



### Пытанні, заданні, задачы

1. Чаму солі праводзяць электрычны ток пасля плаўлення?
2. Чым адрозніваецца электрычны ток у металах ад электрычнага току ў растворах або расплавах электралітаў?
3. Складзіце ўраўненні дысацыяцыі наступных рэчываў:  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{KHSO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{HNO}_2$ .
4. Чаму электралітычная дысацыяцыя ў растворах працякае самаадвольна?
5. Супастаўце акісляльную і аднаўленчую здольнасці: а) атама алюмінію і іона  $\text{Al}^{3+}$ ; б) атама жалеза і іона  $\text{Fe}^{2+}$ ; в) атама серы і сульфід-іона; г) атама серы  $\text{S}^0$  і атама серы ў саставе кіслотнага астатку  $\text{SO}_4^{2-}$ .
6. Чаму для аніёнаў большасці многаасноўных кіслот, напрыклад  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HS}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{HSO}_3^-$ , дысацыяцыя па другой ступені працякае слабей, чым па першай? Як зменіцца ступень дысацыяцыі пры дабаўленні іонаў вадароду ў растворы гэтых кіслот?
7. У водным раствору ўтрымліваецца фторавадарод колькасцю 50 моль. Чаму роўная сумарная колькасць іонаў, якія ўтварыліся пры яго дысацыяцыі, калі  $\alpha(\text{HF}) = 9\%$ ?
8. Вызначце сумарную колькасць катыёнаў і аніёнаў солі ў растворы, які ўтрымлівае сульфат натрыю масай 2,84 г.
9. Чаму роўная малярная канцэнтрацыя катыёнаў  $\text{H}^+$  у водным раствору воцатнай кіслата аб'ёмам 4  $\text{дм}^3$ , калі ступень дысацыяцыі кіслата роўная 2,6 %, а маса кіслата — 6 г?
10. У раствору аб'ёмам 2,5  $\text{дм}^3$  маса  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  роўная 14 г. Вылічыце малярную канцэнтрацыю іонаў  $\text{OH}^-$  у дадзеным раствору.

## § 26. Паняцце аб вадародным паказчыку (рН) раствору

Вада з'яўляецца слабым электралітам і толькі ў невялікай ступені дысацыіруе на іоны  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ :



Пры 25 °С ступень дысацыяцыі  $\alpha$  вады роўная прыкладна  $2 \cdot 10^{-9}$ . Гэта азначае, што з мільярда малекул вады толькі дзве малекулы знаходзяцца ў выглядзе іонаў  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ .

Канцэнтрацыя іонаў вадароду  $c(\text{H}^+)$  роўная  $10^{-7}$  моль/ $\text{дм}^3$ . Такая ж канцэнтрацыя гідраксільных груп  $c(\text{OH}^-)$ .

Здабытак канцэнтрацый іонаў  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  у вадзе і водных растворах з'яўляецца велічынёй пастаяннай пры пэўнай тэмпературы. Так, пры 25 °С:

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

Растворы, у якіх канцэнтрацыя катыёнаў вадароду роўная канцэнтрацыі гідраксід-аніёнаў, называюць нейтральнымі. Калі канцэнтрацыя катыёнаў вадароду ў раствору большая за канцэнтрацыю гідраксід-аніёнаў, гэта значыць  $c(\text{H}^+) > c(\text{OH}^-)$ , то асяроддзе раствору кіслае. Калі ж у раствору пераважаюць гідраксід-аніёны, гэта значыць  $c(\text{OH}^-) > c(\text{H}^+)$ , то асяроддзе раствору шчолачнае.

Колькасна кіслотнасць і звязаную з ёй асноўнасць (шчолачнасць) асярод-  
дзя раствораў выражаюць з *дапамогай вадароднага паказчыка рН* (чытаецца  
«пэ-аш»). *Вадародны паказчык уяўляе сабой дзесятковы лагарыфм канцэнт-  
рацыі іонаў вадароду ў раствору, узяты са знакам «мінус»:*

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

Вадародны паказчык рН — гэта мера канцэнтрацыі ў раствору катыёнаў  
вадароду  $\text{H}^+$ , якая колькасна выражае кіслотнасць раствору.

