



Пытанні і заданні

1. Пeralічыце прыметы, па якіх атам хімічнага элемента адрозніваецца ад адпаведнага яму іона.
2. Як называюцца і чым адрозніваюцца адзін ад аднаго часціцы, абазначаныя сімваламі: а) Cl , Cl^- , Cl_2 ; б) Na , Na^+ ; в) H , H^+ , H_2 ?
3. Складзіце электронныя формулы іонаў Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} , S^{2-} . Атамы якіх хімічных элементаў маюць такую ж электронную будову, як кожны з іонаў?
4. У водаправоднай вадзе выяўляюцца іоны: Na^+ , Ca^{2+} , Fe^{3+} , Cl^- , SO_4^{2-} . Напішыце формулы рэчываў, якія могуць знаходзіцца ў гэтай вадзе.
5. Якія з пералічаных іонаў — Ba^{2+} , Li^+ , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Pb^{2+} , PO_4^{3-} , F^- — з'яўляюцца катыёнамі, а якія — аніёнамі?
6. Прывядзіце прыклады солей, пры дысацыяцыі 1 моль якіх утвараецца: а) 2; б) 3; в) 5 моль іонаў.
7. У выніку дысацыяцыі ёдыду металу хімічнай колькасцю 1 моль утварылася 2 моль ёдыд-іонаў. Вызначыце зарад іона металу.
8. Вызначыце агульную колькасць электронаў у сульфат-іоне (SO_4^{2-}).

Рыхтуемса да алімпіяд

1. Разлічыце масу і хімічную колькасць катыёнаў жалеза, якія змяшчаюцца ў раствору сульфату жалеза(II) аб'ёмам $0,5 \text{ дм}^3$ з малярнай канцэнтрацыяй солі, роўнай $0,3 \text{ моль/дм}^3$.

2. Вызначыце, якім іонам адпавядаюць схемы будовы электронных абалонак $[2, 8, 8]^{2-}$, $[2, 8]^{2+}$, $[2, 8]^{3-}$, $[2, 8, 8]^-$, $[2, 8, 8]^+$. Складзіце формулы ўсіх рэчываў, якія могуць быць утвораны дадзенымі іонамі.

§ 10. Моцныя і слабыя электраліты

Ці ўсё электраліты дысацыруюць аднолькава? Кожнае рэчыва валодае пэўнымі ўласцівасцямі і, магчыма, працэс дысацыяцыі розных рэчываў працякае ў рознай ступені. Сапраўды, калі параўнаць электраправоднасць раствораў хлоравадароднай і вугальнай кіслот, то аказваецца, што пры іх аднолькавай малярнай канцэнтрацыі раствор хлоравадароду валодае большай электраправоднасцю. Значыць, у раствору хлоравадароднай кіслаты больш зараджаных часціц (іонаў), г. зн. малекулы HCl дысацыруюць лепш.

У залежнасці ад здольнасці да дысацыяцыі ўсе электраліты ўмоўна дзеляць на дзве групы — моцныя і слабыя. Да **моцных электралітаў** належаць рэчывы, якія пры растварэнні практычна цалкам дысацыруюць на іоны. Гэта амаль усе солі, шчолачы (**LiOH , KOH , NaOH** і інш.), кіслоты (**HCl , H_2SO_4 , HNO_3** і інш.), якія так і называюцца — *моцныя кіслоты*.

