

Закон эквивалентов

Закон эквивалентов определяется следующим образом: химические элементы всегда взаимодействуют между собой в определенных весовых отношениях, соответствующих их эквивалентам. И установлено, что один эквивалент одного вещества соединяется с одним эквивалентом другого вещества и, в общем случае: n эквивалентов одного вещества взаимодействует с n эквивалентов другого вещества.

Следствие из закона эквивалентов: объемы реагирующих веществ с различными нормальностями обратно пропорциональны их концентрациям. Данное следствие закона эквивалентов является **основой объемного химического анализа**. Можно записать:

$$V_1 / V_2 = N_x / N_1, \text{ отсюда } N_x = (V_1 \times N_1) / V_2$$

V_1 - объем раствора (определяется исследователем) с известной нормальностью N_1 , пошедший на титрование (например, наиболее широко применяемым в аналитической химии комплексообразователь, взаимодействующий с катионами металлов - Трилон Б);

V_2 - объем анализируемого раствора, взятый на анализ (задаётся исследователем);

N_x - искомая нормальность (концентрация) исследуемого раствора, которую необходимо определить.

Закон эквивалентов

- **Задача №11.** На титрование 100 мл исследуемой воды, (т.е. $V_2 = 100$ мл) израсходовано 20 мл (т.е. $V_1 = 20$ мл) раствора HCl с нормальностью $N_1 = 0,1$ н.
- Требуется определить щелочность воды ($Щ = n_{\text{HCO}_3^-}$) в мг-экв/л и концентрацию бикарбонатных ионов ($C_{\text{HCO}_3^-}$), в мг/л
- **Решение :** Как указывалось ранее, **щелочность** природной воды обусловлена теми анионами природной воды (в нейтральной среде это, в основном, бикарбонатный ионы HCO_3^-), которые способны связывать катионы водорода сильной кислоты (H^+) и переходить в молекулярные соединения. В нашем случае, катионы водорода появляются в исследуемой пробе природной воды благодаря её титрованию соляной кислотой HCl (со степенью диссоциации 100%) в соответствии со следующим уравнением:
 - $$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
 - CO_2 и H_2O – это молекулярные соединения, при образовании которых в процессе титрования, связывается ион водорода. Расходование соляной кислоты свидетельствует о том, что природная вода обладает **щелочностью**.

Закон эквивалентов

- **Задача №11** (продолжение).
- Величину щелочности (мг-экв/л) будем определять по ранее приведенной формуле:
- $$\text{Щ} = N_x = n_{\text{HCO}_3} = (V_1 \times N_1) / V_2 = [20 \text{ (мл)} \times 0,1 \times 1000 \text{ (мг-экв/л)}] / 100 \text{ мл} = 20 \text{ мг-экв/л.}$$
- Для определения концентрации HCO_3^- (мг/л) воспользуемся ранее рассмотренной формулой:
- $$C_{\text{HCO}_3} = n_{\text{HCO}_3} \times \text{Э}_{\text{HCO}_3} = 20 \text{ (мг-экв/л)} \times 61 \text{ (мг/мг-экв)} = 1220 \text{ мг/л.}$$
- Величина щёлочности играет очень важную роль при проведении процесса коагуляции.

Влияние щелочности воды на процесс коагуляции

- При осуществлении процесса коагуляции, например, сернокислым алюминием, для поддержания оптимального значения pH коагуляции, находящегося в пределах от 5,5 до 8,0, необходима достаточная величина щелочности. При низкой величине щелочности воду необходимо подщелачивать известковым молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$, либо содой Na_2CO_3 в соответствии с формулой:
- $D_{\text{щ}} = \text{Э}_{\text{щ}} \times (D_{\text{к}} / e_{\text{к}} - \text{Щ}_{\text{исх}}) + 1$, где
- $D_{\text{щ}}$ – доза подщелачивающего реагента, мг/л
- $\text{Э}_{\text{щ}}$ – эквивалент подщелачивающего реагента, мг-экв/л
- $D_{\text{к}}$ – максимальная доза применяемого безводного коагулянта, мг/л
- $\text{Щ}_{\text{исх}}$ – минимальная щелочность очищаемой воды, мг-экв/л
- В случае, если доза щелочи, вычисленная по этой формуле, будет больше нуля, то необходимо подщелачивание воды, если меньше нуля, то подщелачивать не следует, так как природной щелочности в последнем случае достаточно для эффективного проведения процесса коагуляции.

Влияние щелочности воды на процесс коагуляции

- **Задача №12.** Коагуляцию природной воды проводят $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Минимальная щелочность природной воды составляет 0,58 мг-экв/л. Максимальная доза безводного коагулянта $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ составляет 20 мг/л. В качестве подщелачивающего реагента применяют известковое молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При какой дозе коагулянта и величине щелочности (эти данные принимаются самостоятельно) не будет требоваться подщелачивание и при какой дозе коагулянта и величине щелочности возникнет необходимость подщелачивания.
- В качестве коагулянтов так же могут быть применены хлорное железо (FeCl_3) и сульфат трехвалентного железа $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Для подщелачивания применяют и соду (Na_2CO_3).

Влияние щелочности воды на процесс коагуляции

- **Решение задачи №12:** Дозу щелочи будем определять по раннее приведенной формуле:
- $D_{щ} = Э_{щ} \times (D_k / e_k - Щ^{мин}_{исх}) + 1$, мг/л
- Эквивалент щелочи в пересчете на CaO составляет $Э_{CaO} = (40+16)/2=28$ мг/мг-экв;
- $e_{Al_2(SO_4)_3} = 57$ мг/мг-экв
- $D_{CaO} = 28 \times (20/57 - 0,58) + 1 = 28 \times (0,35 - 0,58) + 1 = 28 \times (-0,23) + 1 = -6,44 + 1 = -5,44$ мг/л
- Подщелачивание не требуется, поскольку D_{CaO} меньше нуля.
- Рассмотреть параметры процесса коагуляции (D_k) и качество воды ($Щ_{мин}$),
- когда требуется подщелачивание. В этом случае в выше приведенной формуле в круглой скобке должен поменяться знак с - на + или,

Влияние щелочности воды на процесс коагуляции

- **Решение задачи №12** (продолжение): если предположить, что выражение в круглой скобке будет равным нулю, то можно записать:
- $D_k / e_k - \text{Щ}_{\text{исх}}^{\text{мин}} = 0$, или $D_k / e_k = \text{Щ}_{\text{исх}}^{\text{мин}}$, отсюда искомая минимальная доза коагулянта, при которой потребуется подщелачивание:
- $D_k = \text{Щ}_{\text{исх}}^{\text{мин}} \times e_k \cdot [\text{мг-экв/л} \times \text{мг/мг-экв}] = \text{мг/л}$
- При еще больших дозах коагулянта, так же потребуется подщелачивание.
-