Вадародны паказчык з'яўляецца безразмернай велічынёй.

Напрыклад, пры малярнай канцэнтрацыі катыёнаў  $\text{H}^+$   $c(\text{H}^+) = 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>  
рН роўны 5, а пры  $c(\text{H}^+) = 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> рН роўны 3.



**Прыклад 1.** Визначце рН раствору сернай кіслаты, малярная канцэн-  
трацыя якой роўная 0,005 моль/дм<sup>3</sup>.

*Дадзена:*

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

рН — ?

*Рашэнне*

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

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

Визначым колькасць іонаў вадароду па ўраўненні дысацыяцыі  
кіслаты:

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



Малярная канцэнтрацыя іонаў вадароду роўная:

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

Разлічым вадародны паказчык:  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-2} = 2.$

*Адказ:* рН = 2.

Разлічым вадародны паказчык у шчолачным раствору.

**Прыклад 2.** Визначце рН раствору NaOH с малярнай канцэнтрацыяй  
0,01 моль/дм<sup>3</sup>.

*Дадзена:*

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

рН — ?

*Рашэнне*

Канцэнтрацыя аніёнаў  $\text{OH}^-$  у такім  
раствору роўная  $10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup>. Разлічым  
канцэнтрацыю іонаў вадароду, ведаючы,  
што  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH})^- = 10^{-14}$  (моль/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup>.

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

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

значыць,  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-12} = 12$  (шчолачнае асяроддзе).

Адказ:  $\text{pH} = 12$ .

Звярніце ўвагу на тое, што і ў шчолачным асяроддзі катыёны  $\text{H}^+$  працягваюць прысутнічаць у водным раствору.

Паколькі ў вадзе пры 20–25 °С канцэнтрацыі іонаў  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  аднолькавыя і роўныя  $10^{-7}$  моль/дм<sup>3</sup>, то для чыстай вады  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+) = -\lg 10^{-7} = 7$ . Такое значэнне  $\text{pH}$  адпавядае нейтральному асяроддзю. Значэнню  $\text{pH} < 7$  адпавядае большая кіслотнасць раствору, а  $\text{pH} > 7$  адпавядае большая шчолачнасць раствору (мал. 59).



Мал. 59. Шкала значэнняў  $\text{pH}$  асяроддзя ў водным раствору

Такім чынам, значэнне  $\text{pH}$  можна разлічыць, а таксама ацаніць з дапамогай асобных індыкатараў (лакмусу, фенолфталеіну, метыларанжу), універсальнага індыкатара са шкалай  $\text{pH}$  і прыбораў –  $\text{pH}$ -метраў (мал. 59, 60).



Мал. 60.  $\text{pH}$ -метры

Вымярэнне pH неабходнае ў медыцыне, сельскай гаспадарцы, навуцы, на вытворчасці. У арганізме здаровага чалавека pH крыві складае 7,4, страўнікавага соку — 1,7, сліны — 6,9, слёз — 7,3–7,5. Пры кансерваванні дабаўленне воцатнай кіслаты ў марынад да  $\text{pH} < 4,5$  падаўляе дзейнасць большасці бактэрый. З аналагічнай мэтай у састаў прахаладжальных напояў уводзяць лімонную кіслату для паніжэння значэння pH да 3. Для нармальнага развіцця раслін часцей за ўсё неабходна памяншаць кіслотнасць глеб вапнаваннем з дапамогай мелу  $\text{CaCO}_3$ , даламітавай мукі  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  ці некаторых угнаенняў да  $\text{pH} = 6,0\text{--}6,5$  (табл. 16).

Табліца 16. Класіфікацыя дыяпазонаў pH глебы

Кіслотнасць глебы	Дыяпазон pH
Кіслая	3,5–6,0
Нейтральная і блізкая да нейтральнай	6,1–7,8
Шчолачная	7,9–9,0 і вышэй

**Вадародны паказчык pH** — гэта мера канцэнтрацыі катыёнаў вадароду  $\text{H}^+$  у раствору. Разлічваюць вадародны паказчык па формуле  $\text{pH} = -\lg c(\text{H}^+)$ .