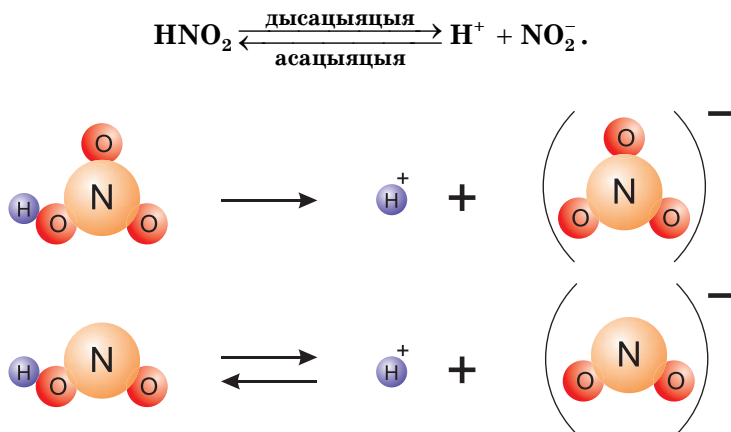
ты (мал. 23, уверсе). Дысацыяцыю такіх электралітаў запісваюць у выглядзе ўраўнення са стрэлкай у адным напрамку:



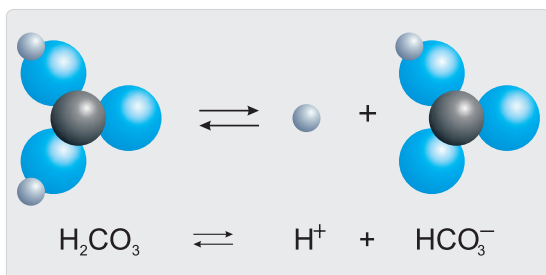
Пры растварэнні іоннага злучэння яго крышталічная структура разбураецца пад дзеяннем малекул вады, у выніку чаго ў растворы ўтвараюцца гідратаваныя іоны (гл. мал. 17). Таму ўсе растваральныя іонныя злучэнні ў растворах знаходзяцца ў выглядзе іонаў.

Рэчывы малекулярнай будовы з кавалентнай палярнай сувяззю таксама здольныя распадацца на іоны ў водных растворах (гл. мал. 18). Палярныя малекулы вады ўзмацняюць палярнасць малекулы электраліту, ператвараючы яе практычна ў іонную структуру з далейшым распадам на іоны. Дысацыяцыя палярных малекул можа быць поўнай або частковай у залежнасці ад ступені палярнасці сувязей у малекуле.

Да **слабых электралітаў** належаць рэчывы, якія пры растварэнні дысацыіруюць на іоны ў нязначнай ступені. Гэта, напрыклад, такія кіслоты, як H_2S , H_2CO_3 , HNO_2 (азоцістая кіслата), HF , H_3PO_4 , усе арганічныя кіслоты. У водных растворах яны дысацыіруюць абарачальна. Гэта азначае, што адначасова ў растворы ажыццяўляюцца два процілеглыя працэсы — распад малекул на іоны (*дысацыяцыя*) і аб'яднанне іонаў у малекулы (*асацыяцыя*). Таму ў растворах слабых электралітаў разам з іонамі змяшчаюцца недысацыіраваныя малекулы. Дысацыяцыю такіх электралітаў, напрыклад азоцістай кіслаты HNO_2 , адлюстроўваюць у выглядзе ўраўнення з двюма процілеглымі накіраванымі стрэлкамі (гл. мал. 23, унізе):



Мал. 23. Схема дысацыяцыі азотнай (уверсе) і азоцістай (унізе) кіслот



Мал. 24. Схема дысацыяцыі вугальнай кіслаты па першай ступені

Разбярком больш падрабязна працэс дысацыяцыі слабай двухасноўнай вугальнай кіслаты H_2CO_3 . Як і азоцістая кіслата, яна дысацыіруе не цалкам і абарачальна. Ад малекулы

H_2CO_3 іоны вадароду адшчапляюцца не адначасова, як у выпадку моцных кіслот, а паслядоўна, ці *ступеньчата*. На *першай ступені* дысацыяцыі ўтвараюцца катыёны вадароду і аніёны (мал. 24):



Аніёны HCO_3^- называюцца *гідракарбанат-іонамі*. Злучаючыся з іонамі H^+ , яны ператвараюцца ў недысацыіраваныя малекулы H_2CO_3 . Пры гэтым, як і ў выпадку азоцістай кіслаты, працэсы дысацыяцыі і асацыяцыі працякаюць адначасова, і ў растворы змяшчаюцца як іоны, так і недысацыіраваныя малекулы кіслаты.

