

П. П. Попель, Л. С. Крикля

# ХІМІЯ

Підручник

для загальноосвітніх  
навчальних закладів

9 клас



Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України



Київ  
Видавничий центр «Академія»  
2009

**Рекомендовано Міністерством освіти і науки України**

(Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.02.2009 р. № 56)

Видано за державні кошти

Продаж заборонено

Підручник підготовлено за програмою з хімії для 7—11 класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому розглянуто матеріал із розділів «Вода. Розчини», «Хімічні реакції», «Найважливіші органічні сполуки». Містить практичні роботи, лабораторні досліді, запитання, вправи, задачі, завдання для позакласного і домашнього експерименту, додатковий матеріал для допитливих, а також словничок хімічних термінів і предметний покажчик.

Експерти, які рекомендували підручник до видання:

доктор хімічних наук, професор кафедри органічної хімії  
Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського  
*О. Є. Земляков*;

кандидат педагогічних наук, завідувач кафедри теорії та  
методики, доцент Дніпропетровського ОШПО *Л. М. Зламанюк*;

доктор хімічних наук, професор Інституту хімії поверхні  
ім. О. О. Чуйка НАН України, член-кореспондент НАН України  
*М. Т. Картель*;

кандидат хімічних наук, учитель Донецького ліцею «Колеж»  
*І. Ю. Старовойтова*;

завідувач НМК хімії Кіровоградського ОШПО  
ім. В. Сухомлинського *В. П. Шевчук*;

кандидат педагогічних наук, завідувач лабораторії дидактики  
Інституту педагогіки АПН України *В. І. Кизенко*

Відповідальні за підготовку підручника до видання:

головний спеціаліст МОН України *С. С. Фіцайло*;

завідувач сектору Інституту інноваційних технологій  
і змісту освіти *О. А. Дубовик*

# Дорогі дев'ятикласники!

На уроках хімії у 8 класі ви дізналися багато нового і цікавого про хімічні елементи та різні речовини. Вам стало відомо, що в хімії порції речовин оцінюють за тим, скільки в них міститься частинок — атомів, молекул, йонів. Читаючи підручник і виконуючи досліди, ви вивчили властивості і способи добування найважливіших неорганічних сполук — оксидів, основ, кислот, солей.

Тепер ви знаєте, як було відкрито періодичний закон — основний закон хімії, який встановлює залежність хімічного характеру елементів, властивостей їхніх простих і складних речовин від заряду ядер атомів.

Усі речовини існують завдяки тому, що атоми, молекули, йони здатні сполучатися одне з одним. Таку взаємодію частинок називають хімічним зв'язком. Знаючи будову речовини, можна прогнозувати її властивості.

У 9 класі продовжуватиметься ваше ознайомлення з основами хімії. Ви довідаєтесь про процеси, які відбуваються у водних розчинах різних речовин, про типи хімічних реакцій і особливості їх перебігу, а в другому семестрі — про найважливіші органічні сполуки, у тому числі й ті, що містяться в рослинах, тваринах і організмі людини.

Як і раніше, ви виконуватимете різні досліди на уроках хімії, а також у позаурочний час і вдома, отримавши дозвіл батьків.

При здійсненні хімічного експерименту дуже важливо занотовувати всі дії та спостереження. Намагайтесь завжди знайти пояснення побаченому під час дослідів і робити відповідні висновки.

Нагадуємо, що до практичних робіт слід готуватися заздалегідь і досить ретельно. Варіант практичної роботи, завдання і досліди, які вам належить виконати, укаже вчитель.

У 9 класі ви також маєте дотримуватися правил роботи і техніки безпеки під час виконання хімічних дослідів.

Цей підручник допоможе вам вивчати хімію. На початку кожного параграфу вказано, яке значення має викладений навчальний матеріал, а в кінці — сформульовано висновки. Текст, що відмічено зліва вертикальною кольоровою лінією, призначений для учнів, які бажають поглибити свої знання з хімії. Додаткову інформацію і цікаві факти вміщено на полях. Основні означення

виділено кольором, а нові терміни, важливі твердження і слова з логічним наголосом — курсивом. Текст до лабораторних дослідів і практичних робіт подано на кольоровому тлі.

Після кожного параграфу наведено завдання, вправи і задачі різних типів; вони розміщені переважно за зростанням складності. У кінці підручника містяться відповіді до деяких задач і вправ, словничок основних термінів, а також предметний покажчик. Він допоможе швидко знайти сторінку підручника, на якій ідеться про певний термін, речовину, явище тощо. Крім того, для учнів, які цікавляться хімією, подано список відповідної літератури і назви інтернет-сайтів.

Вдумлива робота з підручником допоможе вам глибше усвідомити зв'язки між складом, будовою і властивостями речовин, навчитися прогнозувати й пояснювати хімічні перетворення.

Хімію вивчають для того, щоб розуміти, як побудований світ, за якими законами він розвивається, щоб використовувати різні речовини, не завдаючи шкоди собі й довкіллю.

Бажаємо вам успіхів у вивченні хімії.

*Автори*

# 1 розділ

## Вода. Розчини

Кожний із вас, почувши слово «розчин», напевно, уявить прозору рідину — безбарвну чи кольорову, а також згадає про воду, яка є складовою багатьох розчинів.

Чому вода розчиняє ту чи іншу речовину? Чи існує зв'язок між здатністю речовини розчинятися та її будовою? Що відбувається при утворенні розчину? Відповіді на ці та інші запитання ви знайдете, уважно прочитавши параграфи першого розділу підручника. Дізнаєтесь і про те, які частинки наявні в розчинах, зрозумієте суть хімічних реакцій між розчиненими речовинами. Крім того, ви навчитесь готувати розчини і здійснювати відповідні розрахунки.

---

# 1 Вода

---

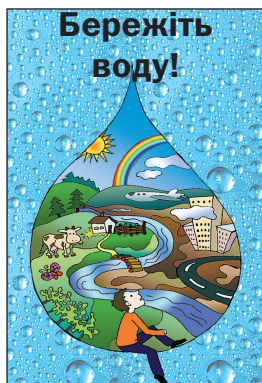
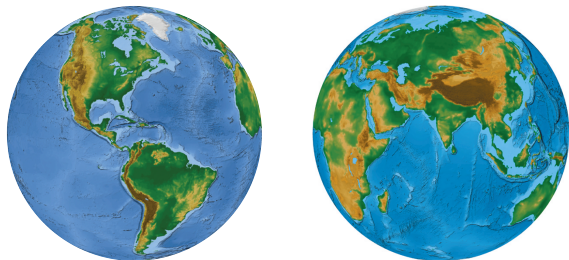
**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- дізнатися про поширеність води у природі;
- з'ясувати будову молекули води;
- зрозуміти суть водневого зв'язку.

**Поширеність у природі.** Вода — найпоширеніша сполука на нашій планеті. Вона вкриває понад 2/3 поверхні Землі (мал. 1).

Приблизно 97 % усієї води — це вода морів і океанів. Така вода містить багато розчинених

**Мал. 1.**  
Вода на поверхні  
Землі



**Мал. 2.**  
Вода — наше  
багатство

речовин. На прісну воду припадає 3 %. Майже вся вона сконцентрована у снігах і льодах Антарктиди, Арктики, регіонах із вічною мерзлотою. Річки й озера містять лише 0,03 % всієї води, наявної на планеті. Саме цю воду використовує людина для своїх потреб. Тому охорона водних ресурсів планети є одним із важливих завдань, що стоять перед людством (мал. 2).

Вода в незначній кількості міститься в атмосфері, причому — у трьох агрегатних станах: газуватому (водяна пара зумовлює вологість повітря), рідкому і твердому (туман, хмари). Випадаючи на земну поверхню, атмосферні опади (дощ, сніг) захоплюють із собою пил, деякі розчинені гази і в такий спосіб очищують повітря.

Вода міститься і в твердій оболонці планети — літосфері, причому як у вільному стані (підземні води), так і в «хімічно зв'язаному» — у складі різних природних сполук і мінералів.

Масова частка води в живих організмах становить від 50 до 99 % (в організмі дорослої людини її приблизно 65 % за масою).

*Природна вода завжди містить домішки. Досить чисту воду добувають перегонкою. Її називають дистильованою і використовують у наукових дослідженнях, деяких виробництвах, для виготовлення ліків.*

**Будова молекули.** Хімічна формула води  $H_2O$  відома кожному із вас. Це — молекулярна

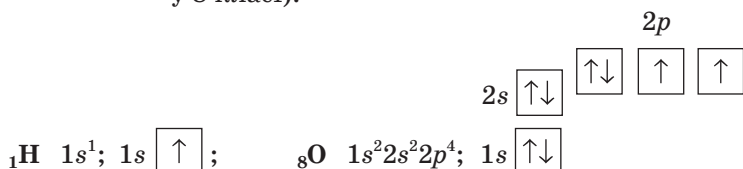
речовина. Електронна і графічна формули молекули води



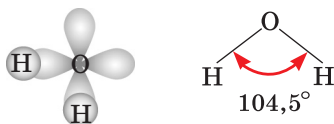
вказують на те, що два атоми Гідрогену сполучені з атомом Оксигену простими ковалентними зв'язками.

► Який зв'язок називають ковалентним? Яка особливість електронної будови атома «дозволяє» йому утворювати такий зв'язок з іншим атомом?

Звернемо увагу на будову атомів Гідрогену та Оксигену (іхні електронні формули ви склали у 8 класі):

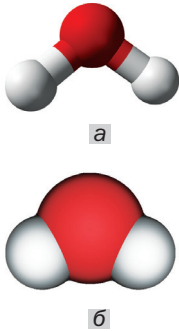


Кожний зв'язок у молекулі води утворений  $s$ -електроном атома Гідрогену і одним  $p$ -електроном атома Оксигену. Два  $p$ -електрони атома Оксигену, які беруть участь у цих зв'язках, є неспареними й перебувають у різних орбіталях. Оскільки  $p$ -орбіталі зорієнтовані перпендикулярно одна до одної, молекула води має кутову будову<sup>1</sup>. Щоправда, кут між прямими, що з'єднують центри атомів Гідрогену й Оксигену, становить не  $90^\circ$ , а  $104,5^\circ$ :



На малюнку 3 зображено дві моделі молекули води. У кулестержневій моделі стержні імітують прості ковалентні зв'язки між атомами, а в

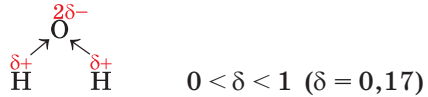
<sup>1</sup> Таке пояснення будови молекули води є спрощеним.



**Мал. 3.**  
 Моделі  
 молекули води:  
 а — куле-  
 стержнева;  
 б — масштабна.  
 Білі кульки —  
 атоми Гідрогену,  
 червоні —  
 атоми Оксигену

масштабній моделі витримано співвідношення розмірів атомів і молекули.

Оскільки Оксиген електронегативніший за Гідроген, то спільні електронні пари зміщені від двох атомів Гідрогену до атома Оксигену. Зв'язки О–Н є полярними. На атомі Оксигену зосереджений невеликий негативний заряд, а на кожному з двох атомів Гідрогену — позитивний:



Отже, молекула води з боку атома Оксигену заряджена негативно, а з протилежного боку, де розміщені атоми Гідрогену, — позитивно. Таку молекулу називають полярною; вона є диполем<sup>1</sup>, тобто має два різнойменно заряджені полюси. Її умовно зображають еліпсом зі вписаними знаками «+» і «-» без зазначення величин зарядів:



Полярність молекули води істотно впливає на властивості цієї речовини.

**Водневий зв'язок.** Молекули-диполі води можуть притягуватися одна до одної, а саме, атом Н однієї молекули — до атома О іншої.

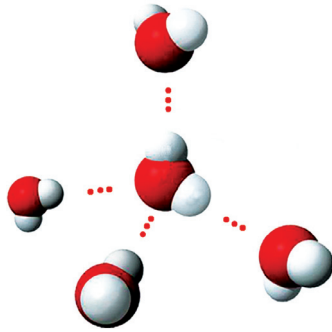
### Електростатичну взаємодію між молекулами за участю атомів Гідрогену називають *водневим зв'язком*.

Водневий зв'язок прийнято позначати трьома крапками: Н · · · О. Цей зв'язок значно слабший за ковалентний. Обов'язкова умова його утворення — наявність у молекулі атома Гідрогену, сполученого з атомом найбільш електронегативного елемента (Флуору, Оксигену, Нітрогену).

Водневі зв'язки існують і в рідкій воді, й у льоду. Кожна молекула Н<sub>2</sub>О сполучена водневими зв'язками з чотирма іншими (мал. 4). Цим зумовлена характерна форма сніжинок (мал. 5).

<sup>1</sup> Термін походить від грецького префікса di(s) — двічі і слова polos — полюс.





**Мал. 4.**  
Водневі зв'язки між молекулами води у льоду



**Мал. 5.**  
Сніжинка

У рідкій воді частина водневих зв'язків руйнується, але водночас утворюються нові зв'язки.

## ВИСНОВКИ

Вода — одна із найпоширеніших у природі сполук. Її молекула містить ковалентні полярні зв'язки О–Н, має кутову форму і є полярною. На кожному атомі Гідрогену молекули води зосереджений невеликий позитивний заряд, а на атомі Оксигену — невеликий негативний заряд.

Молекули води притягуються одна до одної внаслідок електростатичної взаємодії між атомами Гідрогену та Оксигену різних молекул. Таку взаємодію називають водневим зв'язком.



1. Чому в природі немає чистої води? Які домішки можуть бути в ній?
2. Як має діяти кожна людина в побуті, на відпочинку, щоб гасло «Бережіть воду!» втілювалося в життя?
3. Підготуйте за матеріалами з Інтернету невелике повідомлення на одну із таких тем:
  - а) забезпеченість прісною водою різних регіонів України;
  - б) джерела забруднення природної води;

- в) вода у народній творчості (прислів'я, приказки тощо);  
г) цікаве про воду.
4. Поясніть, чому молекула води має кутову форму.
  5. Які відмінності між кулестержневою і масштабною моделями молекули?
  6. Що таке водневі зв'язки? Чому вони утворюються між молекулами води?
  7. Обчисліть кількість атомів Гідрогену й атомів Оксигену в 1 мг води.
  8. Дейтерій — природний нуклід Гідрогену. Ядро атома цього нукліда складається з одного протона й одного нейтрона. Знайдіть масову частку Дейтерію у важкій воді  $D_2O$ .
  9. Обчисліть масу молекули води  $H_2O$  у грамах.

---

## 2 Властивості води

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- з'ясувати і пояснити фізичні властивості води;
- пригадати, з якими речовинами реагує вода.

**Фізичні властивості.** Кожному відомо, що чиста вода — безбарвна рідина без смаку і запаху, яка замерзає при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ , а закипає при  $100\text{ }^\circ\text{C}$  (за тиску 760 мм рт. ст.). Вода має густину  $1,00\text{ г/см}^3$  (при  $4\text{ }^\circ\text{C}$ ), незначну теплопровідність, майже не проводить електричний струм.