### Пытанні, заданні, задачы

1. Пакажыце кіслотнасць асяроддзя (кіслае, нейтральнае, шчолачнае), а таксама адпаведную афарбоўку ўніверсальнага індыкатару:

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

2. Больш ці менш за сем будзе pH раствору пасля зліцця роўных аб'ёмаў раствораў гідраксиду калію і сернай кіслаты, якія маюць малярную канцэнтрацыю  $0,1$  моль/дм<sup>3</sup>?

3. Складзіце ўраўненні дысацыяцыі рэчываў, у растворах якіх лакмус набывае чырвоную афарбоўку:  $\text{LiOH}$ ,  $\text{HCOOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

4. Дадзены растворы злучэнняў:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{HF}$ . Пры ўмове аднолькавай малярнай канцэнтрацыі якія з раствораў маюць нейтральнае асяроддзе,  $\text{pH} > 7$ ,  $\text{pH} < 7$ ?

5. Разлічыце значэнне pH у растворах: а) бромавадароднай кіслаты з малярнай канцэнтрацыяй  $0,0001$  моль/дм<sup>3</sup>; б) сернай кіслаты з малярнай канцэнтрацыяй  $0,05$  моль/дм<sup>3</sup>.

6. Вызначце рН раствора КОН с малярнай канцэнтрацыяй  $0,001 \text{ моль/дм}^3$ .
7. Зыходзячы са значэння здабытку  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14} \text{ (моль/дм}^3)^2$  пры  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , знайдзіце значэнне малярнай канцэнтрацыі  $c(\text{OH}^-)$  пры рН 2, 5, 8, 12 і 14. Як прыгатаваць раствору з рН = 2 і рН = 14?
8. Чаму роўная малярная канцэнтрацыя (моль/дм<sup>3</sup>) іонаў вадароду ў раствору з рН = 4?
9. Якое асяроддзе будзе ў раствору, атрыманым пры змешванні роўных аб'ёмаў раствораў, што ўтрымліваюць 3 моль гідраксиду натрыю і 2 моль сернай кіслаты?
10. У раствору азотнай кіслаты лік малекул, якія не прадысацыіравалі, у 2,5 раза большы за лік малекул, якія прадысацыіравалі. Пакажыце ступень дысацыяцыі  $\alpha$  (у працэнтах) і рН раствору, калі зыходная канцэнтрацыя кіслаты ў ім была роўная  $0,0035 \text{ моль/дм}^3$ .

### *Лабараторны дослед 3. Вызначэнне кіслотнага або асноўнага характару раствору з дапамогай індыкатараў*

*Рэактывы:* універсальны індыкатар, дыстыляваная вада, раствору HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH.

Вызначце рН выдадзеных раствораў кіслот і шчолачаў, дыстыляванай вады. Для гэтага нанясіце шклянымі палачкамі па кроплі кожнага раствору, якія выкарыстоўваюцца, на палоску ўніверсальнага індыкатара. Афарбоўку параўнайце са спецыяльнай шкалай рН.

Зрабіце вывад аб кіслотна-асноўным характары кожнага з раствораў.

## **§ 27. Хімічныя ўласцівасці кіслот, асноў, солей у святле тэорыі электралітычнай дысацыяцыі**

Тэорыя электралітычнай дысацыяцыі дае адзіны падыход да разумення працэсаў, якія працякаюць у растворах з удзелам электралітаў — кіслот, асноў, солей. Гэты падыход заснаваны на тым факце, што пасля растварэння электралітаў у вадзе атрымліваецца раствор, які ўтрымлівае катыёны і аніёны. Менавіта яны прымаюць удзел у хімічных рэакцыях.

**Хімічныя рэакцыі ў растворах электралітаў** — гэта рэакцыі з удзелам іонаў, якія ўтвараюцца ў выніку дысацыяцыі электралітаў.

Рэакцыі паміж іонамі ў растворах без змянення ступеней акіслення атамаў называюць *рэакцыямі іоннага абмену*.