На *другой ступені* гідракарбанат-іоны абарачальна дысацыіруюць з утварэннем катыёнаў вадароду і *карбанат-аніёнаў* (мал. 25):



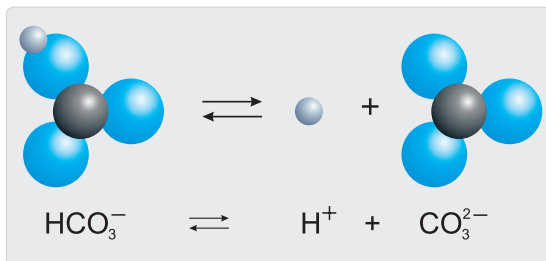
Як правіла, на другой ступені дысацыяцыя адбываецца значна слабей.

Акрамя слабых кіслот, да слабых электралітаў належаць таксама маларастваральныя асновы, напрыклад $\text{Cu}(\text{OH})_2$, раствор аміяку ў вадзе.

Чыстая вада з'яўляецца вельмі слабым электралітам і нязначна дысацыіруе на іоны вадароду і гідраксід-іоны:



Утрыманне іонаў H^+ і OH^- у вадзе надзвычай малое, таму дысацыяцыю вады мы звычайна не ўлічваем, а асяроддзе дыстыляванай вады з'яўляецца нейтральным.



З колькаснымі характарыстыкамі здольнасці рэчываў да дысацыяцыі вы пазнаёміцеся пры далейшым вывучэнні хіміі.

Мал. 25. Схема дысацыяцыі вугальнай кіслаты па другой ступені

Паводле здольнасці дысацыіраваць у водных растворах электраліты падзяляюцца на моцныя і слабыя.

Растваральныя рэчывы з іоннай і кавалентнай моцнапалярнай сувяззю належаць да моцных электралітаў.

Растваральныя рэчывы з кавалентнай малапалярнай сувяззю належаць да слабых электралітаў. У іх растворах разам з іонамі прысутнічаюць недысацыіраваныя малекулы.



Пытанні і заданні

1. Растлумачце, у чым заключаецца адрозненне слабых электралітаў ад моцных.
2. З пераліку формул — K_2SO_4 , $Cu(OH)_2$, $AgNO_3$, NaI , $Fe_2(SO_4)_3$, H_2CO_3 , H_2SO_4 , HI , HF — выберыце формулы моцных электралітаў. Назавіце гэтыя рэчывы і запішыце ўраўненні іх электралітычнай дысацыяцыі.
3. У раствору якой кіслаты — сернай ці серавадароднай — з аднолькавай малярнай канцэнтрацыяй лямпачка прыбора для вызначэння электраправоднасці вадкасцей будзе гарэць ярчэй? Чаму?
4. Працэс дысацыяцыі якіх электралітаў з'яўляецца абарачальным? Як вы гэта разумееце?
5. З пераліку формул — $Cu(NO_3)_2$, HNO_3 , H_2CO_3 , K_2SO_4 , H_2O , $NaOH$, H_2S , Cl_2 , $Al_2(SO_4)_3$, HNO_2 — выберыце формулы: а) моцных электралітаў; б) слабых электралітаў. Складзіце ўраўненні электралітычнай дысацыяцыі гэтых рэчываў.
6. Складзіце формулы солей, якія могуць знаходзіцца ў марской вадзе, калі ў ёй выяўляюцца наступныя іоны: Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Br^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- .
7. Формулы солей — $AlCl_3$, $NaCl$, $CaCl_2$ — размясціце ў шэраг па меры павелічэння колькасці іонаў, якія ўтвараюцца пры дысацыяцыі 1 моль кожнай солі.
8. У двюх колбах знаходзяцца растворы аднолькавага аб'ёму: у першай — раствор азотнай, а ў другой — раствор фторавадароднай кіслаты, канцэнтрацыі якіх таксама аднолькавыя. У якой з гэтых колб агульная колькасць іонаў нашмат большая?

