



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Решение задачи 7. Как очистить воду от солей?

1. Хлориды щелочных и щелочно-земельных элементов – сильные электролиты. В растворе они присутствуют в виде гидратированных ионов.

Многие участники писали просто: «Ионы». Это тоже правильный ответ. За него ставился 1 балл. Если в ответе дополнительно говорилось о «гидратной оболочке ионов» или об «оболочке из молекул воды», то к оценке добавлялся 1 призовой балл. Гидратная оболочка играет в этой задаче важную роль.

2. Графит гидрофобен, оксид графита гидрофилен. Вода не сможет войти в поры графита. Графит не сорбирует воду, а оксид графита сорбирует. Правильный ответ дает 2 балла.
3. Для того, чтобы фильтровать воду, толщина пор должна быть сопоставима с диаметрами гидратированных ионов. Это – 5-10 ангстрем. Такой ответ оценивался в 2 балла. Некоторые указывали только характерный размер молекулы воды ~2,8 А. Это 1 балл.
4. При толщине пор 6.5 А ионы через мембрану практически не проходят. При толщине 10.5 А сквозь мембрану проходят практически все ионы K⁺.

Зависимость, представленная на рис. 2, – экспоненциальная. Ее можно выразить формулой

$$c(d) = e^d \quad (1)$$

Проверить формулу (1) легче всего построив зависимость $\ln c = f(d)$ и убедившись, что она линейна. Если участник в качестве ответа приводил формулу (1), он получал 2 балла. В формуле (1), однако, непонятно, какую размерность имеет правая часть и как возводить экспоненту в степень "d", если "d" – размерная величина. Более грамотная запись имеет вид

$$c(d) = c_0 e^{\frac{(d-10,5)}{d_0}} \quad (2)$$

где 10.5 А – толщина пор, при которых фильтрация исчезает, c_0 – концентрация в исходном растворе, $d_0 = 1$ А. Теперь размерность правой и левой части – одинаковая. При $d = 10,5$ А экспонента равна единице, а концентрация в отфильтрованном растворе совпадает с концентрацией в исходном растворе. За формулу (2) можно было получить 3 балла.

5. Из рисунка 2 понятно, что мембрана не пропускает часть ионов. Чем меньше диаметр пор, тем меньше ионов проходит сквозь мембрану. Почему? Многие решили, что положительно заряженные ионы просто «цепляются» за кислородосодержащие группы на поверхности оксида графита и не проходят насквозь. Но в этом случае оксид графита не годится для изготовления мембран. Поры быстро забьются и не будут пропускать даже чистую воду. На самом деле, ионы не застревают, а не могут в пору войти!

В растворе ионы окружены гидратной оболочкой разной толщины. Размер иона K^+ с максимальной гидратной оболочкой равен $\sim 10.5 \text{ \AA}$ с минимальной – около 6 \AA . Поры с $d < 6 \text{ \AA}$ должны очистить воду полностью. Если верить данным, приведенным на рис. 2, то концентрация гидратированных ионов размером меньше $d \sim 10.5 \text{ \AA}$ падает пропорционально e^{-d} . Правильный ответ оценивался в 2 балла.