



Вопросы, задания, задачи

1. Почему соли проводят электрический ток после плавления?
2. Чем отличается электрический ток в металлах от электрического тока в растворах или расплавах электролитов?
3. Составьте уравнения диссоциации следующих веществ: KHCO_3 , HClO_4 , $\text{Sr}(\text{OH})_2$, LiOH , KHSO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, HNO_2 .
4. Почему электролитическая диссоциация в растворах протекает самопроизвольно?
5. Сопоставьте окислительную и восстановительную способности: а) атома алюминия и иона Al^{3+} ; б) атома железа и иона Fe^{2+} ; в) атома серы и сульфид-иона; г) атома серы S^0 и атома серы в составе кислотного остатка SO_4^{2-} .
6. Почему для анионов большинства многоосновных кислот, например H_2PO_4^- , HS^- , HCO_3^- , HSO_3^- , диссоциация по второй ступени протекает слабее, чем по первой? Как изменится степень диссоциации при добавлении ионов водорода в растворы этих кислот?
7. В водном растворе содержится фтороводород количеством 50 моль. Чему равно суммарное число ионов, образовавшихся при его диссоциации, если $\alpha(\text{HF}) = 9\%$?
8. Определите суммарное количество катионов и анионов соли в растворе, содержащем сульфат натрия массой 2,84 г.
9. Чему равна молярная концентрация катионов H^+ в водном растворе уксусной кислоты объёмом 4 дм^3 , если степень диссоциации кислоты равна 2,6 %, а масса кислоты — 6 г?
10. В растворе объёмом 2,5 дм^3 масса $\text{Ba}(\text{OH})_2$ равна 14 г. Вычислите молярную концентрацию ионов OH^- в данном растворе.

§ 26. Понятие о водородном показателе (pH) раствора

Вода является слабым электролитом и только в небольшой степени диссоциирует на ионы H^+ и OH^- :



При 25 °С степень диссоциации α воды равна примерно $2 \cdot 10^{-9}$. Это означает, что из миллиарда молекул воды только две молекулы находятся в виде ионов H^+ и OH^- .

Концентрация ионов водорода $c(\text{H}^+)$ равна 10^{-7} моль/ дм^3 . Такова же концентрация гидроксильных групп $c(\text{OH}^-)$.

Произведение концентраций ионов H^+ и OH^- в воде и водных растворах является величиной постоянной при определённой температуре. Так, при 25 °С:

$$c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ (моль/дм}^3\text{)}^2.$$

Растворы, в которых концентрация катионов водорода равна концентрации гидроксид-анионов, называют нейтральными. Если концентрация катионов водорода в растворе больше концентрации гидроксид-анионов, то есть $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$, то среда раствора кислая. Если же в растворе преобладают гидроксид-анионы, то есть $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$, то среда раствора щелочная.

Количественно кислотность и связанную с ней основность (щёлочность) среды растворов выражают с помощью *водородного показателя рН* (читается «пэ-аш»). **Водородный показатель** представляет собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода в растворе, взятый со знаком «минус»:

$$\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+).$$



Водородный показатель рН — это мера концентрации в растворе катионов водорода H^+ , количественно выражающая кислотность раствора.

Водородный показатель является безразмерной величиной.

Например, при молярной концентрации катионов H^+ $c(\text{H}^+) = 10^{-5}$ моль/дм³ рН равен 5, а при $c(\text{H}^+) = 10^{-3}$ моль/дм³ рН равен 3.

Пример 1. Определите рН раствора серной кислоты, молярная концентрация которой равна 0,005 моль/дм³.

Дано:

$$c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,005 \text{ моль/дм}^3$$

рН — ?

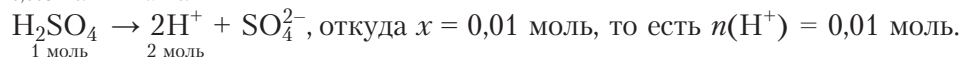
Решение

$$\text{Пусть } V(\text{р-ра}) = 1 \text{ дм}^3.$$

$$\text{Тогда } n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,005 \text{ моль/дм}^3 \cdot 1 \text{ дм}^3 = 0,005 \text{ моль.}$$

Определим количество ионов водорода по уравнению диссоциации кислоты:

$$0,005 \text{ моль} \quad x \text{ моль}$$



Молярная концентрация ионов водорода равна:

$$c = \frac{n}{V}; c(\text{H}^+) = \frac{0,01 \text{ моль}}{1 \text{ дм}^3} = 0,01 \text{ моль/дм}^3 = 10^{-2} \text{ моль/дм}^3.$$

Рассчитаем водородный показатель: $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-2} = 2$.

Ответ: рН = 2.

Рассчитаем водородный показатель в щелочном растворе.

Пример 2. Определите рН раствора NaOH с молярной концентрацией 0,01 моль/дм³.

Дано:

$$c(\text{NaOH}) = 0,01 \text{ моль/дм}^3$$

рН — ?

Решение

Концентрация анионов OH^- в таком растворе равна 10^{-2} моль/дм³. Рассчитаем концентрацию ионов водорода, зная, что $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$ (моль/дм³)².

$c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = c(\text{H}^+) \cdot 10^{-2} \text{ моль/дм}^3 = 10^{-14} (\text{моль/дм}^3)^2$, откуда

$$c(\text{H}^+) = \frac{10^{-14} (\text{моль/дм}^3)^2}{10^{-2} \text{ моль/дм}^3} = 10^{-12} \text{ моль/дм}^3,$$

следовательно, $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-12} = 12$ (щелочная среда).