Рыхтуемся да алімпіяд

Улічваючы, што трохасноўная фосфарная кіслата належыць да слабых электралітаў, складзіце ўраўненні пастадыйнай дысацыяцыі гэтай кіслаты. Паспрабуйце абгрунтаваць, на якой са стадыяў дысацыяцыя адбываецца ў найбольшай ступені.

§ 11. Электралітычная дысацыяцыя кіслот, аснаванняў і солей

Вы ўжо ведаеце, што хімічныя рэчывы падзяляюцца на класы — аксіды, кіслоты, асновы, солі. Як паводзяць сябе ў водных растворах рэчывы гэтых класаў?

Успомніце адносіны аксідаў да вады. Асноўныя аксіды актыўных металаў узаемадзейнічаюць з вадой з утварэннем шчолачаў. Кіслотныя аксіды ў выніку растварэння ў вадзе ўтвараюць кіслоты. Такім чынам, асноўныя і кіслотныя аксіды не з'яўляюцца электралітамі і пры кантакце з вадой не распадаюцца на іоны, а рэагуюць з ёй. Электралітамі з'яўляюцца кіслоты, шчолачы і солі.

Водныя растворы кіслот маюць некаторыя агульныя ўласцівасці. Для іх характэрныя *кіслы смак, здольнасць афарбоўваць лакмус у чырвоны колер, узаемадзейнічаць з некаторымі металамі з вылучэннем вадароду, а таксама з асноўнымі аксідамі і асновамі*. Менавіта гэтак жа некаторыя агульныя ўласцівасці маюць водныя растворы ўсіх шчолачаў: яны *мыльныя навобмацак, афарбоўваюць лакмус у сіні колер, здольныя рэагаваць з кіслотнымі аксідамі, кіслотамі*. Водныя растворы солей адной і той жа кіслаты або солей аднаго і таго ж металу таксама маюць агульнасць уласцівасцей. Асноўная прычына агульнасці ўласцівасцей раствораў такіх электралітаў вызначаецца аднатыпнасцю працэсаў іх дысацыяцыі.

Дысацыяцыя кіслот

Кіслоты дысацыіруюць у водных растворах на іоны вадароду H^+ і аніёны кіслотных астаткаў, напрыклад:



Як вы ўжо ведаеце, малекулы кіслот могуць змяшчаць розную колькасць атамаў вадароду. Лік атамаў вадароду ў малекуле кіслаты, здольны змяшчацца атамамі металу з утварэннем солі, вызначае асноўнасць кіслаты. Так, напрыклад, HCl і HNO_3 — аднаасноўныя, H_2SO_4 і H_2CO_3 — двухасноўныя, H_3PO_4 — трохасноўная кіслоты.

Шматасноўныя моцныя кіслоты дысацыіруюць ступеньчата. Аднак, паколькі пры гэтым атамы вадароду, ператвараючыся ў іоны, сыходзяць у раствор практычна адначасова, дысацыяцыю такіх кіслот запісваюць адным ураўненнем:



Дысацыяцыя шматасноўных слабых кіслот працякае больш складана, чым моцных. Напрыклад, слабыя двухасноўныя кіслоты часткова ды-

сацыіруюць толькі па першай ступені: $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HS}^-$. Дысацыяцыя па другой ступені ($\text{HS}^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{S}^{2-}$) практычна немагчымая. Таму ў водных растворах слабых кіслот разам з іонамі вадароду і аніёнамі кіслотнага астатку прысутнічаюць недысацыіраваныя малекулы. Уласцівасці такіх раствораў, напрыклад спецыфічны пах серавадароднай кіслаты H_2S , звязаны з наяўнасцю ў раствору малекул, якія могуць выпарацца з раствору.

