.5x : (0.125 - 0.25x) = 0.39 : 0.61, \text{ откуда } x = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{Cl}_2) = 0.12/2 = 0.06 \text{ моль}$$

$$V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} = 0.06 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 1.34 \text{ л}$$

$$n(\text{O}_2) = 0.125 - 0.25 \cdot 0.12 = 0.095 \text{ моль}$$

$$V(\text{O}_2)_{\text{н.у.}} = 0.095 \text{ моль} \cdot 22.4 \text{ л/моль} = 2.13 \text{ л}$$

$$n(\text{Cl}^-) = x = 0.12 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaCl}) = n(\text{Cl}^-) - n(\text{CuCl}_2) \cdot 2 = 0.12 - 0.05 \cdot 2 = 0.02 \text{ моль}$$

$$C(\text{NaCl}) = 0.02 \text{ моль} / 0.2 \text{ л} = 0.1 \text{ моль/л}$$

Объём газов, образовавшийся на катоде и аноде составляет:

$$V_{\text{общ}} = V(\text{H}_2)_{\text{н.у.}} + V(\text{Cl}_2)_{\text{н.у.}} + V(\text{O}_2)_{\text{н.у.}} = 4.48 \text{ л} + 1.34 \text{ л} + 2.13 \text{ л} = 7.95 \text{ л}$$

Рекомендации к оцениванию:

1.	Уравнения (полуреакции) катодных и анодных процессов (4 полуреакции) по 1 баллу	4 балла
2.	Расчёт исходной концентрации хлорида меди(II) – 1 балл Расчёт исходной концентрации хлорида натрия – 3 балла	4 балла
3.	Расчёт объёма газов, образовавшихся на катоде и аноде – 2 балла	2 балла
ИТОГО:		10 баллов