Ответ: $\text{pH} = 12$.

Обратите внимание на то, что и в щелочной среде катионы H^+ продолжают присутствовать в водном растворе.

Поскольку в воде при 20–25 °С концентрации ионов H^+ и OH^- одинаковы и равны $10^{-7} \text{ моль/дм}^3$, то для чистой воды $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-7} = 7$. Такое значение pH соответствует *нейтральной среде*. Значению $\text{pH} < 7$ соответствует большая кислотность раствора, а $\text{pH} > 7$ соответствует большая щёлочность раствора (рис. 59).



Рис. 59. Шкала значений pH среды в водном растворе



Итак, значение pH можно рассчитать, а также оценить с помощью отдельных индикаторов (лакмуса, фенолфталеина, метилоранжа), универсального индикатора со шкалой pH и приборов — pH -метров (рис. 59, 60).



Рис. 60. pH -метры

Измерение рН необходимо в медицине, сельском хозяйстве, науке, на производстве. В организме здорового человека рН крови составляет 7,4, желудочного сока — 1,7, слюны — 6,9, слёз — 7,3–7,5. При консервировании добавление уксусной кислоты в маринад до $\text{pH} < 4,5$ подавляет деятельность большинства бактерий. С аналогичной целью в состав прохладительных напитков вводят лимонную кислоту для понижения значения рН до 3. Для нормального развития растений чаще всего необходимо уменьшать повышенную кислотность почв известкованием с помощью мела CaCO_3 , доломитовой муки $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ или некоторых удобрений до $\text{pH} = 6,0\text{--}6,5$ (табл. 16).

Таблица 16. Классификация диапазонов рН почвы

Кислотность почвы	Диапазон рН
Кислая	3,5–6,0
Нейтральная и близкая к нейтральной	6,1–7,8
Щелочная	7,9–9,0 и выше



Водородный показатель рН — это мера концентрации катионов водорода H^+ в растворе. Рассчитывают водородный показатель по формуле $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$.

Вопросы, задания, задачи



1. Укажите кислотность среды (кислая, нейтральная, щелочная), а также соответствующую окраску универсального индикатора:

а) $\text{pH} = 14$; б) $\text{pH} = 4$; в) $\text{pH} = 6$; г) $\text{pH} = 9$.

2. Больше или меньше семи будет рН раствора после сливания равных объёмов растворов гидроксида калия и серной кислоты, имеющих молярную концентрацию $0,1 \text{ моль/дм}^3$?

3. Составьте уравнения диссоциации веществ, в растворах которых лакмус приобретает красную окраску: LiOH , HCOOH , HNO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, HCl , H_2SO_4 .

4. Даны растворы соединений: NaOH , HCl , NaCl , KOH , HNO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NH_3 , CO_2 , SO_2 , CH_3COOH , HNO_2 , HF . При условии одинаковой молярной концентрации какие из растворов имеют нейтральную среду, $\text{pH} > 7$, $\text{pH} < 7$?

5. Рассчитайте значение рН в растворе: а) бромоводородной кислоты с молярной концентрацией $0,0001 \text{ моль/дм}^3$; б) серной кислоты с молярной концентрацией $0,05 \text{ моль/дм}^3$.

6. Определите pH раствора KOH с молярной концентрацией $0,001 \text{ моль/дм}^3$.
7. Исходя из значения произведения $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ (моль/дм}^3)^2$ при 25°C , найдите значение молярной концентрации $c(\text{OH}^-)$ при pH 2, 5, 8, 12 и 14. Как приготовить растворы с pH = 2 и pH = 14?
8. Чему равна молярная концентрация (моль/дм³) ионов водорода в растворе с pH = 4?
9. Какая среда будет в растворе, полученном при смешивании равных объёмов растворов, содержащих 3 моль гидроксида натрия и 2 моль серной кислоты?
10. В растворе азотистой кислоты число непродиссоциировавших молекул в 2,5 раза больше числа продиссоциировавших. Укажите степень диссоциации α (в процентах) и pH раствора, если исходная концентрация кислоты в нём была равна $0,0035 \text{ моль/дм}^3$.

Лабораторный опыт 3. Определение кислотного или основного характера раствора с помощью индикаторов

Реактивы: универсальный индикатор, дистиллированная вода, растворы HCl, H₂SO₄, Ca(OH)₂, NaOH.

Определите pH выданных растворов кислот, щелочей и дистиллированной воды. Для этого нанесите стеклянными палочками по капле каждого из исследуемых растворов на полоску универсального индикатора. Окраску сравните со специальной шкалой pH.

Сделайте вывод о кислотно-основном характере каждого из растворов.

§ 27. Химические свойства кислот, оснований, солей в свете теории электролитической диссоциации

Теория электролитической диссоциации даёт единый подход к пониманию процессов, протекающих в растворах с участием электролитов — кислот, оснований, солей. Этот подход основан на том факте, что после растворения электролитов в воде получается раствор, содержащий катионы и анионы. Именно они принимают участие в химических реакциях.

Химические реакции в растворах электролитов — это реакции с участием ионов, образующихся в результате диссоциации электролитов.

Реакции между ионами в растворах без изменения степеней окисления атомов называют *реакциями ионного обмена*.