Такім чынам, у растворах усіх кіслот змяшчаюцца іоны вадароду H^+ , якія і абумоўліваюць агульныя ўласцівасці водных раствораў кіслот: кіслы смак, здольнасць змяняць афарбоўку індыкатараў, узаемадзейнічаць з іншымі рэчывамі. *Растворы, якія змяшчаюць іоны вадароду, прынята называць кіслымі або гаварыць, што яны маюць кіслотны характар (кіслае асяроддзе).* Чым больш іонаў вадароду знаходзіцца ў раствору, тым вышэйшая кіслотнасць асяроддзя.

У газу хлоравадароду HCl , гэтак жа як і ў бязводнай сернай кіслаты, кіслотныя ўласцівасці адсутнічаюць. Гэтыя ўласцівасці выяўляюцца толькі ў водных растворах дадзеных рэчываў, бо ў працэсе іх дысацыяцыі ўтвараюцца іоны вадароду, якія і вызначаюць кіслотны характар раствораў. Такім чынам, можна даць такое азначэнне кіслот.



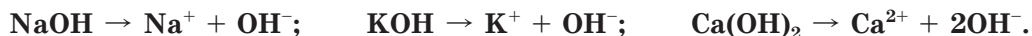
Кіслоты — гэта электраліты, пры дысацыяцыі якіх у водных растворах у якасці катыёнаў утвараюцца толькі іоны вадароду.



Першае азначэнне кіслот у хіміі было прапанавана Р. Бойлем (1627—1691). Кіслотамі ён называў рэчывы, якія рэагавалі з содай з вылучэннем газу і афарбоўвалі фіялетавыя кветкі фіялкі ў чырвоны колер. Пазней ён даследаваў адвары, спіртавыя выцяжкі, сокі іншых раслін і ўсталяваў, што шчолачы таксама мяняюць іх афарбоўку.

Дысацыяцыя асноў

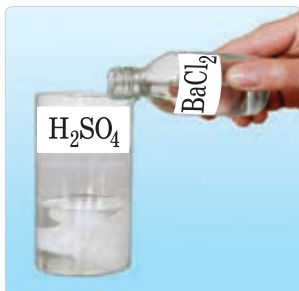
Растваральныя ў вадзе асновы называюцца **шчолачамі**. У выніку дысацыяцыі шчолачаў утвараюцца катыёны металаў і гідраксід-іоны:



Мыльнасць раствораў, здольнасць афарбоўваць індыкатары, іх едкае дзеянне — вынік прысутнасці ў водным раствору **гідраксід-іонаў OH^-** . Таму можна даць такое азначэнне асноў.



Асновы — гэта электраліты, пры дысацыяцыі якіх у водных растворах у якасці аніёнаў утвараюцца толькі гідраксід-іоны.



Мал. 26. Узаемадзеянне сернай кіслаты з хларыдам барыю

Разам з тым і кіслоты, і асновы валодаюць індывідуальнымі ўласцівасцямі, якія залежаць ад прыроды аніёна ці катыёну адпаведна. Некаторыя ўласцівасці сернай кіслаты і яе солей (напрыклад, утварэнне асадку з раствораў хларыду барыю) абумоўлены ўласцівасцямі яе аніёна SO_4^{2-} (мал. 26).

Дысацыяцыя солей



Солі — гэта электраліты, якія ў водных растворах дысацыіруюць на катыёны металаў і аніёны кіслотных астаткаў:



Уласцівасці раствораў солей таксама абумоўлены ўласцівасцямі ўсіх іонаў, якія ўтвараюцца ў працэсе дысацыяцыі.

Раствор, у якім знаходзяцца аднолькавыя колькасці іонаў H^+ і OH^- , як у чыстай вадзе, называюць *нейтральным*. Калі ў растворы змяшчаецца больш іонаў H^+ , такі раствор называюць кіслым, а раствор, у якім больш іонаў OH^- , — *шчолачным* (табл. 13).