*Температури плавлення льоду і кипіння води значно вищі, ніж, наприклад, метану  $CH_4$  — подібної за складом сполуки, молекула якої має майже таку саму масу, що й молекула  $H_2O$ . Причина — наявність водневих зв'язків між молекулами води<sup>1</sup>. Щоб зруйнувати ці зв'язки, потрібно витратити енергію, тобто нагріти речовину.*

---

<sup>1</sup> Водневі зв'язки між молекулами метану  $CH_4$  не утворюються, оскільки ковалентний зв'язок C–H майже неполярний. Тому за звичайних умов метан є газом. Він перетворюється на рідину при охолодженні до  $-164\text{ }^\circ\text{C}$  (за нормального тиску).



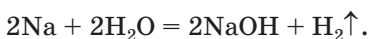
**Мал. 6.**  
У річці, вкритій кригою, життя триває

Лід трохи легший за воду; його густина становить  $0,92 \text{ г/см}^3$ . (Інші речовини у твердому стані мають більшу густину, ніж у рідкому.) Усі молекули в льоду сполучені водневими зв'язками (§ 1). Ця речовина має ажурну структуру з багатьма порожнинами. При плавленні льоду деякі водневі зв'язки розриваються, і молекули, що вивільнилися, заповнюють порожнини. Унаслідок цього речовина «ущільнюється».

Лід не тоне у воді, і взимку водойми зазвичай не промерзають до дна. Це рятує рибу, інших мешканців річок і озер від загибелі (мал. 6).

**Хімічні властивості.** Вода виявляє достатню хімічну активність. Вона реагує з багатьма речовинами — і простими, і складними.

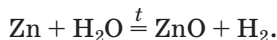
**Реакції з простими речовинами.** Вам відомо, що вода взаємодіє з найактивнішими металами — лужними (мал. 7) і лужноземельними. Продуктами кожної реакції є основа (луг) і водень:



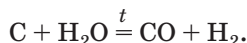
При нагріванні вода реагує з магнієм.

► Напишіть рівняння реакції магнію з водою.

З водою взаємодіють і деякі менш активні метали, але за досить високої температури (реагентом є водяна пара). При цьому замість гідроксидів металічних елементів утворюються оксиди:

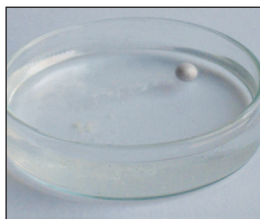


Вода реагує і з деякими неметалами. Взаємодією водяної пари з розжареним вугіллям добувають суміш газів, яку використовують як паливо:



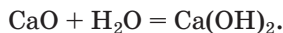
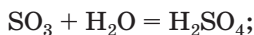
**Реакції зі складними речовинами.** Серед сполук, із якими реагує вода, — чимало оксидів і солей.

Вода взаємодіє з деякими основними оксидами і майже з усіма кислотними. Такі



**Мал. 7.**  
Реакція натрію з водою

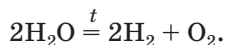
хімічні перетворення ви вивчали у 8 класі. Усі вони належать до реакцій сполучення. Кислотні оксиди при взаємодії з водою утворюють відповідні оксигеновмісні кислоти, а оксиди лужних і лужноземельних елементів — основи (луги):



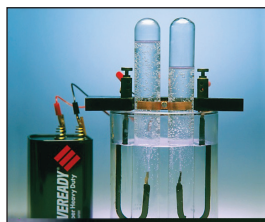
Із відомих вам кислотних оксидів у реакцію з водою не вступає лише один; його формула —  $\text{SiO}_2$ . Інертними щодо води є всі амфотерні оксиди і багато основних оксидів.

Вода реагує із деякими солями. Частина цих хімічних перетворень, які належать до реакцій сполучення, розглянемо в наступному параграфі.

**Розклад води.** Вода — термічно стійка речовина. Її молекули починають руйнуватися за дуже високої температури. При  $2500\text{ }^\circ\text{C}$  розкладається приблизно 11 % усіх молекул, а при  $1000\text{ }^\circ\text{C}$  — лише 0,03 %. Продуктами розкладу води є водень і кисень:



Воду можна розкласти і за допомогою електричного струму.



**Мал. 8.**  
Розклад води  
постійним  
електричним струмом

- ▶ Зваживши на рівняння реакції розкладу води, вкажіть, у якій пробірці на малюнку 8 накопичується водень, а в якій — кисень.

## ВИСНОВКИ

Вода за звичайних умов — безбарвна рідина, яка не має запаху, кипить при  $100\text{ }^\circ\text{C}$ , замерзає при  $0\text{ }^\circ\text{C}$  і має густину  $1,00\text{ г/см}^3$ . Лід трохи легший за воду.

Вода взаємодіє з лужними і лужноземельними металами, оксидами лужних і лужноземельних елементів, кислотними оксидами. При дуже високій температурі або дії постійного електричного струму вода розкладається на водень і кисень.



10. Охарактеризуйте фізичні властивості води.
11. Допишіть схеми реакцій і перетворіть їх на хімічні рівняння:
- а)  $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;                      в)  $\text{I}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;  
б)  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ ;                      г)  $\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$  .
- Укажіть серед реагентів кислотні та основні оксиди, а серед продуктів реакцій — кислоти та основи.
12. Які з наведених оксидів реагують з водою:  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ? Відповідь обґрунтуйте.
13. Напишіть рівняння реакцій оксидів з водою, під час яких утворюються такі сполуки:
- а) стронцій гідроксид  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ;                      в) перхлоратна кислота  $\text{HClO}_4$ ;  
б) селенатна кислота  $\text{H}_2\text{SeO}_4$ ;                      г) лантан гідроксид  $\text{La}(\text{OH})_3$ .
14. Чи відбуваються реакції між водою і такими речовинами: літій, золотом, киснем, барій оксидом, нікель(II) оксидом, фосфор(V) оксидом, аргентум хлоридом? Складіть рівняння тих реакцій, які можливі.
15. Які об'єми водню і кисню утворюються за нормальних умов при повному розкладі 1 л води постійним електричним струмом?
16. Чи достатньо для гасіння певної маси негашеного вапна взяти таку саму масу води? (Вважайте, що негашене вапно є кальцій оксидом без домішок.) Відповідь поясніть.

## 3

## Кристалогідрати

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- з'ясувати, які сполуки називають кристалогідратами;
- розв'язувати задачі, в яких ідеться про кристалогідрати.

Вода вступає в реакції сполучення з деякими солями. При цьому утворюються речовини (також — солі), які крім відповідних катіонів і аніонів містять молекули води.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 1

### Реакція купрум(II) сульфату з водою

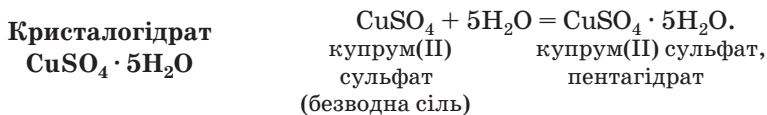
У маленьку порцелянову чашку помістіть трохи порошку купрум(II) сульфату (сполука білого кольору) і додайте кілька крапель води. Що спостерігаєте?

Добавляйте до сполуки воду (невеликими порціями) при перемішуванні до її повного розчинення.

Поставте порцелянову чашку на кільце лабораторного штатива, запаліть спиртівку та обережно випаруйте з розчину воду до появи дрібних блакитних кристалів<sup>1</sup>.

У цьому досліді купрум(II) сульфат перетворюється на нову речовину. Її хімічна формула —  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (читається: купрум-ес-о-чотири-на-п'ять-аш-два-о). Тривіальна назва сполуки — мідний купорос<sup>2</sup>, а хімічна — купрум(II) сульфат, пентагідрат. У назвах таких речовин до слова «гідрат» додають префікс, що походить від грецької назви числа: моно- (1), ди- (2), три- (3), тетра- (4), пента- (5), гекса- (6), гепта- (7), окта- (8), нона- (9)<sup>3</sup>, дека- (10) і т. д. Крапка в хімічній формулі означає, що мідний купорос — це сполука купрум(II) сульфату і води, а не суміш цих речовин чи водний розчин купрум(II) сульфату. У сполуці на кожен пару йонів —  $\text{Cu}^{2+}$  і  $\text{SO}_4^{2-}$  — припадає 5 молекул води.

Рівняння реакції утворення мідного купоросу:



**Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами.**

<sup>1</sup> Випарювання можна здійснити на предметному склі. Необхідно нанести на нього 2—3 краплі розчину і тримати скло над полум'ям.

<sup>2</sup> Сполуку використовують у сільському господарстві для боротьби зі шкідниками і хворобами рослин.

<sup>3</sup> Цей префікс походить від латинської назви числа.



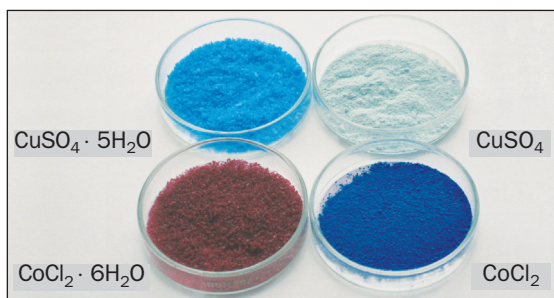
**Мал. 9.**  
Природні кристали гіпсу

Відомо багато кристалогідратів. Серед них — гіпс  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (мал. 9), залізний купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , гірка сіль  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .

► Дайте хімічні назви цим кристалогідратам.

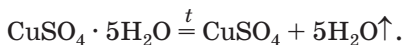
Воду, яка входить до складу кристалогідратів, називають *кристалізаційною*.

Часто кристалогідрати і відповідні безводні сполуки мають різне забарвлення (мал. 10).



**Мал. 10.**  
Деякі кристалогідрати і безводні солі

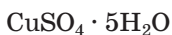
При нагріванні кристалогідрати розкладаються із виділенням води:



**Розв'язування задач.** При використанні кристалогідратів нерідко виникає потреба в різних розрахунках.

**ЗАДАЧА 1.** Знайти масову частку води в мідному купоросі.

Дано:



$w(\text{H}_2\text{O})$  — ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо молярну масу мідного купоросу:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O}) = 160 + 5 \cdot 18 = 160 + 90 = 250 \text{ (г/моль)}.$$

2. Складаємо пропорцію і знаходимо масову частку води в кристалогідраті:

$$\begin{array}{ll} 250 \text{ г (маса 1 моль кристалогідрату)} & \text{— 1 (або 100 \%),} \\ 90 \text{ г (маса 5 моль води)} & \text{— } x; \end{array}$$

$$x = w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 \cdot 1}{250} = 0,36$$

$$(\text{або } x = w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{90 \cdot 100 \%}{250} = 36 \%).$$

*2-й спосіб*

1. Обчислюємо молярну масу мідного купоросу:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = M(\text{CuSO}_4) + 5M(\text{H}_2\text{O}) = \\ = 160 + 5 \cdot 18 = 160 + 90 = 250 \text{ (г/моль)}.$$

2. Знаходимо масову частку води в кристалогідраті за відповідною формулою:

$$w(\text{H}_2\text{O}) = \frac{5M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} = \frac{90}{250} = 0,36, \text{ або } 36 \%.$$

**Відповідь:**  $w(\text{H}_2\text{O}) = 0,36$ , або  $36 \%$ .

**ЗАДАЧА 2.** Які маси кристалізаційної води і безводної солі містяться у 25 г мідного купоросу?

**Дано:**

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 25 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) - ?$$

$$m(\text{CuSO}_4) - ?$$

**Розв'язання**

*1-й спосіб*

1. Обчисливши молярну масу мідного купоросу (див. задачу 1), знаходимо масу кристалізаційної води:

у 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  міститься 90 г  $\text{H}_2\text{O}$ ,

у 25 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  —  $x$  г  $\text{H}_2\text{O}$ ;

$$x = m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}.$$

2. Розраховуємо масу безводної солі:

$$m(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 25 - 9 = 16 \text{ (г)}.$$

*2-й спосіб*

1. Обчислюємо кількість речовини кристалогідрату:

$$n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})}{M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O})} =$$

$$= \frac{25}{250} = 0,1 \text{ (моль)}.$$

2. Знаходимо кількість речовини кристалізаційної води в 0,1 моль кристалогідрату:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 5 \cdot 0,1 = 0,5 \text{ (моль)}.$$

3. Розраховуємо масу кристалізаційної води:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ (г)}.$$

4. Обчислюємо масу безводної солі:

$$m(\text{CuSO}_4) = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 25 - 9 = \\ = 16 \text{ (г)}.$$

**Відповідь:**  $m(\text{H}_2\text{O}) = 9 \text{ г}$ ;  $m(\text{CuSO}_4) = 16 \text{ г}$ .



## ВИСНОВКИ

**Кристалічні речовини, що містять у своєму складі молекули води, називають кристалогідратами. При нагріванні вони розкладаються на безводні сполуки і воду.**



17. Що таке кристалогідрат? Наведіть приклади таких сполук.
18. Запишіть формулу кристалогідрату, формульна одиниця якого складається з одного йона  $\text{Be}^{2+}$ , двох йонів  $\text{Cl}^-$  і чотирьох молекул води. Назвіть цей кристалогідрат.
19. Виконайте обчислення для кристалогідрату  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  і заповніть таблицю:

$M(\text{CuCl}_2)$	$2M(\text{H}_2\text{O})$	$M(\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$	$w(\text{CuCl}_2)$	$w(\text{H}_2\text{O})$

20. Яка маса барій гідроксиду міститься в його кристалогідраті масою 6,3 г? Візьміть до уваги, що у складі формульної одиниці кристалогідрату — вісім молекул води.
21. Обчисліть приблизне співвідношення мас води і безводної сполуки в кристалогідраті  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ .
22. Кристалічна сода  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  при нагріванні розкладається на кальциновану соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і воду, що виділяється у вигляді пари. Яка маса кристалічної соди розклалася, якщо маса твердої речовини в результаті реакції зменшилася на 9 г?
23. Масова частка води в кристалогідраті  $\text{ZnSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  становить 43,9%. Виведіть формулу цієї сполуки.
24. Визначте лужний елемент, який утворює сполуку  $\text{MOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ , якщо масова частка Гідрогену в цьому кристалогідраті становить 7,14%.

## 4 Розчини. Утворення розчину

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- зрозуміти, що відбувається при утворенні розчину;

- пояснювати теплові ефекти, що спостерігаються під час розчинення різних речовин;
- з'ясувати, які розчини називають колоїдними.

**Суміші речовин.** Що спільного у повітря, морської води, нафти, граніту, молока, ювелірного сплаву, зубної пасти? Це — суміші речовин.

Вам відомо, що суміші бувають однорідними та неоднорідними.

У неоднорідній суміші можна побачити часточки, крапельки окремих речовин, пухирці газів неозброєним оком або через мікроскоп. Деякі суміші цього типу мають загальні назви. Неоднорідну суміш рідини й газу називають *піною*. Вона утворюється, наприклад, коли у склянку наливають із пляшки газований напій. Добре струшену суміш двох рідин, які не розчиняються одна в одній, називають *емульсією*. Прикладом емульсії є молоко; його головні компоненти — вода і рідкі жири. Якщо перемішати рідину із нерозчинною в ній добре подрібненою твердою речовиною, отримуємо *суспензію*. Суспензіями є суміші води з порошком крейди, борошном, деякі лікарські препарати.

