

6. Вызначце рН раствора КОН с малярнай канцэнтрацыяй  $0,001$  моль/дм<sup>3</sup>.
7. Зыходзячы са значэння здабытку  $c(\text{H}^+) \cdot c(\text{OH}^-) = 10^{-14}$  (моль/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup> пры  $25$  °С, 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 гідраксіду 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  $0,0035$  моль/дм<sup>3</sup>.

### *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 шкляннімі 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*.

### *Умовы неабарачальнага працякання рэакцый іоннага абмену ў растворах электралітаў*

Пры змешванні раствораў розных солей кальцыю з растворамі фтарыдаў розных металаў атрымліваецца адзін і той ж асадок — фтарыд кальцыю  $\text{CaF}_2\downarrow$ . Гэта адбываецца таму, што ва ўсіх выпадках іоны кальцыю  $\text{Ca}^{2+}$ , што знаходзяцца ў растворах, рэагуюць з іонамі фтору  $\text{F}^-$  з утварэннем цяжкарастваральнага рэчыва:

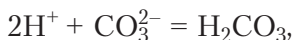


У сувязі з гэтым падумайце, чаму мінеральныя воды, багатыя на растваральныя солі кальцыю, амаль не ўтрымліваюць аніёнаў фтору.

Пры дзеянні салянай, сернай, азотнай кіслот на карбанаты кальцыю, натрыю і іншых металаў вылучаецца вуглякіслы газ:



Пры ўзаемадзеянні карбанат-іонаў  $\text{CO}_3^{2-}$  і іонаў вадароду  $\text{H}^+$  утвараецца слабая кіслата  $\text{H}_2\text{CO}_3$ :



якая раскладаецца на вуглякіслы газ і ваду. Рэакцыя працякае з інтэнсіўным вылучэннем  $\text{CO}_2$ , нягледзячы на вельмі нізкую растваральнасць  $\text{CaCO}_3$ . Ніякага ўзаемадзеяння не адбываецца, калі не вылучаецца газ, не выпадае асадок, не ўтвараецца маладысацыіраванае рэчыва. Напрыклад, калі змяшаць растворы сульфату натрыю  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  і нітрату калію  $\text{KNO}_3$ , то ў атрыманым растворы будуць знаходзіцца катыёны  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , аніёны  $\text{SO}_4^{2-}$  і  $\text{NO}_3^-$ .

Прыведзеныя прыклады дазваляюць зрабіць вывад, што *рэакцыі іоннага абмену працякаюць неабарачальна ў выпадку ўтварэння газападобных рэчываў, асадкаў цяжкарастваральных рэчываў або маладысацыіраваных злучэнняў — слабых электралітаў*.

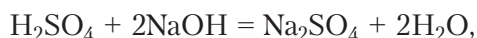
У адпаведнасці з прынцыпам Ле Шатэлье вылучэнне газу, утварэнне асадка выклікае выдаленне прадукту рэакцыі з рэакцыйнай сумесі раствора, што і забяспечвае поўнае працяканне рэакцыі.

Рэакцыі ў растворах апісваюць ураўненнямі ў трох формах: малекулярнай, поўнай іоннай і скарачонай іоннай. Ва ўсіх ураўненнях слабыя электраліты, газы і маларастваральныя рэчывы адлюстроўваюць малекулярнымі формуламі, напрыклад  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ , незалежна ад іх будовы (малекулярнай або немалекулярнай).



Утварэнне белага асадка  $\text{CaF}_2$  пры ўзаемадзеянні іонаў  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{F}^-$

Сутнасць працэсаў, якія працякаюць, найбольш выразна выяўляецца пры запісе ўраўненняў рэакцый электралітаў у іоннай форме. Для гэтага спачатку складаем ураўненне рэакцыі ў малекулярнай форме:



а потым — ураўненне ў поўнай іоннай форме, паказваючы моцныя электраліты ў выглядзе іонаў, якія ўтвараюць газападобныя і маладысацыіраваныя злучэнні, у дадзеным выпадку ваду, у выглядзе малекул:



а нерастваральныя злучэнні немалекулярнай будовы ў выглядзе формульных адзінак.

Для складання ўраўнення ў скарачанай іоннай форме выключаем з абедзвюх частак ураўнення іоны, якія *не ўдзельнічаюць у рэакцыі*:



Ураўненне рэакцыі ў скарачанай іоннай форме цалкам паказвае хімічную сутнасць таго ўзаемадзеяння, якое адбываецца.

Відавочна, што якую б шчолач і моцную кіслату мы ні ўзялі, узаемадзеянне паміж імі з утварэннем растваральнай солі будзе паказана такім жа ўраўненнем:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ . Ва ўсіх гэтых выпадках будзе працякаць адна і тая ж хімічная рэакцыя — *рэакцыя нейтралізацыі* з вылучэннем каля 57 кДж энергіі на адзін моль утворанай вады.

Ураўненні ў скарачанай іоннай форме не толькі адносяцца да адной *канкрэтнай рэакцыі* паміж пэўнымі рэчывамі, але і ахопліваюць *групу аналагічных рэакцый*. У гэтым іх асноўная каштоўнасць і абагульняючае значэнне.

Разгледзім хімічныя ўласцівасці кіслот, асноў і солей з пазіцыі тэорыі электралітычнай дысацыяцыі.



### *Агульныя хімічныя ўласцівасці кіслот*

**Кіслоты** — *гэта электраліты, пры дысацыяцыі якіх у якасці катыёнаў утвараюцца толькі катыёны вадароду.*

Прысутнасць кіслот у растворах вызначаюць з дапамогай індикатараў. Так, у кіслым асяроддзі ( $\text{pH} < 7$ ) лакмус і метыларанж маюць чырвоную афарбоўку (гл. мал. 59). Агульныя хімічныя ўласцівасці моцных кіслот абумоўлены рэакцыямі, у якія ўступаюць толькі катыёны вадароду  $\text{H}^+$ . Да іх адносяць утварэнне солей пры ўзаемадзеянні з металамі, асноўнымі і амфатэрнымі аксідамі, асновамі і солямі (табл. 17).

Табліца 17. Хімічныя ўласцівасці кіслот у святле тэоры электралітычнай дысацыяцыі

Рэагент	Ураўненне рэакцыі ў малекулярнай і поўнай іоннай формах	Ураўненне рэакцыі у скарачанай іоннай форме
1. Індыкатар	Як правіла, ураўненне дысацыяцыі: $\text{HBr} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Br}^-$	
2. Метал	$\text{Mg} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$ $\text{Mg}^0 + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = \text{Mg}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\uparrow$	$\text{Mg}^0 + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\uparrow$
3. Акід а) асноўны	$\text{MgO} + 2\text{HNO}_3 = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{MgO} + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = \text{Mg}^{2+} + 2\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{MgO} + 2\text{H}^+ = \text{Mg}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
б) амфатэрны	$\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- = \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{ZnO} + 2\text{H}^+ = \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$
4. Аснова а) шчолач	$\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^- = \text{Na}^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
б) нерастваральная аснова	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{Fe}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$	$2\text{H}^+ + \text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$
5. Соль	$2\text{HNO}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ $2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- + 2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} =$ $= 2\text{Na}^+ + 2\text{NO}_3^- + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	$2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Такім чынам, катыён вадароду  $\text{H}^+$  у растворах кіслот забяспечвае *працяканне асноўных рэакцый* гэтага класа злучэнняў. Вывад пацвярджаецца адсутнасцю аніёнаў кіслотных астаткаў у *скарачаных іонных ураўненнях усіх рэакцый іоннага абмену з удзелам іонаў вадароду*. Аніёны кіслотных астаткаў адказваюць толькі за *спецыфічныя ўласцівасці* канкрэтных кіслот: акісляльныя, аднаўленчыя, удзел у рэакцыях абмену з выпадзеннем нерастваральных солей гэтых аніёнаў і інш.

### *Агульныя хімічныя ўласцівасці асноў*

Сярод асноў добра растваральныя толькі шчолачы. Прысутнасць шчолачаў у растворах вызначаюць з дапамогай індыкатараў, пры гэтым  $\text{pH} > 7$ .

**Шчолачы** — гэта электраліты, пры дысацыяцыі якіх у якасці аніёнаў утвараюцца толькі гідраксід-іоны. Іх агульныя рэакцыі прыведзены ў табліцы 18.



Табліца 18. Хімічныя ўласцівасці шчолачаў у святле тэорыі электралітычнай дысацыяцыі

Рэагент	Ураўненне рэакцыі ў малекулярнай форме	Ураўненне рэакцыі ў скарачонай іоннай форме
1. Індыкатар	Як правіла, ураўненне дысацыяцыі: $\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$	
2. Кіслата	$2\text{HCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
3. Соль а) соль нерас- тваральнай у вадзе асновы	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaOH} = 2\text{NaNO}_3 + \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$
б) соль амонію	$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{KOH} = \text{KCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- = \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
в) кіслая соль	$\text{NaHCO}_3 + \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
4. Акід а) кіслотны акід	$\text{CO}_2 + \text{KOH} = \text{KHCO}_3$ $\text{CO}_2 + 2\text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2 + \text{OH}^- = \text{HCO}_3^-$ $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
б) амфатэрны акід	$\text{ZnO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	$\text{ZnO} + 2\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$
5. Амфатэрны гідракід	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$	$\text{Zn}(\text{OH})_2 + 2\text{OH}^- = [\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$



Такім чынам, аніёны  $\text{OH}^-$  у растворах шчолачаў забяспечваюць *працяканне асноўных рэакцый* гэтага класа злучэнняў. Гэты вывад пацвярджаецца адсутнасцю катыёнаў металаў у *скарачаных іонных ураўненнях усіх рэакцый іоннага абмену з удзелам шчолачаў*. Катыёны металаў адказваюць толькі за *спецыфічныя ўласцівасці* канкрэтных шчолачаў: растваральнасць, удзел у рэакцыях абмену з выпадзеннем нерастваральных солей гэтых катыёнаў і інш.

### *Агульныя хімічныя ўласцівасці солей*

Хімічныя ўласцівасці і рэакцыі солей у растворах абумоўлены галоўным чынам рэакцыямі іх іонаў. У выніку ўзаемадзеяння солей слабых кіслот з моцнымі кіслатамі ўтвараюцца слабыя кіслоты — працякае рэакцыя іоннага абмену, пры якой адбываецца выпячненне кіслаты з яе солі больш моцнай кіслатой.

Рэакцыі солей са шчолачамі прыводзяць да асаджэння нерастваральных у вадзе асноў, вылучэння аміяку з солей амонію і ўтварэння сярэдніх солей з кіслых солей.

У водных растворах солі ўступаюць у рэакцыю *іоннага абмену* з іншымі солямі, а таксама ў рэакцыі замяшчэння з больш актыўнымі металамі. Тыповыя рэакцыі з удзелам солей у растворах прыведзены ў табліцы 19.

Табліца 19. Хімічныя ўласцівасці солей у святле тэоры электралітычнай дысацыяцыі

Рэагент	Ураўненне рэакцыі ў малекулярнай форме	Ураўненне рэакцыі ў скарачанай іоннай форме
1. Кіслата	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
2. Шчолач	$\text{CuCl}_2 + 2\text{KOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{KCl}$	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow$
3. Соль	$\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{KCl}$	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4\downarrow$
4. Метал	$\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu}\downarrow$	$\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}\downarrow$

З пазіцыі тэоры электралітычнай дысацыяцыі хімічныя ўласцівасці раствораў солей абумоўлены рэакцыямі з удзелам катыёнаў металаў (або амонію) і аніёнаў кіслотных астаткаў.



Хімічныя ўласцівасці раствораў электралітаў (кіслот, асноў, солей) абумоўлены рэакцыямі іонаў, якія ўтвараюцца пры іх дысацыяцыі.

Рэакцыі іоннага абмену працякаюць неабарачальна ў выпадку ўтварэння газападобных рэчываў, асадкаў цяжкарастваральных рэчываў або маладысацыіраваных злучэнняў, — слабых электралітаў.

### Пытанні, заданні, задачы

1. Карыстаючыся табліцай растваральнасці, назавіце чатыры аніёны, якія ўтвараюць нерастваральныя солі з катыёнаў  $\text{Ca}^{2+}$ .

2. С якімі з пералічаных злучэнняў і простых рэчываў рэагуе разбаўленая серная кіслата:  $\text{HCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{LiOH}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ? Складзіце ўраўненні магчымых хімічных рэакцый у малекулярнай, поўнай і скарачанай іоннай формах.