Табліца 13. Характарыстыка асяроддзя раствораў

Асяроддзе раствору		
Кіслае $n(\text{H}^+) > n(\text{OH}^-)$	Нейтральнае $n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$	Шчолачнае $n(\text{H}^+) < n(\text{OH}^-)$
HCl , HNO_3 , H_2SO_4 і інш.	H_2O , NaCl , KNO_3 і інш.	NaOH , KOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$ і інш.



Вызначыць асяроддзе раствору — гэта значыць выявіць у ім іоны H^+ і OH^- . Гэта можна зрабіць з дапамогай ужо вядомых вам рэчываў — індыкатараў (мал. 27). *Індыкатары* — ар-

Мал. 27. Афарбоўка лакмусу ў кіслым і шчолачным асяроддзі

ганічныя рэчывы, некаторыя з якіх сустракаюцца ў жывой прыродзе. У лабараторыі часцей за ўсё ўжываюцца ўжо вядомыя вам лакмус, метыларанж, фенолфталеін, універсальны індыкатар.

Лабараторны дослед 1

Выяўленне катыёнаў вадароду і гідраксід-аніёнаў у растворах

Выяўленне іонаў, якія забяспечваюць кіслае ці шчолачнае асяроддзе ў растворах, мае вялікае значэнне ў лабараторнай практыцы, медыцыне, прамысловасці і ў побыце.

1. Звярніце ўвагу на афарбоўку лакмусу, метыларанжу і фенолфталеіну ў нейтральным асяроддзі — водным раствору ці на палосцы ўніверсальнай індыкатарнай паперы. Занясіце вынікі вашых назіранняў у табліцу.

2. Наліце ў дзве прабіркі раствор сернай кіслаты (або хлоравадароднай кіслаты) і дабаўце ў адну прабірку 1—2 кроплі лакмусу (ці метыларанжу), а ў другую 2—3 кроплі фенолфталеіну. Звярніце ўвагу на змяненне афарбоўкі індыкатару.

3. У прабірку з растворам гідраксиду натрыю дабаўце 2—3 кроплі фенолфталеіну. З'яўленне малінавай афарбоўкі сведчыць пра наяўнасць у раствору гідраксід-іонаў.

Паўтарыце дослед на выяўленні гідраксід-іонаў у раствору шчолачы пры дапамозе лакмусу або метыларанжу. Вынікі доследаў аформіце ў выглядзе табліцы:

Іон	Афарбоўка індыкатару		
	Лакмус	Метыларанж	Фенолфталеін
У нейтральным асяроддзі (у дыстыляванай вадзе)			
H^+ У раствору кіслаты (...)			
OH^- У раствору шчолачы (...)			

Як вы думаеце, у які колер афарбуецца кропля лакмусу, калі яе змясціць на зрэз лімона?



Мал. 28. Кіслоты і шчолачы ў лабараторыі

Растворы кіслот, шчолачаў, шэрага солей небяспечныя для чалавека. Растворы шмат якіх кіслот, трапляючы на скуру, у вочы, могуць выклікаць апёкі. Чым мацнейшая кіслата, тым цяжэйшы апёк. Таксама небяспечныя і выклікаюць хімічныя апёкі шчолачы, якія змяшчаюць гідраксід-іоны. Гэта ўласцівасць адлюстравана ва ўстарэлых назвах шчолачаў, напрыклад «едкі натр» (NaOH), «едкі калі» (KOH) (мал. 28). Іоны, якія ўваходзяць у састаў солей, таксама небяспечныя для чалавека. Напрыклад, да моцных ядаў належаць солі, якія змяшчаюць катыёны свінцу, ртуці і інш.

Уласцівасці водных раствораў моцных электралітаў вызначаюцца ўласцівасцямі іонаў, якія ўтвараюцца пры іх дысацыяцыі.

Кіслоты — гэта электраліты, у водных растворах якіх у якасці катыёнаў змяшчаюцца толькі іоны вадароду.