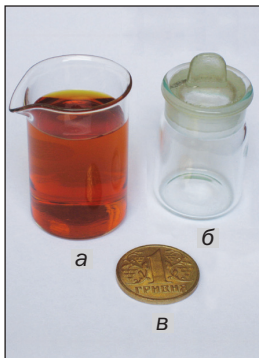
**Розчини.** Однорідні суміші відрізняються від неоднорідних тим, що в них рівномірно розподілені найдрібніші частинки речовин — атоми, молекули, йони. Ці частинки не можна виявити навіть за допомогою потужного мікроскопа.

## Однорідні суміші речовин називають *розчинами*.

Мабуть, кожний із вас вважає, що розчин — це рідина. Однак крім рідких розчинів існують тверді й газуваті (мал. 11).

Розчин містить щонайменше дві речовини. Це — його компоненти. Один із них називають *розчинником*, інші — *розчиненими речовинами*. За розчинник приймають речовину, яка перебуває в такому самому агрегатному стані, що й розчин.

- ▶ Назвіть розчинник і розчинену речовину в таких однорідних сумішах: а) водний розчин цукру; б) хлоридна кислота.



**Мал. 11.**  
Розчини  
(однорідні суміші):  
а — водний розчин  $\text{FeCl}_3$ ;  
б — повітря;  
в — сплав міді й алюмінію

Якщо агрегатний стан усіх речовин, що утворили розчин, однаковий, то розчинником вважають речовину, маса якої найбільша. Існує традиція щодо розчинів, які містять воду, саме її називати розчинником.

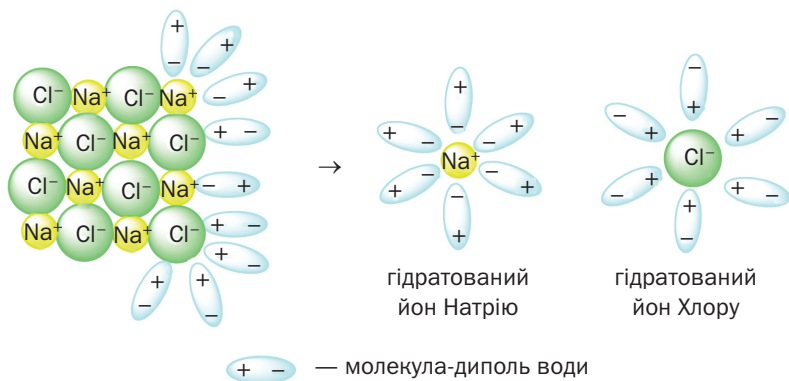
Вода розчиняє багато речовин; це — найкращий розчинник.

Розрізняють *концентровані* та *розбавлені розчини*. У розбавленому розчині міститься значно більше розчинника, ніж розчиненої речовини, а в концентрованому — навпаки.

Властивості розчину відрізняються від властивостей його компонентів. Наприклад, водний розчин солі замерзає при температурі, трохи нижчій від  $0^\circ\text{C}$ , закипає при температурі, що перевищує  $100^\circ\text{C}$ , і, на відміну від води і кристалів натрій хлориду, добре проводить електричний струм.

**Утворення розчину.** Процес утворення розчину є складним; крім фізичних явищ він часто включає й хімічні.

Розглянемо, як відбувається розчинення у воді *йонної речовини*. При потрапленні кристала такої речовини у воду до кожного йона, розміщеного на його поверхні, притягуються молекули води своїми протилежно зарядженими частинами (мал. 12).



**Мал. 12.**  
Розчинення йонного кристала у воді

Якщо сили такої взаємодії переважають сили притягання між катіонами й аніонами у кристалі, йони поступово відокремлюються один від одного й переходять у воду. Кристал розчиняється. У розчині, що утворився, містяться йони розчиненої речовини, сполучені з молекулами води. Такі частинки називають *гідратованими*<sup>1</sup>.

► Зобразить у зошиті гідратовані катіон Барію і гідроксид-іон.

Утворення гідратованих йонів зумовлює існування кристалогідратів.

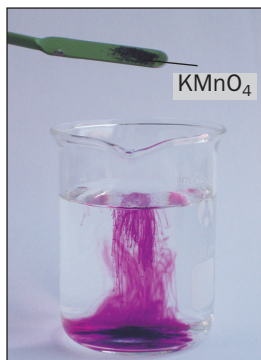
Розчинення *молекулярних речовин* у воді може відбуватися по-різному. Якщо, наприклад, молекули кисню, спирту, цукру, потрапляючи у воду, не зазнають змін, то молекули хлороводню, сульфатної кислоти розпадаються на йони (§ 8). А розчинення вуглекислого газу у воді супроводжується хімічною реакцією — утворенням карбонатної кислоти. Щоправда, з водою реагує лише незначна частина карбон(IV) оксиду.

Процес утворення водного розчину можна поділити на три стадії:

1. Взаємодія частинок речовини і молекул води.
2. Відокремлення частинок речовини (молекул, йонів) одна від одної під впливом молекул води.
3. Дифузія речовини і води, тобто проникнення частинок однієї речовини між частинками іншої (мал. 13).

При розчиненні газу у воді друга стадія відсутня.

Для того щоб тверда речовина розчинялася швидше, її подрібнюють, збільшуючи у такий спосіб поверхню контакту частинок речовини з розчинником. Крім того, розчинення здійснюють при перемішуванні, а іноді й при нагріванні.



**Мал. 13.**  
Дифузія забарвлених йонів  $MnO_4^-$  у воді при розчиненні калію перманганату

<sup>1</sup> Розчинення натрій хлориду у воді можна проілюструвати схемою  $NaCl + (m + n)H_2O = Na^+ \cdot mH_2O + Cl^- \cdot nH_2O$ .

**Тепловий ефект при розчиненні.** Утворення розчину супроводжується виділенням або поглинанням теплоти.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 2

### Тепловий ефект при розчиненні речовини

У пробірку помістіть приблизно 1/2 чайної ложки натрій нітрату і додайте 5 мл води. Вміст пробірки перемішуйте скляною паличкою для прискорення процесу розчинення. Доторкніться рукою до дна пробірки. Що відчуваєте?



**Мал. 14.** Правильне приготування розбавленого розчину сульфатної кислоти

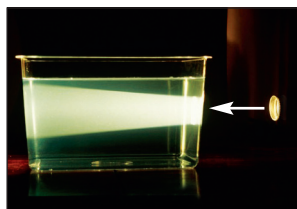
Виникнення теплового ефекту під час розчинення можна пояснити так. Взаємодія частинок речовини і молекул води (перша стадія розчинення) відбувається з виділенням теплоти, а роз'єднання молекул або йонів речовини (друга стадія розчинення) — з поглинанням теплоти. Якщо на першій стадії розчинення виділяється більше теплоти, ніж поглинається на другій, то спостерігаємо розігрівання розчину. А якщо навпаки — розчин охолоджується.

Змішавши спирт або сульфатну кислоту з водою, ми зафіксуємо розігрівання розчину (у другому випадку — досить сильне). Причина полягає в тому, що на другій стадії розчинення цих речовин поглинається мало теплоти, бо взаємодія між молекулами спирту або кислоти є досить слабкою.

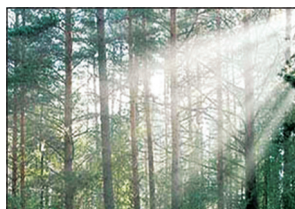
*Існує правило приготування розбавленого розчину сульфатної кислоти із концентрованою. Концентрований розчин доливають у воду (мал. 14), причому повільно, невеликими порціями, постійно перемішуючи й охолоджуючи посудину водопровідною водою. Якщо ж добавляти воду в концентровану кислоту, то утворюваний розчин може навіть закипіти, а бризки кислоти — потрапити на шкіру й спричинити сильний опік.*

Іноді при утворенні розчину виявити тепловий ефект не вдається (наприклад, при розчиненні кухонної солі у воді). Насправді він є, але незначний.

**Колоїдні розчини.** Водні розчини крохмалю і натрій хлориду зовні нічим не відрізняються один від одного, вони безбарвні й прозорі. Однак якщо на кожний розчин спрямувати промінь світла, то його «шлях» можна побачити лише в розчині крохмалю (мал. 15). Світло розсіюють дуже великі молекули цієї речовини; кожна із них містить тисячі сполучених атомів<sup>1</sup>. Подібне явище спостерігається при проходженні сонячних променів крізь туман (мал. 16) або запилене повітря. У першому випадку світло відбивають дрібні краплинки води, у другому — часточки пилу.



**Мал. 15.**  
Проходження променя  
світла крізь розчин  
крохмалю



**Мал. 16.**  
Сонячні промені  
у лісі

Розчини, що містять великі частинки розчинених речовин, скупчення багатьох атомів чи молекул, називають *колоїдними*, а ті, в яких перебувають найдрібніші частинки речовин (окремі атоми, молекули, йони), — *істинними*.

Розміри частинок розчинених речовин у колоїдних розчинах становлять від 1 до 100 нм (1 нм =  $10^{-9}$  м), тоді як в істинних розчинах не перевищують 1 нм.

Колоїдні розчини досить стійкі; частинки розчинених речовин у них довгий час не осідають. Одна із причин цього — наявність на їхній поверхні однойменних зарядів (частинки від-

### Цікаво знати

Розмір молекули води — 0,25 нм.

<sup>1</sup> Про крохмаль ітиметься у § 31.

штовхуються одна від одної і не «злипаються»). Викликати осадження частинок можна нагріванням колоїдного розчину або розчиненням у ньому будь-якої солі (наприклад, натрій хлориду).

Колоїдні розчини дуже поширені в живій природі. Ними є кров, плазма крові, міжклітинні рідини, соки рослин тощо.

Загальна наукова назва неоднорідних сумішей і колоїдних розчинів — *дисперсні системи*.

**Значення розчинів.** Різні речовини, розчиняючись у воді річок, морів, океанів, «подорожують» планетою, потрапляють на земну поверхню, беруть участь у хімічних реакціях з утворенням мінералів, компонентів ґрунту. Розчини надходять у рослини через коріння і листя, а в організми тварин і людини — разом із харчовими продуктами, постачаючи необхідні речовини.

Хімічні реакції в живих організмах відбуваються лише у водних розчинах (переважно колоїдних). У процесах травлення беруть участь слина, шлунковий сік, жовч. Разом із сечею, пітом із організму виводяться продукти життєдіяльності, а іноді — й токсичні речовини.

Вода, яку ми п'ємо, насправді є дуже розбавленим розчином. У ній розчинені надзвичайно малі кількості різних речовин<sup>1</sup>, які надають воді ледь відчутного смаку. За наявності у природній воді деяких речовин і йонів вона може мати лікувальні властивості, відновлювати сольовий баланс в організмі. Рідкі ліки є переважно водними розчинами.

Живі істоти дихають киснем, що входить до складу повітря. А повітря — це природний газовий розчин. Якби ми дихали чистим киснем, то процеси окиснення в організмі відбувалися б дуже інтенсивно, а цього наш організм не витримав би.

Без розчинів не можуть працювати металургійні та хімічні заводи, підприємства легкої й харчової промисловості, побутового обслуговування, медичні установи.

---

<sup>1</sup> Пити лише чисту (дистильовану) воду не можна, оскільки організм не отримуватиме в достатній кількості необхідних елементів і з нього будуть «вимиватися» потрібні речовини.

## ВИСНОВКИ

Суміші речовин бувають однорідними й неоднорідними. В однорідних сумішах рівномірно розподілені атоми, молекули або йони речовин.

При утворенні розчину відбуваються фізичні й хімічні явища. Хімічні явища зумовлені взаємодією частинок розчиненої речовини і розчинника.

Процес розчинення супроводжується виділенням або поглинанням теплоти.

Колоїдні розчини відрізняються від звичайних (істинних) тим, що містять дуже великі молекули або згущення частинок розчиненої речовини.



25. У п'ять склянок налили невеликі порції води. У першу склянку добавили трохи глини, у другу — спирту, у третю — фруктового сиропу, в четверту — гасу і в п'яту — питної соди. Кожну суміш добре перемішали. У яких склянках утворилися розчини?
26. На будівництві готують так званий цементний розчин. Його компонентами є цемент, пісок і вода. Чи правильна назва цієї суміші з наукового погляду? Чому?
27. Яку речовину слід назвати розчинником, якщо розчин утворюють:
  - а) розплавлені метали — мідь масою 3 г і золото масою 7 г;
  - б) вода об'ємом 1 л і хлороводень (газ) об'ємом 300 л;
  - в) спирт масою 10 г і ацетон масою 25 г;
  - г) вода масою 8 г і сульфатна кислота масою 92 г?Відповіді поясніть.
28. Чи можна стверджувати, що соки полуниці, чорної смородини є розчинами і містять кілька розчинених речовин?
29. Розчин, що складається зі 100 г спирту і 10 г води, один учень назвав концентрованим, а інший — розбавленим. Хто, на ваш погляд, правий? Чому?
30. Назвіть частинки, які містяться у водному розчині кухонної солі.
31. Опишіть явища, що відбуваються при розчиненні речовини у воді.
32. У двох склянках без етикеток містяться вода і розчин кухонної солі. Як експериментально розрізнити ці рідини без застосування інших речовин або розчинів?
33. Поясніть, у чому різниця між розчиненням цукру у воді та цинку у хлоридній кислоті.



34. У якому випадку при розчиненні речовини відбувається: а) виділення теплоти; б) поглинання теплоти? Чи має залежати тепловий ефект розчинення речовини від її агрегатного стану? Відповідь поясніть.
35. Які розчини називають колоїдними? Чим вони відрізняються від істинних розчинів?

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Тепловий ефект при розчиненні речовини у воді

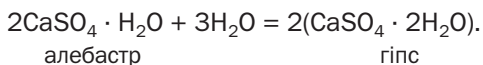
Насипте у пластмасовий стаканчик чайну ложку кальцінованої соди. Долийте до речовини приблизно 10 мл води й одразу перемішуйте суміш дерев'яною або пластмасовою паличкою протягом 15—20 секунд. Взявши стаканчик у долоню, визначте, підвищується чи знижується температура суміші під час розчинення сполуки.

Аналогічний експеримент проведіть із аміачною селітрою (мінеральне добриво).

### Тепловий ефект при утворенні кристалогідрату

Насипте у пластмасовий стаканчик 2—3 чайні ложки алебастру. Додайте 2 чайні ложки води й одразу добре перемішайте суміш дерев'яною або пластмасовою паличкою. Нагрівається чи охолоджується суміш речовин?

Зазначимо, що під час експерименту відбувається перетворення одного кристалогідрату на інший:



## 5 Розчинність речовин

**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- зрозуміти, що таке розчинність речовини;
- з'ясувати, від яких чинників залежить розчинність речовин у воді.

**Розчинність.** Характеризуючи фізичні властивості будь-якої речовини, зазвичай вказу-

ють, чи розчиняється вона у воді, спирті, інших розчинниках.

**Властивість речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають *розчинністю*.**

Сульфатна і нітратна кислоти, етиловий спирт, ацетон змішуються з водою в будь-яких співвідношеннях з утворенням розчинів. Ці речовини мають необмежену розчинність у воді. Однак для багатьох інших речовин існує межа розчинення.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 3 Виявлення обмеженої розчинності речовини у воді

Налийте у пробірку 2 мл води і розчиняйте в ній калій нітрат невеликими порціями при перемішуванні скляною паличкою. Кожну порцію речовини добавляйте після повного розчинення попередньої. Зафіксуйте момент, коли розчинення солі припиняється.

Залиште пробірку із сумішшю речовин для наступного дослідів.



**Мал. 17.**  
Насичений розчин  
калій бромату  
 $\text{KBrO}_3$  у воді

Розчин, у якому за даних умов речовина більше не розчиняється, називають *насиченим* (мал. 17), а той, у якому ще можна розчинити певну порцію речовини, — *ненасиченим*.

► Для яких розчинних речовин не існує насичених розчинів?

Розчинність більшості речовин можна оцінити кількісно. Для цього вказують максимальну масу речовини, яка може розчинитися у 100 г розчинника за певної температури<sup>1</sup>. Відповідну фізичну величину прийнято позначати літерою *S* (від латинського слова *solvere* — розчиняти).

<sup>1</sup> Для газу звичайно вказують його максимальний об'єм, який розчиняється у 100 г або 1 л розчинника за певних температури й тиску.

Відомості про розчинність багатьох сполук у воді можна взяти із таблиці, розміщеної на форзаці II.

*Речовин, абсолютно нерозчинних у воді, не існує. Якщо у срібну посудину налити води, то надзвичайно мала, непомітна кількість металу із часом розчиниться. Отримана «срібна» вода має антимікробні властивості й, на відміну від звичайної, може зберігатися протягом необмеженого часу.*

Здатність речовини розчинятися у воді залежить від будови речовини, тобто від типу частинок, з яких вона складається, а також від зовнішніх умов — температури, тиску.

**Залежність розчинності речовин від їхньої будови.** Більшість йонних речовин добре розчиняється у воді. Таку властивість мають і речовини, які подібно до води складаються з полярних молекул. Речовини з неполярними молекулами, наприклад азот  $N_2$ , метан  $CH_4$ , мають незначну розчинність у воді або нерозчинні в ній. Із часів алхіміків існує правило: *подібне розчиняється в подібному*. Це правило використовують і нині, хоча воно має винятки.



**Мал. 18.**  
Виділення пухирців розчиненого повітря із нагрітої водопровідної води

**Залежність розчинності речовин від температури.** Вплив температури на розчинність речовини здебільшого визначається її агрегатним станом.

Якщо у склянку налити холодної водопровідної води й залишити її в теплому місці, то через деякий час на стінках посудини з'являться пухирці повітря, яке було розчинене у воді (мал. 18). У теплій воді розчинність газів менша, і «зайве» повітря виділяється з неї.

## **Розчинність газів у воді з підвищенням температури зменшується.**

Визначимо за допомогою експерименту, як впливає температура на розчинність твердої речовини у воді.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 4

### Вплив температури на розчинність твердої речовини

Обережно нагрівайте пробірку із сумішшю калій нітрату і його насиченого розчину (ця суміш залишилася після лабораторного дослідження № 3). Вміст пробірки періодично перемішуйте. Що спостерігаєте?

Зробіть висновок щодо впливу температури на розчинність калій нітрату у воді.

### Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає.

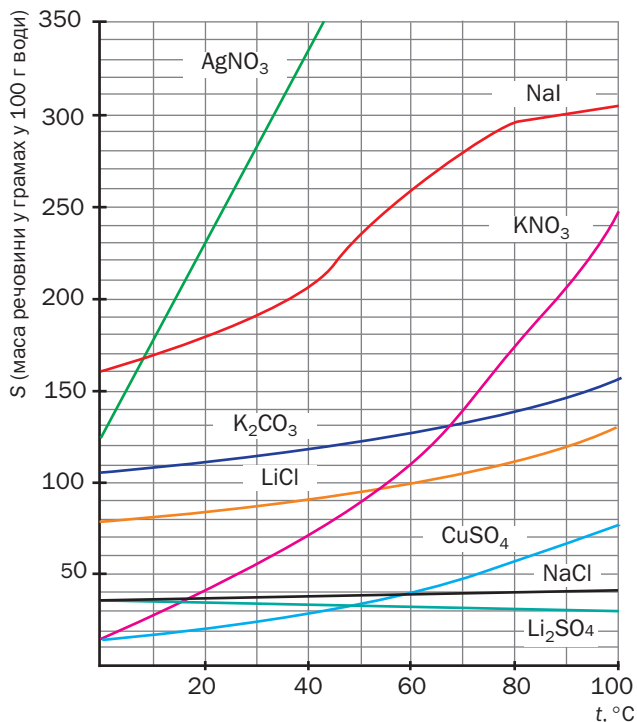
Деякі сполуки, зокрема кальцій гідроксид  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , кальцій сульфат  $\text{CaSO}_4$ , літій сульфат  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ , при нагріванні зменшують свою розчинність у воді.

Залежність розчинності речовини від температури часто подають графічно — у вигляді *кривої розчинності* (мал. 19). На горизонтальній осі такого графіка позначають температуру, а на вертикальній — розчинність, тобто максимальну масу речовини, яка розчиняється за певної температури у 100 г води.

Точки на кривій розчинності відповідають складу насичених розчинів, а ділянка під кривою — ненасиченим розчином.

- Чи узгоджується результат лабораторного дослідження № 4 із характером кривої розчинності для калій нітрату?
- Скориставшись малюнком 19, визначте розчинність калій нітрату при температурі 60 °С.

**Залежність розчинності газів від тиску.** Якщо відкрити пляшку з газованим напоєм, то вуглекислий газ, який був розчинений у рідині за підвищеного тиску, швидко з неї виділятиметься; рідина спінюється. Причина в тому, що роз-

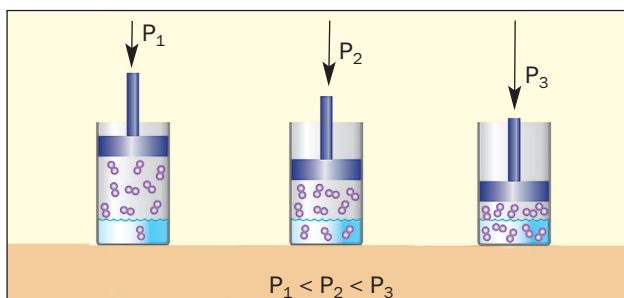


**Мал. 19.**  
Криві розчинності деяких солей у воді

чин потрапляє в умови звичайного тиску, за якого розчинність газу менша.

### Розчинність газів у воді з підвищенням тиску збільшується.

Розчинність більшості газів у воді прямо пропорційна тиску; відповідний графік є прямою лінією. Якщо тиск збільшити в декілька разів, то розчинність газу у воді збільшиться в стільки ж разів (мал. 20).



**Мал. 20.**  
Вплив тиску на розчинність газу у воді

На розчинність у воді твердих і рідких речовин тиск не впливає.

## ВИСНОВКИ

Властивість речовини утворювати з іншою речовиною розчин називають розчинністю.

Більшість речовин має обмежену розчинність у воді. Її виражають максимальною масою речовини, яка може розчинитися за певної температури (для газів — ще й за певного тиску) у 100 г води. Розчин, у якому міститься максимально можлива кількість розчиненої речовини, називають насиченим.

Розчинність більшості твердих речовин у воді з підвищенням температури зростає, а від тиску не залежить. Гази збільшують розчинність у воді зі зниженням температури й підвищенням тиску.



36. Що таке розчинність речовини? Від яких чинників залежить розчинність речовин у воді?
37. Після поступового добавляння у воду кількох порцій солі утворилася неоднорідна суміш. Що являє собою рідина над кристалами солі? Як перетворити цю суміш на однорідну, тобто на розчин?
38. Запропонуйте експеримент, за допомогою якого можна розрізнити насичений і ненасичений розчини натрій хлориду.
39. Визначте розчинність літій хлориду при температурі 40 °С, скориставшись кривою розчинності сполуки (мал. 19).
40. У 10 мл води при 20 °С розчинили 20 г аргентум нітрату  $\text{AgNO}_3$ . Який розчин було приготовано — розбавлений чи концентрований, насичений чи ненасичений? Для відповіді скористайтеся кривою розчинності сполуки (мал. 19).
41. Який об'єм азоту розчиняється за нормальних умов в 1 л води, якщо розчинність газу за цих умов становить 2,8 мг у 100 г води?
42. У 20 г води при 80 °С розчинили 22 г калій карбонату  $\text{K}_2\text{CO}_3$ . Чи розчиниться у приготовленому розчині за вказаної температури додаткова порція сполуки? Якщо так, то обчисліть її максимальну масу. Скористайтеся кривою розчинності сполуки (мал. 19).

43. За кривою розчинності (мал. 19) визначте:
- мінімальну масу води, у якій розчиниться калій нітрат  $\text{KNO}_3$  масою 20 г при  $70^\circ\text{C}$ ;
  - максимальну масу калій нітрату, яку можна розчинити у 80 г води при  $50^\circ\text{C}$ .
44. Яка маса натрій йодиду виділиться зі 100 г насиченого при  $70^\circ\text{C}$  розчину сполуки після охолодження його до  $10^\circ\text{C}$ ? Скористайтеся кривою розчинності натрій йодиду (мал. 19).
45. Побудуйте в зошиті криву розчинності для калій хлориду за такими даними:

$t, ^\circ\text{C}$	0	20	40	60	80
S (маса $\text{KCl}$ у грамах / 100 г води)	27,6	34,0	40,0	45,5	51,1

Складіть умову задачі з використанням кривої розчинності сполуки.

ЕКСПЕРИМЕНТУЄМО ВДОМА

### Порівняння розчинності речовин у воді

Насипте в невелику склянку повну чайну ложку цукру, а в іншу склянку — стільки ж солі. (Будемо вважати, що чайна ложка містить однакові маси цих речовин.) Добавляйте по черзі в кожну склянку по столовій ложці води, перемішуючи суміші.

Яка речовина розчинилася першою? Що краще розчиняється у воді — цукор чи сіль?

ПОЗАУРОЧНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

### Вирощування кристалів мідного купоросу<sup>1</sup>

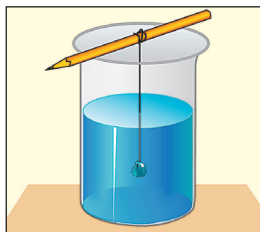
Приготуйте насичений розчин мідного купоросу. Для цього насипте у скляну посудину чайну ложку сполуки і доливайте невеликими порціями, постійно перемішуючи, гарячу воду до розчинення кристалів. У разі потреби гарячий розчин профільтруйте. Накрийте посудину аркушем паперу і залиште розчин охолоджуватися до кімнатної температури.

<sup>1</sup> Можна також вирощувати кристали алюмокалієвого галуну  $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ .

Наступного дня ви побачите на дні посудини кристали; над ними буде насичений розчин. Дістаньте пластмасовим пінцетом кристал правильної форми, без дефектів, і покладіть його на папір. Злийте насичений розчин із кристалів, що залишилися, в іншу посудину та обережно покладіть на її дно відібраний кристал. Його можна підвісити на тонкій нитці (мал. 21). Посудину нічим не накривайте і залиште на кілька днів.

Вода поступово випаровуватиметься із насиченого розчину, на дні посудини утворюються нові кристали речовини й виросте той, який помістили в розчин. Видаляючи дрібні кристали й перевертаючи відібраний на різні грані для рівномірного росту (робіть це з інтервалом у кілька днів), можна виростити красивий кристал завбільшки в кілька сантиметрів. Час від часу доливайте в посудину нові порції холодного насиченого розчину сполуки.

Якщо дрібні кристали з посудини не видаляти, то утворюються друзи — групи кристалів, що зрослися один з одним (мал. 22).



**Мал. 21.**  
Вирощування кристала мідного купоросу з насиченого розчину сполуки



**Мал. 22.**  
Друзи кристалів солей

## 6 Кількісний склад розчину. Масова частка розчиненої речовини

Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати, що таке масова частка розчиненої речовини;
- навчитися обчислювати масову частку розчиненої речовини.

Людина використовує в житті багато розчинів. Серед них — спиртовий розчин йоду, водні



розчини аміаку і гідроген пероксиду, столовий оцет і оцтова есенція (мал. 23). Зверніть увагу на етикетки, наклеєні на пляшках із цими розчинами. Ви помітите поряд із назвою розчиненої речовини цифру і знак відсотка (%). Це — значення масової частки розчиненої речовини в розчині. Воно відповідає *масі речовини (у грамах), яка міститься у 100 г розчину*.



**Мал. 23.**  
Водні розчини,  
які  
використовують  
у побуті

Столовий оцет є водним розчином оцтової кислоти. Згідно з етикеткою на пляшці<sup>1</sup>, у кожних 100 г оцту міститься 9 г оцтової кислоти. Маса води у 100 г оцту становить  $100 \text{ г} - 9 \text{ г} = 91 \text{ г}$ .

► Назвіть масу розчиненої речовини і масу води, які містяться в 100 г кожного з розчинів, наведених на малюнку 23.

На позначення масової частки розчиненої речовини у розчині, як і масової частки елемента у сполуці, використовують латинську літеру *w* («дубль-ве»).

Вам відомо, що масову частку виражають не тільки у відсотках, а й додатним числом, меншим за одиницю.

Формула для обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині:

$$w(\text{р. р.}) = \frac{m(\text{р. р.})}{m(\text{р-ну})} (\cdot 100 \%) = \frac{m(\text{р. р.})}{m(\text{р. р.}) + m(\text{р-ка})} (\cdot 100 \%),$$

де  $m(\text{р. р.})$  — маса розчиненої речовини,  $m(\text{р-ну})$  — маса розчину,  $m(\text{р-ка})$  — маса розчинника.

<sup>1</sup> Якщо розчинником є вода, то на етикетках зазвичай не вказують словосполучення «водний розчин».

## Масова частка розчиненої речовини у розчині — це відношення маси речовини до маси розчину.

**Розв'язування задач.** У повсякденному житті (наприклад, для консервування) нерідко виникає потреба приготувати водний розчин із певною масовою часткою розчиненої речовини. Для цього зазвичай використовують речовину і воду. Іноді розбавляють водою концентрований розчин речовини, зокрема оцтову есенцію. У будь-якому разі перед приготуванням розчину здійснюють необхідні розрахунки.

Розглянемо, як розв'язують задачі на обчислення масової частки розчиненої речовини в розчині, а також задачі, в яких використовують цю величину. Один зі способів їх розв'язання ґрунтується на складанні пропорції, інший передбачає розрахунок за відповідною математичною формулою.

**ЗАДАЧА 1.** У 144 г води розчинили 6 г луґу. Розрахувати масову частку луґу в розчині.

**Дано:**

$$m(\text{води}) = 144 \text{ г}$$

$$m(\text{луґу}) = 6 \text{ г}$$

$$w(\text{луґу}) = ?$$

**Розв'язання**

*1-й спосіб*

1. Знаходимо масу розчину:

$$m(\text{р-ну}) = m(\text{води}) + m(\text{луґу}) = \\ = 144 \text{ г} + 6 \text{ г} = 150 \text{ г}.$$

2. Визначаємо масу луґу, яка міститься в 100 г розчину. Для цього складаємо пропорцію й розв'язуємо її:

у 150 г розчину міститься 6 г луґу,

у 100 г розчину —  $x$  г луґу;

$$x = m(\text{луґу}) = \frac{6 \text{ г} \cdot 100 \text{ г}}{150 \text{ г}} = 4 \text{ г}.$$

Звідси  $w(\text{луґу}) = 4 \%$ , або  $0,04$ .

*2-й спосіб*

Обчислюємо масову частку луґу в розчині за відповідною формулою:

$$w(\text{луґу}) = \frac{m(\text{луґу})}{m(\text{луґу}) + m(\text{води})} = \frac{6 \text{ г}}{(6 + 144) \text{ г}} = 0,04,$$

або  $0,04 \cdot 100 \% = 4 \%$ .

**Відповідь:**  $w(\text{луґу}) = 0,04$ , або  $4 \%$ .

**ЗАДАЧА 2.** Які маси солі та води потрібно взяти для приготування 400 г розчину солі з масовою часткою розчиненої речовини 0,2?

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 400 \text{ г}$$

$$w(\text{солі}) = 0,2$$

$$m(\text{солі}) = ?$$

$$m(\text{води}) = ?$$

**Розв'язання**

1. Обчислюємо масу солі, скориставшись формулою для масової частки розчиненої речовини:

$$w(\text{солі}) = \frac{m(\text{солі})}{m(\text{р-ну})};$$

$$m(\text{солі}) = w(\text{солі}) \cdot m(\text{р-ну}) =$$

$$= 0,2 \cdot 400 \text{ г} = 80 \text{ г}.$$

2. Знаходимо масу води:

$$m(\text{води}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{солі}) =$$

$$= 400 \text{ г} - 80 \text{ г} = 320 \text{ г}.$$

**Відповідь:**  $m(\text{солі}) = 80 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 320 \text{ г}$ .

**ЗАДАЧА 3.** До 200 г водного розчину цукру з масовою часткою розчиненої речовини 10 % добавили 50 г води. Обчислити масову частку цукру в розчині, який утворився.

**Дано:**

$$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$$

$$w(\text{цукру}) = 10 \%,$$

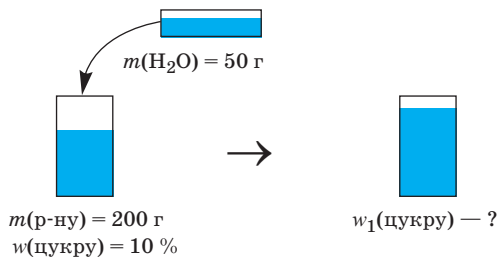
або 0,1

$$m(\text{води}) = 50 \text{ г}$$

$$w_1(\text{цукру}) = ?$$

**Розв'язання**

Умову задачі проілюструємо малюнком:



1. Обчислюємо масу цукру в 200 г розчину:

$$m(\text{цукру}) = w(\text{цукру}) \cdot m(\text{р-ну}) =$$

$$= 0,1 \cdot 200 \text{ г} = 20 \text{ г}.$$

2. Знаходимо масу утвореного розчину:

$$m(\text{утв. р-ну}) = m(\text{р-ну}) + m(\text{води}) =$$

$$= 200 \text{ г} + 50 \text{ г} = 250 \text{ г}.$$

3. Розраховуємо масову частку цукру в утвореному розчині за відповідною формулою:

$$w_1(\text{цукру}) = \frac{m(\text{цукру})}{m(\text{утв. р-ну})} = \frac{20 \text{ г}}{250 \text{ г}} = 0,08,$$

або  $0,08 \cdot 100 \% = 8 \%$ .

**Відповідь:**  $w_1(\text{цукру}) = 0,08$ , або 8 %.

**ЗАДАЧА 4.** Який об'єм води потрібно додати до 45 г оцтової есенції (розчин із масовою часткою оцтової кислоти 80 %), щоб приготувати 9 %-й розчин оцтової кислоти?

**Дано:**

$m(80\% \text{-го р-ну}) = 45 \text{ г}$   
 $w(\text{к-ти}) = 80\%$   
 $w_1(\text{к-ти}) = 9\%$

$V(\text{води}) = ?$

**Розв'язання**

1. Розраховуємо масу оцтової кислоти в 45 г оцтової есенції:

$$m(\text{к-ти}) = w(\text{к-ти}) \cdot m(\text{р-ну}) = 0,8 \cdot 45 \text{ г} = 36 \text{ г}.$$

2. Обчислюємо масу 9 %-го розчину, в якому міститиметься 36 г кислоти:

у 100 г розчину міститься 9 г кислоти,  
у  $x$  г розчину — 36 г кислоти;

$$x = m(9\% \text{-го р-ну}) = \frac{36 \text{ г} \cdot 100\%}{9\%} = 400 \text{ г}.$$

3. Розраховуємо масу води, яку потрібно додати до оцтової есенції:

$$m(\text{води}) = m(9\% \text{-го р-ну}) - m(80\% \text{-го р-ну}) = 400 \text{ г} - 45 \text{ г} = 355 \text{ г}.$$

4. Знаходимо об'єм води:

$$V(\text{води}) = \frac{m(\text{води})}{\rho(\text{води})} = \frac{355 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 355 \text{ мл}.$$

**Відповідь:**  $V(\text{води}) = 355 \text{ мл}$ .

**ЗАДАЧА 5.** Які маси мідного купоросу  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  і води необхідно взяти для приготування 200 г розчину з масовою часткою купрум(II) сульфату  $\text{CuSO}_4$  0,05?

**Дано:**

$m(\text{р-ну}) = 200 \text{ г}$   
 $w(\text{CuSO}_4) = 0,05$

$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = ?$   
 $m(\text{води}) = ?$

**Розв'язання**

1. Знаходимо масу купрум(II) сульфату, що міститиметься в 200 г розчину:

$$m(\text{CuSO}_4) = w(\text{CuSO}_4) \cdot m(\text{р-ну}) = 0,05 \cdot 200 \text{ г} = 10 \text{ г}.$$

2. Обчислюємо масу мідного купоросу, в якій міститься 10 г  $\text{CuSO}_4$ :

$$M(\text{CuSO}_4) = 160 \text{ г/моль};$$

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль};$$

160 г  $\text{CuSO}_4$  містяться у 250 г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  
10 г  $\text{CuSO}_4$  — в  $x$  г  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ;

$$x = m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = \frac{10 \text{ г} \cdot 250 \text{ г}}{160 \text{ г}} = 15,6 \text{ г}.$$

3. Розраховуємо масу води:

$$m(\text{води}) = m(\text{р-ну}) - m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г} - 15,6 \text{ г} = 184,4 \text{ г}.$$

**Відповідь:**  $m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 15,6 \text{ г}$ ;  $m(\text{води}) = 184,4 \text{ г}$ .

Склад розчину, утвореного двома рідинами, часто подають у вигляді співвідношення їхніх об'ємів. У хімічній лабораторії на пляшках із розчинами кислот можна побачити написи «1 : 2», «1 : 4». Вони свідчать про те, що розчини виготовлено змішуванням одного об'єму кислоти із двома або чотирма об'ємами води.

## ВИСНОВКИ

Кількісний склад розчину характеризують масовою часткою розчиненої речовини.

Масова частка розчиненої речовини є відношенням маси речовини до маси розчину. Значення масової частки, виражене у відсотках, чисельно дорівнює масі розчиненої речовини (у грамах), яка міститься в 100 г розчину.

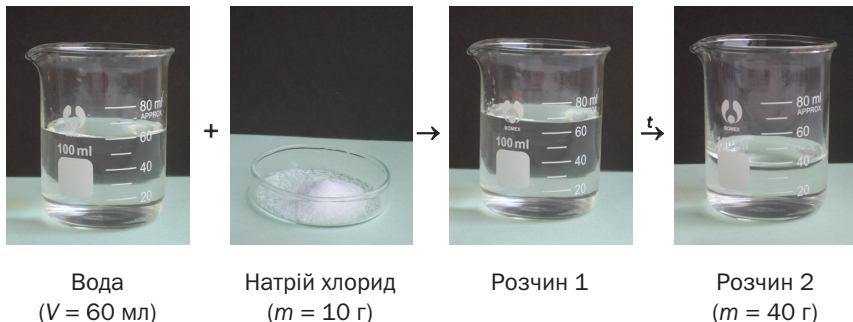


46. Як ви розумієте термін «кількісний склад розчину»?
47. Що таке масова частка розчиненої речовини? Чи має розмірність ця величина?
48. Яка маса речовини міститься у 300 г її розчину з масовою часткою речовини 0,02? (Усно.)
49. Порцію цукру масою 50 г розчинили у 200 г води. Обчисліть масову частку цукру у приготовленому розчині. (Усно.)
50. Зробіть (усно) відповідні розрахунки й заповніть таблицю:

$m(\text{р-ну}), \text{г}$	$m(\text{р. р.}), \text{г}$	$m(\text{води}), \text{г}$	$w(\text{р. р.}), \%$
400	8		
500		460	

51. У якій масі води треба розчинити 6 г калій нітрату, щоб приготувати розчин із масовою часткою розчиненої речовини 0,05?
52. Розчин натрій хлориду із масовою часткою солі 0,9 % (так званий фізіологічний розчин) використовують у медицині. Яку масу солі та який об'єм дистильованої води потрібно взяти для приготування 2 кг такого розчину?
53. До 200 г розчину солі з її масовою часткою 0,2 спочатку долили 30 мл води, а потім розчинили ще 20 г солі. Обчисліть масову частку солі в розчині, який утворився.

54. Складіть умову задачі згідно з малюнками і розв'яжіть її.



55. Яка маса натрій гідроксиду міститься у 20 мл розчину із масовою часткою лугу 32 %, якщо густина розчину становить  $1,25$  г/см<sup>3</sup>?

56. Кристалогідрат  $\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  масою 16 г розчинили у 94 г води. Обчисліть масову частку літій сульфату  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  у приготовленому розчині.

57. За кривою розчинності купрум(II) сульфату (мал. 19) визначте масову частку сполуки в її насиченому розчині при  $60^\circ\text{C}$ .

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### Приготування водного розчину солі з певною масовою часткою розчиненої речовини



**Мал. 24**  
Порція солі, зважена на електронних терезах

#### ВАРІАНТ I

**Завдання.** Приготувати 40 г водного розчину калій хлориду з масовою часткою солі 0,05.

#### ВАРІАНТ II

**Завдання.** Приготувати із 2 г натрій нітрату водний розчин з масовою часткою солі 4 %.

Перед виконанням роботи зробіть необхідні розрахунки. Їх результати разом із вихідними даними занесіть до таблиці.

Зважте на терезах необхідну масу солі (мал. 24) й помістіть її в хімічну склянку (колбу).

Наберіть у мірний циліндр розрахований об'єм води і вилийте в посудину із сіллю. Перемішуйте суміш до повного розчинення солі. За необхідності розчин профільтруйте.

Варіант	$m(\text{р-ну}), \text{г}$	$m(\text{солі}), \text{г}$	$m(\text{води}), \text{г}$	$V(\text{води}), \text{мл}$	$w(\text{солі})$
Для приготування водного розчину солі необхідно взяти: $m(\text{солі}) = \dots \text{г}, \quad V(\text{води}) = \dots \text{мл}$					



58. Як із 5 г мідного купоросу приготувати водний розчин з масовою часткою купрум(II) сульфату 8 %?
59. Учень, виконуючи варіант I практичної роботи, замість 40 г розчину з масовою часткою калій хлориду 0,05 приготував таку саму масу 4 %-го розчину. Яку масу солі потрібно додати в цей розчин, щоб її масова частка дорівнювала 0,05?
60. Учень, виконуючи варіант II практичної роботи, замість 4 %-го розчину приготував із 2 г натрій нітрату розчин із масовою часткою солі 0,05. Як йому виправити помилку, використавши приготовлений розчин?

## 7 Електроліти та неелектроліти

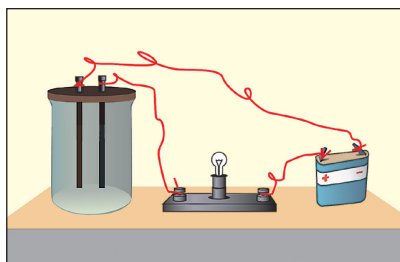
**Матеріал параграфу допоможе вам:**

- зрозуміти, чому розчини і розплави деяких речовин проводять електричний струм;
- дізнатися про те, як можна виявити йони в розчині.

Загальновідомо, що метали проводять електричний струм. Така їхня властивість зумовлена наявністю в металах електронів, які не утримуються «своїми» атомами і вільно переміщуються в речовині. Якщо з'єднати металеву дrottину або пластину з батареєю (акумулятором), то ці електрони починають рухатись до позитивно зарядженого полюса батареї. У речовині виникає електричний струм.

Солі, основи, основні та амфотерні оксиди містять заряджені частинки іншого типу — йони. З'ясуємо за допомогою експерименту, чи здатні речовини йонної будови проводити електричний струм.

Перед проведенням дослідів зберемо прилад, який складається зі склянки, двох електродів<sup>1</sup>, лампочки і батарейки (мал. 25). Будемо занурювати електроди у тверді речовини, їхні розплави, водні розчини. Виявимо, що лампочка горить лише тоді, коли електроди перебувають у рідині — розплаві або розчині йонної речовини (мал. 26).



**Мал. 25.**  
Прилад для дослідження електропровідності речовин, розчинів, розплавів



**Мал. 26.**  
Виявлення здатності водних розчинів і води проводити електричний струм

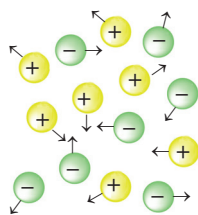
Пояснимо результати дослідів.

У твердій речовині йони сполучені один з одним. Тому речовина не проводить електричного струму. У рідині (розплаві, розчині) йони рухаються хаотично (мал. 27). Якщо в неї занурити електроди, з'єднані із джерелом постійного струму, рух йонів стає направленим. Позитивно заряджені йони (катіони) прямуватимуть до негативно зарядженого електрода (катода), а негативно заряджені (аніони) — до позитивно зарядженого електрода (анода) (мал. 28).

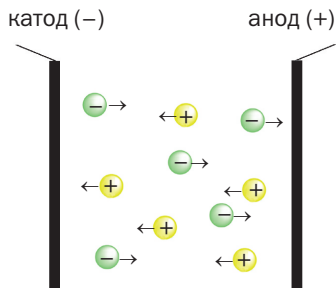
Електропровідними є не лише розплави і водні розчини йонних речовин, а й водні розчи-

<sup>1</sup> Електродом може слугувати стержень або пластина із електропровідного матеріалу — металу або графіту.





**Мал. 27.**  
Хаотичний рух йонів у розплаві або розчині йонної сполуки



**Мал. 28.**  
Направлений рух йонів до електродів у розплаві або розчині йонної сполуки

ни деяких молекулярних речовин — кислот. Причина полягає в тому, що під час розчинення кислоти у воді частина її молекул руйнується з утворенням йонів. Цей процес розглядатимемо в наступному параграфі.

## Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають *електролітами*<sup>1</sup>.

**Електроліти**  
(у водному розчині):  
**солі, луги, кислоти**

**Електроліти**  
(у розплавленому стані):  
**солі, луги, йонні оксиди**

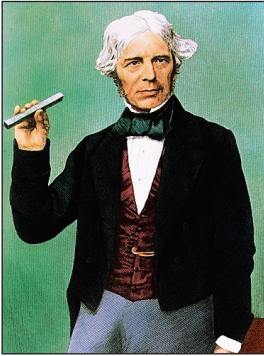
Загальна назва речовин, розчини і розплави яких не проводять струму, — *неелектроліти*. До них належать багато молекулярних речовин, а також усі речовини атомної будови.

Значний внесок у дослідження електропровідності водних розчинів зробив на початку XIX ст. англійський учений Майкл Фарадей.

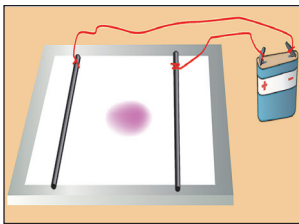
Те, що йони у розчині рухаються до електродів, з'єднаних із батареєю, можна довести за допомогою експерименту. Аркуш фільтрувального паперу кладуть на скляну або полімерну пластину і змочують безбарвним розчином електроліту (наприклад, натрій хлориду). Потім у центр аркуша наносять кілька крапель розчину солі, що містить забарвлені катіони (купрум(II) сульфат  $\text{CuSO}_4$ , нікель(II) сульфат  $\text{NiSO}_4$ , ферум(III) хлорид  $\text{FeCl}_3$ ) або аніони

<sup>1</sup> Термін походить від грецького слова *lytos* — той, що розкладається.

## Майкл Фарадей (1791—1867)



Видатний англійський фізик і хімік, член Лондонського королівського товариства (Англійської академії наук), почесний член Петербурзької академії наук. Відкрив закони, що встановлюють залежність між кількістю електрики і масами речовин, які розкладаються або утворюються за дії електричного струму (1833—1834). Удосконалив спосіб скраплення газів і добув у рідкому стані хлор, сірководень, аміак, карбон(IV) оксид, нітроген(IV) оксид. Одним із перших розпочав вивчати реакції, які відбуваються за наявності каталізаторів. Здійснив фундаментальні дослідження з електрики, магнетизму, зробив чимало відкриттів у фізиці. Не мав вищої освіти.



**Мал. 29.**  
Дослід із виявлення руху забарвлених іонів у розчині до електродів

(калій перманганат  $\text{KMnO}_4$ , калій дихромат  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). На папір по обидва боки від центру кладуть два електроди і з'єднують їх дротинками з батарейкою (мал. 29). Кольорова пляма починає зміщуватися до одного з електродів.

► До якого електрода — позитивно чи негативно зарядженого — рухатимуться катіони  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , аніони  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ?

## ВИСНОВКИ

Сполуки, водні розчини і розплави яких проводять електричний струм, називають електролітами. До електролітів належать усі йонні речовини — луги, солі, основні й амфотерні оксиди, а також частина молекулярних речовин — кислоти (вони проводять струм лише у водному розчині). Інші речовини є неелектролітами.



61. Які речовини проводять електричний струм у твердому стані? Назвіть частинки, що зумовлюють електропровідність цих речовин.
62. Які речовини називають електролітами? Наведіть кілька прикладів.
63. Поясніть, чому водний розчин натрій хлориду проводить електричний струм.
64. Назвіть класи сполук, що є електролітами:  
а) лише у водних розчинах;  
б) у водних розчинах і рідкому (розплавленому) стані.
65. Водопровідна вода, на відміну від дистильованої, проводить електричний струм. Як це пояснити?
66. Електропровідність якої води вища — морської чи річкової? Чому?
67. У переліку речовин укажіть ті, що проводять електричний струм у рідкому (розплавленому) стані: барій оксид, сірка, хлороводень, магній хлорид, калій гідроксид, сульфур(VI) оксид. Поясніть свій вибір.
68. Обчисліть сумарну кількість йонів: а) в 11,7 г натрій хлориду; б) у 20,4 г алюміній оксиду; в) у 41 г кальцій нітрату.

---

## 8 Електролітична дисоціація

---

**Матеріал параграфа допоможе вам:**

- довідатися, який процес називають електролітичною дисоціацією;
- зрозуміти, як утворюються йони у розчинах кислот;
- дізнатися про ступінчасту дисоціацію кислот;
- з'ясувати причину зміни забарвлення індикаторів у водних розчинах кислот і лугів.

Здатність розчинів чи розплавів деяких речовин проводити електричний струм зумовлена наявністю йонів у цих рідинах.

**Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають *електролітичною дисоціацією*<sup>1</sup>.**

---

<sup>1</sup> Термін походить від латинського слова *dissociatio* — роз'єднання.

Теорію електролітичної дисоціації речовин у розчинах створив шведський учений Сванте-Август Арреніус у 1887 р.

Ви вже знаєте, що речовини, які розпадаються у розчині чи розплаві на йони, називають електролітами. Серед них є сполуки йонної та молекулярної будови.

**Електролітична дисоціація йонних речовин.** Про суть процесу розчинення йонної речовини у воді йшлося в § 4. Молекули води завдяки електростатичній взаємодії з йонами, розміщеними на поверхні кристалів, поступово вилучають їх із речовини (мал. 12). Кристали руйнуються, речовина розчиняється. Залишаючись сполученими з молекулами води, катіони й аніони електроліту разом із іншими молекулами води утворюють розчин.

Електролітичну дисоціацію речовини, як і хімічну реакцію, можна відобразити за допомогою хімічного рівняння. Запишемо рівняння електролітичної дисоціації натрій хлориду й алюміній сульфату у водному розчині:



Водні розчини солей містять йони, з яких складаються ці речовини.

**Солі — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах на катіони металічних елементів та аніони кислотних залишків.**

У водних розчинах лугів містяться катіони металічних елементів і гідроксид-іони  $\text{OH}^-$ . Рівняння електролітичної дисоціації калій гідроксиду і барій гідроксиду мають вигляд:



**Основи — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах або розплавах з утворенням аніонів одного типу — гідроксид-іонів  $\text{OH}^-$ .**

## Сванте-Август Арреніус (1859—1927)



Видатний шведський учений, академік Королівської академії наук Швеції, почесний член Петербурзької академії, академії наук СРСР і багатьох інших країн. Один із засновників фізичної хімії. Зробив вагомий внесок у дослідження розчинів і хімічних реакцій. Автор теорії електролітичної дисоціації (1887), за створення якої вченому було присуджено Нобелівську премію (1903). Пояснив залежність швидкості реакції від температури, сформулювавши уявлення про «активні молекули» (1889). Математичну формулу цієї залежності названо рівнянням Арреніуса. Автор багатьох наукових праць із хімії, біології, геології, фізики.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 5

#### Виявлення гідроксид-іонів у розчинах лугів за допомогою індикатора

У двох пробірках містяться розбавлені розчини натрій гідроксиду і барій гідроксиду. Нанесіть за допомогою піпетки або скляної палички краплю розчину із кожної пробірки на універсальний індикаторний папірець<sup>1</sup>. Що спостерігаєте? Зробіть відповідний висновок.

Наявність гідроксид-іонів у водних розчинах лугів зумовлює спільні хімічні властивості цих сполук. Так, луги однаково діють на певний індикатор: фенолфталеїн забарвлюється в малиновий колір, метилоранж — у жовтий, лакмус — у синій, універсальний індикатор — у синьо-зелений. Отже, за допомогою індикатора можна виявити у водному розчині лугу йони  $\text{OH}^-$ , але не саму речовину.

Нерозчинні основи на індикатори не діють.

У хімії часто використовують словосполучення «лужне середовище». Воно вказує на те, що в розчині наявні гідроксид-іони.

<sup>1</sup> Учитель може запропонувати інший індикатор.

### Цікаво знати

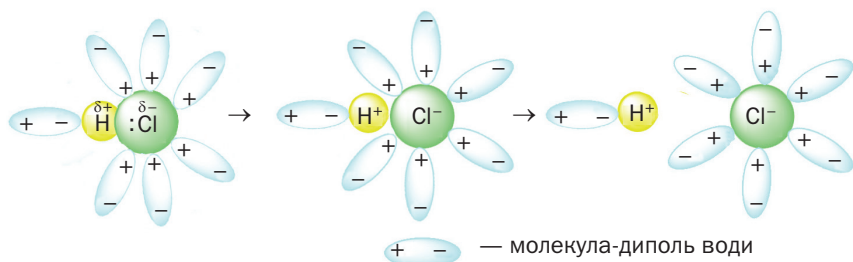
Заряд на атомі Гідрогену в молекулі  $\text{HCl}$  становить  $+0,2$ , а на атомі Хлору  $-0,2$ .

**Електролітична дисоціація молекулярних речовин.** В електролітах молекулярної будови — кислотах — йони відсутні. Вони утворюються лише під час розчинення речовин у воді.

Розглянемо, як відбувається цей процес у водному розчині хлороводню  $\text{HCl}$  — хлоридній кислоті.

У молекулі  $\text{HCl}$  існує полярний ковалентний зв'язок. Спільна електронна пара зміщена до більш електронегативного атома Хлору ( $\text{H}:\text{Cl}$ ). На атомі Хлору зосереджується невеликий негативний заряд ( $\delta^-$ ), а на атомі Гідрогену — позитивний заряд ( $\delta^+$ ). Отже, молекула хлороводню є диполем:  $\overset{\delta^+}{\text{H}}-\overset{\delta^-}{\text{Cl}}$ .

Під час розчинення хлороводню молекули  $\text{HCl}$  і  $\text{H}_2\text{O}$  притягуються одна до одної своїми протилежно зарядженими частинами (мал. 30). Унаслідок цього ковалентні зв'язки в багатьох молекулах  $\text{HCl}$  розриваються, і вони розпадаються, але не на атоми, а на йони. Спільна електронна пара, що була зміщена до атома Хлору, під час руйнування молекули  $\text{HCl}$  переходить у його «власність»; атом Хлору перетворюється на йон  $\text{Cl}^-$ . Атом Гідрогену втрачає свій єдиний електрон і стає йоном  $\text{H}^+$ . Утворені йони залишаються оточеними молекулами води, тобто гідратованими.

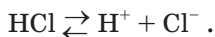


Мал. 30.

Утворення йонів із молекули  $\text{HCl}$  у водному розчині

Деякі йони  $\text{H}^+$  і  $\text{Cl}^-$  внаслідок взаємного електростатичного притягання знову сполучаються в молекули. Тому рівняння електролітичної

дисоціації хлороводню у водному розчині має такий вигляд<sup>1</sup>:



Знак оборотності  $\rightleftharpoons$  свідчить про одночасний перебіг двох процесів — прямого (зліва направо) і зворотного (справа наліво). Ці процеси за незмінних концентрації розчину і температури відбуваються з однаковою швидкістю. Тому кількість молекул і йонів у розчині з часом не змінюється.

У хлоридній кислоті та водних розчинах інших кислот крім молекул води містяться катіони Гідрогену  $\text{H}^+$ , аніони кислотних залишків, а також молекули кислот.

## Кислоти — електроліти, які дисоціюють у водних розчинах з утворенням катіонів одного типу — йонів Гідрогену $\text{H}^+$ .

Наявність йонів  $\text{H}^+$  у водних розчинах зумовлює спільні хімічні властивості кислот, наприклад однакову дію на індикатор.

### ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 6

#### Виявлення катіонів Гідрогену в розчинах кислот за допомогою індикатора

У двох пробірках містяться розбавлені хлоридна та сульфатна кислоти. Нанесіть за допомогою піпетки або скляної палички краплю розчину із кожної пробірки на універсальний індикаторний папірець<sup>2</sup>. Що спостерігаєте? Зробіть відповідний висновок.

Отже, за допомогою індикатора можна виявити у водному розчині йони  $\text{H}^+$ , але не певну кислоту.

Нерозчинні кислоти не діють на індикатори.

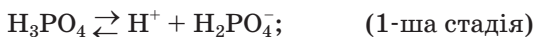
<sup>1</sup> Участь води в процесі електролітичної дисоціації можна проілюструвати такою схемою:



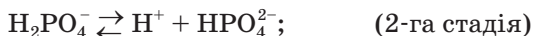
<sup>2</sup> Учитель може запропонувати інший індикатор.

Вираз «кисле середовище» означає, що розчин містить катіони Гідрогену.

Дисоціація багатоосновних кислот має ступінчастий характер; вона відбувається в кілька стадій. Розглянемо цей процес на прикладі трьохосновної ортофосфатної кислоти  $\text{H}_3\text{PO}_4$ . Молекула цієї кислоти містить три атоми Гідрогену. Спочатку від молекули відокремлюється один із них, перетворюючись на йон  $\text{H}^+$ :



потім, уже від йона  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , — другий:



і, нарешті, — третій (від йона  $\text{HPO}_4^{2-}$ ):



Зверніть увагу: заряд йона в лівій частині другого (або третього) рівняння дорівнює сумі зарядів йонів у правій частині.

На кожній стадії дисоціює лише частина молекул або йонів. Водний розчин ортофосфатної кислоти крім молекул води містить молекули  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , катіони Гідрогену і різну кількість аніонів трьох видів.

► У скільки стадій відбувається процес дисоціації сульфатної кислоти? Напишіть відповідні рівняння.

Луги та солі, на відміну від кислот, дисоціюють не ступінчасто  $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{BaOH}^+ + \text{OH}^-; \text{BaOH}^+ \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{OH}^-]$ , а в одну стадію і повністю:



У розчин переходять йони, з яких складаються ці сполуки.

**Назви йонів.** Назва кожного йона складається із двох слів.

Майже всі катіони є простими (одноатомними)<sup>1</sup>. Їх утворюють металічні елементи, а також Гідроген. Перше слово у назві катіона — «йон» (або «катіон»), а друге — назва елемента в родовому відмінку:

---

<sup>1</sup> Існують і складні катіони, наприклад йон амонію  $\text{NH}_4^+$ .



$\text{Na}^+$  — йон Натрію;  
 $\text{H}^+$  — катіон Гідрогену<sup>1</sup>;  
 $\text{Fe}^{3+}$  — йон Феруму(III).

Аніони бувають простими і складними. Прості аніони утворюють лише неметалічні елементи. Один із варіантів складання назви простого аніона — такий самий, що й для катіона:

$\text{Cl}^-$  — йон Хлору;  $\text{H}^-$  — аніон Гідрогену.

В іншому варіанті перше слово назви аніона складається з кореня назви елемента і суфікса «ид» чи «ід»; друге слово «іон» пишуть після дефіса:

$\text{Cl}^-$  — хлорид-іон;  $\text{H}^-$  — гідрид-іон;  
 $\text{O}^{2-}$  — оксид-іон;  $\text{S}^{2-}$  — сульфід-іон.

Назви складних (багатоатомних) аніонів походять від хімічних назв відповідних кислот:

$\text{SO}_3^{2-}$  — сульфит-іон;  
 $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  — дигідрогенортофосфат-іон.

Назва аніона  $\text{OH}^-$  — гідроксид-іон.

## ВИСНОВКИ

Розпад речовини на йони під час її розчинення або плавлення називають електролітичною дисоціацією. У разі розчинення йонної речовини (лугу, солі) цей процес полягає у переході йонів із речовини у розчин. Електролітична дисоціація молекулярної речовини (кислоти) відбувається внаслідок розпаду молекул на йони.

Солі дисоціюють на катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків, основи — з утворенням гідроксид-іонів, а кислоти — з утворенням катіонів Гідрогену.

Не всі молекули кислоти розпадаються у розчині на йони. Електролітична дисоціація багатосновних кислот відбувається у кілька стадій.

Індикатори виявляють у розчині йони  $\text{OH}^-$  і  $\text{H}^+$ , а не конкретну речовину — луг чи кислоту.

---

<sup>1</sup> Назва «йон Гідрогену» неоднозначна, бо Гідроген — єдиний елемент, що утворює і катіон, і аніон. З іншого боку, назва «йон Натрію» відповідає катіону, бо Натрій як металічний елемент аніонів не утворює.



69. Дайте означення солі, лугу і кислоти як електролітів.
70. Чи можуть бути електролітами прості речовини? Відповідь аргументуйте.
71. Складіть формулу солі та запишіть рівняння її електролітичної дисоціації, якщо в розчині сполуки містяться йони: а)  $K^+$  та  $CO_3^{2-}$ ; б)  $Fe^{3+}$  та  $NO_3^-$ ; в)  $Mg^{2+}$  та  $Cl^-$ .
72. Запишіть рівняння електролітичної дисоціації у водному розчині сполук із такими формулами:  $LiOH$ ,  $HNO_3$ ,  $CuSO_4$ ,  $Na_2S$ ,  $K_3PO_4$ . Назвіть йони, які утворюються при дисоціації кожної сполуки.
73. Яка кислота дисоціює ступінчасто —  $HBr$ ,  $H_2S$  чи  $HNO_2$ ? Напишіть рівняння її електролітичної дисоціації.
74. Чому, на вашу думку, кальцій хлорид дисоціює в одну стадію і повністю ( $CaCl_2 = Ca^{2+} + 2Cl^-$ ), а не ступінчасто — у дві стадії?
75. Обчисліть кількість катіонів і кількість аніонів у розчині, що містить 2,9 г калій сульфату.
76. В 1 л води деякого джерела міститься 60 мг йонів  $Ca^{2+}$  та 36 мг йонів  $Mg^{2+}$ . Зіставте кількості цих йонів (спробуйте це зробити на підставі усних обчислень) і виберіть правильну відповідь:  
а) йонів  $Ca^{2+}$  та  $Mg^{2+}$  — однакова кількість;  
б) йонів  $Ca^{2+}$  більше, ніж йонів  $Mg^{2+}$ ;  
в) йонів  $Mg^{2+}$  більше, ніж йонів  $Ca^{2+}$ .
77. Газ хлороводень об'ємом 560 мл (н. у.) розчинили у 100 мл води. Припустивши, що сполука дисоціює повністю, знайдіть масові частки йонів у розчині.
78. У 800 г води розчинили 1 моль натрій сульфату і 2 моль натрій гідроксиду. Обчисліть масову частку кожного йона в розчині.

## 9

### Ступінь електролітичної дисоціації. Вода як електроліт

Матеріал параграфу допоможе вам:

- з'ясувати, що називають ступенем електролітичної дисоціації;
- зрозуміти, як відбувається електролітична дисоціація води.

**Ступінь електролітичної дисоціації.** Йонні речовини дисоціюють у водному розчині повністю, а молекулярні — частково. У другому випадку для кількісної характеристики цього процесу використовують величину, яку називають *ступенем електролітичної дисоціації*. (Для спрощення друге слово у назві терміна далі не вказуватимемо.)

**Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної кількості його молекул перед дисоціацією.**

Ступінь дисоціації позначають грецькою літерою  $\alpha$  (альфа). Цю фізичну величину виражають часткою від одиниці або у відсотках:

$$\alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})}; \quad \alpha = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} \cdot 100 \%$$

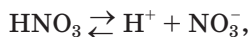
У наведених формулах  $N(\text{дис.})$  — кількість молекул електроліту, що розпалися на йони;  $N(\text{заг.})$  — кількість молекул електроліту до дисоціації.

Інтервали значень ступеня дисоціації:

$$0 < \alpha < 1, \quad \text{або} \quad 0 \% < \alpha < 100 \%$$

► Чому дорівнює ступінь дисоціації фторидної кислоти у розчині, якщо із кожних восьми молекул HF одна розпалася на йони?

У наведених вище формулах кількість молекул, які продисоціювали, можна замінити на кількість катіонів або аніонів, що утворилися. Урахувавши, наприклад, що кожна молекула нітратної кислоти при дисоціації дає один йон  $\text{H}^+$  і один йон  $\text{NO}_3^-$



отримуємо:

$$\alpha(\text{HNO}_3) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{N(\text{H}^+)}{N(\text{заг.})} = \frac{N(\text{NO}_3^-)}{N(\text{заг.})}$$

У вираз для ступеня дисоціації можна записати і кількість речовини електроліту — ту, яка

продисоціювала (в чисельнику), і загальну, тобто до дисоціації (у знаменнику):

$$\alpha = \frac{n(\text{дис.})}{n(\text{заг.})} (\cdot 100 \%).$$

► Обґрунтуйте цю формулу.

**ЗАДАЧА.** У розчині кислоти  $\text{HA}$  на кожен пару йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$  припадає чотири молекули сполуки. Обчислити ступінь дисоціації кислоти.

Дано:

$$N(\text{H}^+) = N(\text{A}^-) = 1$$

$$N(\text{HA}) = 4$$

$$\alpha(\text{HA}) = ?$$

Розв'язання

Пара йонів ( $\text{H}^+$  і  $\text{A}^-$ ) утворилася з однієї молекули кислоти:



Отже, до дисоціації молекул  $\text{HA}$  було  $4 + 1 = 5$ . Обчислюємо ступінь дисоціації кислоти:

$$\alpha(\text{HA}) = \frac{N(\text{дис.})}{N(\text{заг.})} = \frac{1}{5} = 0,2,$$

$$\text{або } 0,2 \cdot 100 \% = 20 \%.$$

Відповідь:  $\alpha(\text{HA}) = 0,2$ , або 20 %.

**Слабкі та сильні електроліти.** Якщо значення ступеня дисоціації дорівнює, наприклад, 0,01 чи 0,001 (1 % чи 0,1 %), то сполука незначною мірою розпадається на йони в розчині. Її називають *слабким електролітом*. Якщо ж значення  $\alpha$  наближається до одиниці, або до 100 % (становить, наприклад, 90 % чи 99 %), то сполука майже повністю дисоціює. Це — *сильний електроліт*.

Вам відомо, що йонні речовини — луги і солі — містяться в розчинах лише у вигляді відповідних йонів. Для цих сполук  $\alpha = 1$  (100 %), і всі вони належать до сильних електролітів.

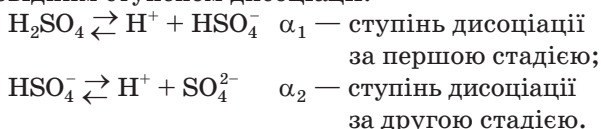
Щодо кислот (молекулярних речовин), то деякі з них розпадаються в розчинах на йони майже повністю, а інші — незначною мірою. Перші називають *сильними кислотами*, другі — *слабкими*. Існують і *кислоти середньої сили*.

Наводимо приклади найважливіших кислот кожного типу; їхні формули записано в порядку зменшення ступеня дисоціації сполук у розчинах (див. також форзац II):



У 8 класі ми назвали сильними кислотами ті, які активно реагують із багатьма речовинами. Тепер ви знаєте, що в розчинах таких кислот міститься найбільше катіонів Гідрогену. Отже, *хімічна активність кислоти залежить від кількості іонів  $\text{H}^+$  у її розчині.*

У попередньому параграфі було зазначено, що багатоосновні кислоти дисоціюють у кілька стадій. Кожну стадію можна охарактеризувати відповідним ступенем дисоціації:



Кислота дисоціює за першою стадією повніше, ніж за другою:  $\alpha_1 > \alpha_2$ . Це зумовлено двома причинами:

- йону  $\text{H}^+$  легше відокремитися від електронейтральної частинки — молекули  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (перша стадія дисоціації), ніж від протилежно зарядженої — йона  $\text{HSO}_4^-$  (друга стадія);
- двозарядний йон  $\text{SO}_4^{2-}$  міцніше сполучається з катіоном  $\text{H}^+$  (це зменшує дисоціацію за другою стадією), ніж однозарядний йон  $\text{HSO}_4^-$ .

**Вода як електроліт.** Результати дослідів свідчать про те, що чиста вода (наприклад, дистильована, у якій немає розчинених електролітів) має надзвичайно низьку електропровідність. Це зумовлено наявністю у воді дуже малої кількості іонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ . Такі йони утворюються внаслідок розривання одного з полярних ковалентних зв'язків у молекулі  $\text{H}_2\text{O}$  (§ 1).

Отже, вода — дуже слабкий електроліт. Вона дисоціює згідно з рівнянням:



Учені з'ясували, що при температурі  $25^\circ\text{C}$  лише одна молекула води із кожних 555 мільйонів молекул розпадається на йони. Ступінь електролітичної дисоціації води становить:

$$\alpha(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1}{555\,000\,000} \approx 1,8 \cdot 10^{-9}, \text{ або } 1,8 \cdot 10^{-7} \text{ \%}.$$

Ступінь дисоціації — це відношення кількості молекул електроліту, які розпалися на йони, до загальної кількості його молекул. Ступінь дисоціації також виражають у відсотках.

Якщо електроліт розпадається на йони незначною мірою, його називають слабким, а якщо повністю або майже повністю — сильним. Серед кислот є електроліти всіх типів, а луги і солі належать до сильних електролітів, оскільки складаються з йонів.

Вода — дуже слабкий електроліт.



79. Що таке ступінь електролітичної дисоціації? На які групи поділяють електроліти залежно від значень цієї фізичної величини?
80. Серед наведених слів і словосполучення виберіть те, яке пропущено в реченні «Речовини, що складаються з йонів, виявляють властивості ... електролітів»:
  - а) сильних;
  - б) слабких;
  - в) як сильних, так і слабких.
81. Серед наведених слів і словосполучень виберіть те, яким треба закінчити речення «Речовини, що виявляють у водних розчинах властивості сильних електролітів, складаються з ... »:
  - а) йонів;
  - б) молекул;
  - в) йонів, а іноді — з молекул;
  - г) молекул, а іноді — з йонів.
82. Запишіть різні математичні вирази для розрахунку ступеня дисоціації хлоридної кислоти.
83. Обчисліть ступінь дисоціації кислоти  $\text{HA}$ , якщо відомо, що в її розчині із кожних 20 молекул не розпалися на йони 13 молекул.
84. Розчин нітритної кислоти  $\text{HNO}_2$  містить стільки молекул кислоти, скільки й усіх йонів. Який ступінь дисоціації сполуки?
85. Ступінь дисоціації ціанідної кислоти  $\text{HCN}$  у розчині становить 0,2 %. Скільки молекул кислоти, що не зазнали дисоціації, припадає в розчині на одну пару йонів  $\text{H}^+$  і  $\text{CN}^-$ ?

86. Яких частинок розчиненої речовини у водному розчині сульфатної кислоти найбільше, а яких — найменше: молекул  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , йонів  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_4^-$ ,  $\text{H}^+$ ? Відповідь поясніть.
87. Обчисліть кількості йонів  $\text{H}^+$  і йонів  $\text{OH}^-$  у краплі води об'ємом 0,1 мл.
88. Обчисліть масові частки йонів  $\text{H}^+$  і йонів  $\text{OH}^-$  у воді.

# 10

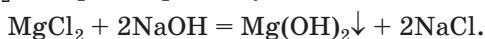
## Йонно-молекулярні рівняння. Реакції обміну між електролітами у розчині

Матеріал параграфа допоможе вам:

- з'ясувати, які хімічні рівняння називають йонно-молекулярними;
- складати йонно-молекулярні рівняння;
- передбачати можливість реакції обміну.

**Йонно-молекулярні рівняння.** Рівняння реакцій за участю розчинів електролітів — лугів, кислот, солей, які ви склали у 8 класі, не передають суті хімічних перетворень, оскільки в них записано формули речовин, а не формули йонів.

Що ж відбувається насправді при взаємодії електролітів у розчині? З'ясуємо це, розглянувши реакцію між розчинами магній хлориду  $\text{MgCl}_2$  і натрій гідроксиду  $\text{NaOH}$ :



Розчин вихідної солі містить катіони Магнію та аніони Хлору



а розчин луку — катіони Натрію і гідроксид-іони:



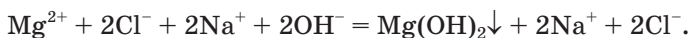
Під час реакції йони  $\text{Mg}^{2+}$  і  $\text{OH}^-$ , сполучаючись, утворюють осад малорозчинної основи  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються у розчині.

Змінимо наведене вище хімічне рівняння, беручи до уваги стан (дисоційований, недисоційований) кожного реагенту і продукту. Замість

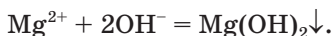
формул обох реагентів записуємо формули йонів, які були в розчинах сполук до реакції, разом із відповідними коефіцієнтами (враховуємо індекс 2 у формулі солі Магнію та коефіцієнт 2 перед формулою лугу):



У правій частині рівняння залишаємо формулу  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ , а замість формули натрій хлориду записуємо формули відповідних йонів з урахуванням коефіцієнта 2, який був у попередньому рівнянні:



В обох частинах нового рівняння є однакові йони —  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$ , причому кожний — в однаковій кількості. Вилучивши їх, отримуємо запис, який називають *йонно-молекулярним рівнянням*<sup>1</sup>:



### **Йонно-молекулярне рівняння — це рівняння, яке містить формули речовин і формули йонів.**

Йонно-молекулярне рівняння вказує на те, що саме відбувається під час хімічного перетворення, які частинки взаємодіють у розчині і які утворюються. Складаючи таке рівняння, кожен речовину подають у тій формі (дисоційованій, недисоційованій), яка переважає в реакційній суміші чи є в ній єдиною можливою.

При складанні йонно-молекулярного рівняння дотримуються такої послідовності дій:

1. Записують «звичайне» хімічне рівняння (його називають молекулярним<sup>2</sup>).
2. За таблицею розчинності визначають, які реагенти і продукти реакції розчиняються у воді, а які не розчиняються.
3. З'ясовують, які реагенти і продукти реакції є сильними електролітами, а які — слабкими електролітами або неелектролітами.

---

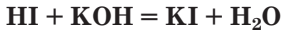
<sup>1</sup> Іноді використовують скорочений термін — «йонне рівняння».

<sup>2</sup> Така назва є умовною, оскільки молекул основ і солей не існує; це — йонні речовини.



4. У молекулярному рівнянні формули розчинних сильних електролітів замінюють на формули відповідних йонів, урахувавши при цьому індекси та коефіцієнти. Спочатку записують катіони, потім — аніони.

**Молекулярне рівняння**



**Йонно-молекулярне рівняння**



5. Із обох частин отриманого рівняння вилучають однакові йони (у разі їх наявності) в однакових кількостях.  
6. Якщо всі коефіцієнти виявляться кратними, їх ділять на відповідне число.

► Складіть йонно-молекулярне рівняння реакції між барій нітратом і натрій карбонатом у розчині.

Тепер розглянемо, як виконують завдання зворотного типу. Складемо молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному



У лівій частині рівняння записано лише формули йонів. Отже, сполуки, які взаємодіють, мають бути сильними й розчинними електролітами.

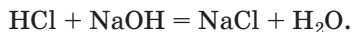
Йони  $\text{H}^+$  утворюються в розчині при дисоціації сильної кислоти (наприклад,  $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ), а йони  $\text{OH}^-$  — при дисоціації лугу (наприклад,  $\text{NaOH} = \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ ). Обравши реагентами хлоридну кислоту і натрій гідроксид, допишемо в ліву частину йонно-молекулярного рівняння йони  $\text{Cl}^-$  і  $\text{Na}^+$ :



Йони  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  сполучаються в молекули слабого електроліту — води, а йони  $\text{Na}^+$  і  $\text{Cl}^-$  залишаються в розчині. Допишемо їх у праву частину рівняння:



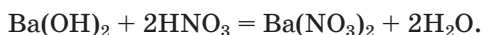
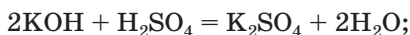
«З'єднавши» йони у формули відповідних сполук, отримуємо молекулярне рівняння:



Отже, для того щоб скласти молекулярне рівняння за даним йонно-молекулярним рівнян-

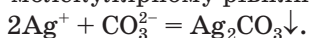
ням, необхідно замінити кожний йон на формулу відповідного сильного й розчинного електроліту, а потім дописати формули інших реагентів (продуктів) — розчинних сильних електролітів.

Зрозуміло, що йонно-молекулярному рівнянню  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$  відповідають кілька молекулярних рівнянь, бо реагентами можуть бути інші луги та сильні кислоти. Серед цих рівнянь є й такі:



Зазначимо, що пара реагентів  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  і  $\text{H}_2\text{SO}_4$  не задовольняє умови завдання. Хоча барій гідроксид і сульфатна кислота — сильні й розчинні електроліти, однак при їх взаємодії утворюється нерозчинна сіль  $\text{BaSO}_4$ , формула якої мала бути у правій частині йонно-молекулярного рівняння.

► Складіть молекулярне рівняння, яке відповідає йонно-молекулярному рівнянню



### Реакції обміну між електролітами у розчині.

Розглянуті в параграфі реакції належать до реакцій обміну. У них сполуки обмінюються своїми складовими — йонами.

#### Цікаво знати

Деякі солі можуть взаємодіяти одна з одною і в розплавленому стані

Не всі реакції обміну є можливими. У 8 класі ви дізналися, що реакція такого типу відбувається, якщо її продукт є малорозчинним, нерозчинним (він виділяється у вигляді осаду), газом або слабкою кислотою. Тепер додамо, що реакція відбувається і тоді, коли утворюється слабкий електроліт, у тому числі й вода.

Отже, для з'ясування можливості реакції обміну потрібно мати відомості про розчинність і силу електролітів. Нагадуємо, що ряд кислот за їхньою здатністю до дисоціації вміщено на форзаці II. Необхідно також знати, що фторидна кислота HF, хлоридна HCl, йодидна HI, сульфідна  $\text{H}_2\text{S}$ , нітратна  $\text{HNO}_3$  — леткі кислоти, а карбонатна  $\text{H}_2\text{CO}_3$  і сульфитна  $\text{H}_2\text{SO}_3$  — нестійкі.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 7

### Реакція обміну з утворенням осаду

У пробірку налийте 1—2 мл розчину ферум(III) хлориду і додайте такий самий об'єм розчину натрій гідроксиду. Що спостерігаєте?

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 8

### Реакція обміну з виділенням газу

У пробірку налийте 1—2 мл розчину натрій карбонату і добавляйте до нього невеликими порціями розбавлену нітратну кислоту. Що відбувається?

Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ДОСЛІД № 9

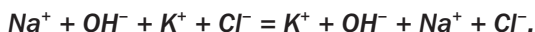
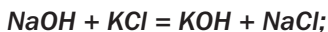
### Реакція обміну з утворенням води

У пробірку налийте 1 мл розчину натрій гідроксиду, додайте 1 краплю розчину фенолфталеїну і додавайте невеликими порціями за допомогою піпетки розбавлену нітратну кислоту, доки не зникне забарвлення індикатора. Вміст пробірки періодично перемішуйте скляною паличкою або струшуванням.

Поясніть результати спостережень. Складіть молекулярне і йонно-молекулярне рівняння.

Зверніть увагу на йонно-молекулярні рівняння, наведені в параграфі й складені вами після виконання дослідів. Кожне з них вказує на те, що під час реакції обміну кількість іонів у розчині зменшується.

*Розглянемо випадок, коли реакція обміну між електролітами не відбувається. Якщо злити, наприклад, розчини натрій гідроксиду (луг) і калій хлориду (сіль), то жодних змін або зовнішніх ефектів не помітимо. Розчин залишиться безбарвним; із нього не виділятимуться ні осад, ні газ. Склавши йонно-молекулярне рівняння, виявимо, що його ліва і права частини однакові:*



**Добутий розчин містить усі йони, які були в розчинах натрій гідроксиду і калій хлориду. Отже, реакція між цими сполуками не відбувається.**

Викладений вище матеріал стосується реакцій обміну, у яких обидва реагенти — розчинні й сильні електроліти. Якщо ж вихідна сіль є нерозчинною або вихідна кислота — слабкою, то висновок про можливість реакції роблять після проведення відповідного хімічного експерименту.

## ВИСНОВКИ

Суть реакції, яка відбувається між електролітами у розчині, передає йонно-молекулярне рівняння; воно містить формули речовин і формули йонів.

Йонно-молекулярне рівняння складають, подаючи сильні розчинні електроліти в дисоційованій формі, тобто записуючи формули відповідних йонів, а решту речовин — у недисоційованій формі.

Реакція обміну між електролітами у розчині відбувається тоді, коли серед її можливих продуктів є нерозчинна або малорозчинна сполука, газ чи слабкий електроліт.

Під час реакції обміну кількість йонів у розчині зменшується.



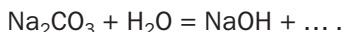
89. Чим відрізняється йонно-молекулярне рівняння від молекулярного?
90. У яких випадках реакція обміну відбувається?
91. Які йони не можуть одночасно перебувати у водному розчині:
- |  |   |
|--|---|
| а) $\text{SO}_4^{2-}$ і $\text{Cl}^-$ ;    | г) $\text{Na}^+$ і $\text{Ba}^{2+}$ ;   |
| б) $\text{Ca}^{2+}$ і $\text{PO}_4^{3-}$ ; | г) $\text{Pb}^{2+}$ і $\text{NO}_3^-$ ; |
| в) $\text{Al}^{3+}$ і $\text{OH}^-$ ;      |   |
92. Укажіть сполуки, з якими взаємодіє у водному розчині ферум(II) сульфат:
- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| а) хлоридна кислота; | г) барій нітрат;       |
| б) калій гідроксид;  | г) карбонатна кислота. |
| в) натрій сульфід;   |                        |

93. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відповідають таким молекулярним рівнянням:
- $Mn(NO_3)_2 + Ba(OH)_2 = Mn(OH)_2\downarrow + Ba(NO_3)_2$ ;
  - $Na_2S + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2S\uparrow$ ;
  - $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$ ;
  - $Ni(OH)_2 + 2HCl = NiCl_2 + 2H_2O$ .
94. Складіть молекулярні рівняння, що відповідають таким йонно-молекулярним рівнянням:
- $Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$ ;
  - $3Pb^{2+} + 2PO_4^{3-} = Pb_3(PO_4)_2\downarrow$ ;
  - $Cu^{2+} + 2OH^- = Cu(OH)_2\downarrow$ ;
  - $H_2S + 2OH^- = S^{2-} + 2H_2O$ ;
  - $SO_3^{2-} + 2H^+ = SO_2 + H_2O$ ;
  - $Zn(OH)_2 + 2H^+ = Zn^{2+} + 2H_2O$ .
95. Складіть йонно-молекулярні рівняння реакцій, що відбуваються в розчині між такими електролітами:
- ферум(III) нітратом і барій гідроксидом;
  - натрій фторидом і хлоридною кислотою;
  - літій гідроксидом і сульфатною кислотою.
96. Чи можлива реакція у водному розчині між сполуками з такими формулами:
- $Ba(NO_3)_2$  і  $H_2S$ ;
  - $LiOH$  і  $HBr$ ;
  - $HCl$  і  $KNO_3$ ;
  - $K_2CO_3$  і  $Ba(OH)_2$ ?
- Відповіді аргументуйте. Напишіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння тих реакцій, які відбуваються.
97. Доберіть по дві пари різних електролітів, які реагують у розчині з утворенням:
- алюміній гідроксиду;
  - силікатної кислоти.
- Зважте на те, що серед силікатів розчинні лише солі Натрію і Калію.  
Напишіть відповідні молекулярні і йонно-молекулярні рівняння.
98. Складіть молекулярні і йонно-молекулярні рівняння реакції між розчинами лугу і солі, в результаті якої утворюються:
- нерозчинна основа і розчинна сіль;
  - луг і нерозчинна сіль;
  - нерозчинна основа і нерозчинна сіль.
99. Допишіть схеми реакцій, складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння:
- $Ba(NO_3)_2 + \dots \rightarrow HNO_3 + \dots$ ;
  - $K_2CO_3 + \dots \rightarrow K_2SO_4 + \dots$ ;
  - $NiCl_2 + \dots \rightarrow Ni(OH)_2\downarrow + \dots$ ;
  - $KAlO_2 + \dots \rightarrow \dots + AlCl_3 + H_2O$ .
100. Допишіть йонно-молекулярні рівняння та складіть відповідні молекулярні рівняння:
- $H_3PO_4 + \dots = PO_4^{3-} + 3H_2O$ ;
  - $Cr(OH)_3 + \dots = Cr^{3+} + 3H_2O$ .

для допитливих

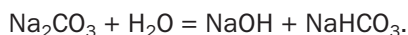
## Гідроліз солей

Якщо у розчин кальцинованої соди, або натрій карбонату  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , додати краплю розчину фенолфталеїну, то він набуває малинового забарвлення. Це вказує на наявність у розчині йонів  $\text{OH}^-$ . Оскільки в солі таких йонів немає, робимо висновок: натрій карбонат взаємодіє з водою і одним із продуктів цієї реакції є натрій гідроксид:

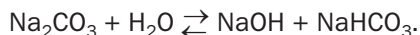


Можна припустити, що другий продукт — карбонатна кислота. Вам відомо, що вона є нестійкою й розкладається з утворенням вуглекислого газу. Однак виділення газу із розчину соди ми не спостерігаємо. Отже, другим продуктом реакції є інша речовина.

Просте зіставлення кількості атомів кожного елемента у формулах двох реагентів і натрій гідроксиду вказує на утворення разом із лугом кислої солі<sup>1</sup>  $\text{NaHCO}_3$ :



Відомо, що з водою реагує лише незначна частина соди. Водночас відбувається зворотна реакція — між сполуками  $\text{NaOH}$  і  $\text{NaHCO}_3$  (її продукти —  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  і вода). Зваживши на це, записуємо в хімічному рівнянні знак  $\rightleftharpoons$ :



Розглянута реакція є реакцією обміну. Щоправда, обмін речовин своїми частинками неповний: лише половина йонів Натрію у вихідній солі обмінюється на атоми Гідрогену.

*Реакцію обміну між сіллю і водою називають реакцією гідролізу<sup>2</sup>.*

Установлено, що з водою здатні взаємодіяти солі, утворені слабкими основами або слабкими кислотами (сода утворена слабкою карбонатною кислотою). Середовище розчину солі зумовлює сильний електроліт (у цьому випадку — натрій гідроксид), від якого походить сіль; він утворюється при її гідролізі. Наприклад, розчини солей  $\text{K}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  мають лужне середовище, а розчини солей  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CuSO}_4$  — кисле.

<sup>1</sup> Кисла сіль — продукт неповного заміщення атомів Гідрогену в молекулі кислоти на атоми (точніше — йони) металічного елемента.

<sup>2</sup> Термін походить від грецьких слів *hydro* — вода і *lysis* — розпад.

Тепер ви зможете пояснити, чому в клітинках таблиці розчинності, які відповідають деяким солям, є позначки #. Кожна із цих солей походить від слабкої основи і слабкої кислоти, тому й зазнає повного гідролізу:



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### Реакції йонного обміну в розчинах електролітів

Вам видано розчини магній нітрату, калій карбонату, натрій гідроксиду і розбавлену сульфатну кислоту.

Скориставшись таблицею розчинності та рядом кислот за силою (див. форзац II підручника), з'ясуйте, які реакції відбуватимуться в розчині:

- між двома солями;
- між сіллю і лугом;
- між сіллю і кислотою.

Здійсніть ці реакції, а також реакцію між лугом і кислотою.

Запишіть у клітинках поданої нижче таблиці формули реагентів і одного з продуктів кожної реакції, властивості якого уможливають її перебіг. Після формул продуктів поставте стрілки ↓ (якщо під час реакції сполука випадає в осад), ↑ (якщо вона виділяється у вигляді газу), позначку «сл.» (якщо речовина — слабкий електроліт).

Реагенти	... (сіть 1)	... (сіть 2)	... (луг)	... (кислота)
... (сіть 1)	—			
... (сіть 2)		—		
... (луг)			—	

Напишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.

Поясніть, чому реакції обміну за участю деяких виданих вам розчинів не відбуваються.



101. Яку реакцію, що в практичній роботі не відбувається, можна здійснити за інших умов? Укажіть ці умови, напишіть хімічне рівняння і дайте назви продуктам реакції.
102. Якими були б результати практичної роботи, якби замість розчину натрій гідроксиду було видано розчин барій гідроксиду? Заповніть відповідну таблицю і складіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### Розпізнавання неорганічних сполук

Ви отримали для роботи розчин натрій гідроксиду, розбавлену сульфатну кислоту, а також промивалку з водою, штатив із пробірками, скляні палички.

#### ВАРІАНТ I

**Завдання 1.** Розпізнавання твердих сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки калій нітрату, натрій карбонату і кальцій карбонату. Установіть вміст кожної пробірки.

**Завдання 2.** Розпізнавання розчинів сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини натрій хлориду, магній хлориду і цинк сульфату. Установіть вміст кожної пробірки.

#### ВАРІАНТ II

**Завдання 1.** Розпізнавання твердих сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться білі порошки натрій нітрату, магній карбонату і барій сульфату. Установіть вміст кожної пробірки.

**Завдання 2.** Розпізнавання розчинів сполук.

У трьох довільно пронумерованих пробірках містяться безбарвні розчини калій нітрату, барій хлориду, алюміній нітрату. Установіть вміст кожної пробірки.

Результати досліджень під час виконання завдання 1 запишіть у таблицю:



№ пробірки	Розчинність речовини у воді	Формула реактиву	Спостереження	Висновок (формула речовини)

Рівняння реакції (у молекулярній і йонно-молекулярній формах):

Результати досліджень під час виконання завдання 2 запишіть у таблицю:

№ пробірки	Формула реактиву 1	Спостереження	Формула реактиву 2 або реактиву 1, узятого в надлишку	Спостереження	Висновок (формула речовини)

Рівняння реакцій (у молекулярній і йонно-молекулярній формах):



103. Чи можна виконати завдання 1 і 2 обох варіантів, якщо замість розбавленої сульфатної кислоти видано хлоридну кислоту? Відповідь аргументуйте.
104. Чи можна розпізнати сполуки у завданні 1 кожного варіанта за допомогою нагрівання? У разі позитивної відповіді розкажіть, як ви виконаєте ці завдання. Напишіть відповідні рівняння реакцій.