3. Складзіце ў малекулярнай форме тры ўраўненні рэакцый нейтралізацыі, адпаведных ураўненням:  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ .

4. Складзіце ў малекулярнай і поўнай іоннай формах ураўненні хімічных рэакцый у адпаведнасці з ураўненнямі: а)  $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{CuS}\downarrow$ ; б)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$ ; в)  $\text{BaCO}_3 + 2\text{H}^+ = \text{Ba}^{2+} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ ; г)  $\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{HCO}_3^-$ .

5. Укажыце рэагенты і індыкатары, з дапамогай якіх можна адрозніць растворы  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : лакмус, метыларанж, фенолфталеін, універсальная індыкатарная папера,



$\text{CO}_2$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CuCl}_2$ ,  $\text{Fe}$  (апілки),  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{KF}$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Назавіце якасныя прыкметы рэакцый, напішыце іх ураўненні ў малекулярнай, поўнай і скарачанай іоннай формах.

6. Вызначце масу медзі, якую можна вылучыць з  $1 \text{ дм}^3$  раствора  $\text{CuCl}_2$  з канцэнтрацыяй  $0,07 \text{ моль/дм}^3$  жалезнымі апілкамі, узятымі ў лішку, калі такім чынам атрымліваюць 95 % металу.

7. Назавіце масу раствора з масавай доляй карбанату натрыю 8,48 %, неабходную для поўнага асаджэння катыёнаў  $\text{Ca}^{2+}$  з раствора масай 222 г, у якім масавая доля хларыду кальцыю складае 0,10.

8. Вылічыце масу пітной соды  $\text{NaHCO}_3$ , якая неабходна для нейтралізацыі 96,0%-най сернай кіслаты аб'ёмам  $1,00 \text{ дм}^3$  і  $\rho = 1,835 \text{ г/см}^3$ .

9. Да раствора ёдыду барыю  $\text{BaI}_2$  масай 391 г з масавай доляй солі, роўнай 40 %, дадалі 96%-ны раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  з  $\rho = 1,835 \text{ г/см}^3$  у колькасці, дастатковай для поўнага асаджэння барыю ў выглядзе  $\text{BaSO}_4$ . Разлічыце масу (г) і аб'ём ( $\text{см}^3$ ) дададзенага раствора сернай кіслаты.



10. Выкарыстоўваючы даныя задачы 9, разлічыце масу асадку  $\text{BaSO}_4$ , а таксама масу раствора ўтворанага ёвадароду і масавую долю  $\text{HI}$  у ім.

## *Практычная работа 2. Вывучэнне ўласцівасцей кіслот, асноў і солей у святле тэорыі электралітычнай дысацыяцыі*

### **I. Вывучэнне ўласцівасцей кіслот**

1. Вызначце рН выдадзенага раствора селянай кіслаты.

2. Даследуйце, з якімі з прапанаваных рэчываў будзе рэагаваць селяная кіслата: магній, медзь, гідраксід калію, карбанат натрыю, сульфат натрыю.

Успомніце, што пры правядзенні рэакцыі нейтралізацыі можна да шчолачы папярэдне дадаць індыкатар (фенолфталеін ці інш.), а потым — кіслату.

Адзначце якасныя прыкметы рэакцый, якія адбываюцца.

Зрабіце вывады пра ўласцівасці кіслот на прыкладзе селянай кіслаты.

### **II. Вывучэнне ўласцівасцей шчолачаў**

1. Вызначце рН выдадзенага раствора гідраксиду натрыю.

2. Даследуйце адносіны гідраксиду натрыю да кіслот і солей, напрыклад сернай кіслаты і хларыду жалеза(III).

Адзначце якасныя прыкметы рэакцый, якія адбываюцца.

Зрабіце вывады пра ўласцівасці шчолачаў на прыкладзе гідраксиду натрыю.

### **III. Вывучэнне ўласцівасцей солей**

Асадзіце катыёны металу і аніёны кіслотнага астатку, што змяшчаюцца ў растворы сульфату жалеза(II).

Зрабіце вывад пра ўласцівасці солей на прыкладзе сульфату жалеза(II).



§ 27.1 ў малекулярнай, поўнай іоннай і скарачанай іоннай формах.