Асновы — электраліты, у водных растворах якіх у якасці аніёнаў змяшчаюцца толькі гідраксід-іоны.

Солі — гэта электраліты, у водных растворах якіх змяшчаюцца катыёны металаў і аніёны кіслотных астаткаў.

Калі ўтрыманне іонаў H^+ у растворы большаяе, чым утрыманне іонаў OH^- , такі раствор называюць кіслым, а раствор, у якім утрыманне іонаў OH^- большаяе, чым іонаў H^+ , — шчолачным.



Пытанні і заданні

1. Дайце азначэнні кіслот, асноў і солей з пункту гледжання тэорыі электралітычнай дысацыяцыі.
2. Складзіце ўраўненні электралітычнай дысацыяцыі наступных рэчываў: а) ёдавадароднай кіслаты HI; б) сярністай кіслаты H₂SO₃; в) гідраксиду барыю; г) нітрату медзі(II); е) хларыду кальцыю.

3. Якія з асноў, формулы якіх NaOH , Cu(OH)_2 , Ba(OH)_2 , Fe(OH)_3 , раствараюцца ў вадзе? Як называюцца гэтыя асновы? Запішыце ўраўненні іх электралітычнай дысацыяцыі.
4. Вызначыце хімічную колькасць іонаў, якія ўтвараюцца пры дысацыяцыі:
а) фасфату натрыю Na_3PO_4 хімічнай колькасцю 2 моль; б) сульфату алюмінію $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ хімічнай колькасцю 3 моль.
5. Складзіце максімальны лік формул рэчываў, у растворах якіх змяшчаюцца іоны: Al^{3+} ; Cl^- ; NO_3^- ; Na^+ ; CO_3^{2-} ; Fe^{3+} ; SO_4^{2-} ; Ba^{2+} .
6. Вызначыце колькасць катыёнаў у раствору, які змяшчае сульфат жалеза(III) масай 40 г.
7. Вылічыце масу сульфату натрыю ў раствору, калі вядома, што ў ім змяшчаюцца іоны SO_4^{2-} хімічнай колькасцю 0,2 моль.
8. Вылічыце сумарную хімічную колькасць іонаў у раствору, атрыманым пры растварэнні ў вадзе хлоравадароду HCl : а) аб'ёмам $1,12 \text{ дм}^3$ (н. у.); б) масай 73 г. Дысацыяцыю вады можна не ўлічваць.

§ 12. Рэакцыі іоннага абмену

Пазнаёміўшыся з дысацыяцыяй солей, кіслот і шчолачаў, мы даведліся, што моцныя электраліты існуюць у растворах толькі ў выглядзе іонаў. Значыць, усе рэакцыі, якія адбываюцца паміж электралітамі ў растворах, з'яўляюцца рэакцыямі паміж іонамі і называюцца *іоннымі рэакцыямі*.



Іоннымі рэакцыямі называюцца рэакцыі, якія працякаюць у водных растворах з удзелам іонаў электралітаў.

Шмат якія рэакцыі, што праходзяць у растворах, належаць да рэакцый абмену. Нагадаем, што да гэтага тыпу належаць рэакцыі паміж складанымі рэчывамі, у выніку якіх гэтыя рэчывы абменьваюцца сваімі складовымі часткамі. Такія складовыя часткі рэчываў у электралітах з'яўляюцца іоны.

Рэакцыі іоннага абмену ў растворах электралітаў працякаюць толькі ў тым выпадку, калі ў выніку ўзаемадзеяння паміж іонамі ўтвараюцца **маладысацыіруючыя** (вада або іншыя слабыя электраліты), **нерастваральныя** (асадкі) і **газападобныя** рэчывы.

Рэакцыя іоннага абмену, якая суправаджаецца ўтварэннем слабага электраліту (вады)

Вы ўжо ведаеце, што рэакцыя паміж кіслотой і асновай называецца рэакцыяй *нейтралізацыі*. У выніку такога працэсу ўтвараюцца соль і вада:

