

Олексій Григорович, Олександр Негоруб

Хімія 9



ПЕРІОДИЧНА ТАБЛИЦЯ

Порядковий номер →

8

Символ хімічного елемента →

O

Кисень

1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1 H Водень Гідроген								
2	3 Li Літій	4 Be Берилій							
3	11 Na Натрій	12 Mg Магній							
4	19 K Калій	20 Ca Кальцій	21 Sc Скандій	22 Ti Титан	23 V Ванадій	24 Cr Хром	25 Mn Манган	26 Fe Залізо Ферум	27 Co Кобальт
5	37 Rb Рубідій	38 Sr Стронцій	39 Y Ітрій	40 Zr Цирконій	41 Nb Ніобій	42 Mo Молібден	43 Tc Технецій	44 Ru Рутеній	45 Rh Родій
6	55 Cs Цезій	56 Ba Барій	57-71 La-Lu Лантаноїди	72 Hf Гафній	73 Ta Тантал	74 W Вольфрам	75 Re Реній	76 Os Осмій	77 Ir Іридій
7	87 Fr Францій	88 Ra Радій	89-103 Ac-Lr Актиноїди	104 Rf Резерфордій	105 Db Дубній	106 Sg Сиборгій	107 Bh Борій	108 Hs Гасій	109 Mt Майтнерій
			57 La Лантан	58 Ce Церій	59 Pr Празеодим	60 Nd Неодим	61 Pm Прометій	62 Sm Самарій	63 Eu Євродій
			89 Ac Актиній	90 Th Торій	91 Pa Протактиній	92 U Уран	93 Np Нептуній	94 Pu Плутоній	95 Am Америцій

- Металічні елементи
- Напівметалічні елементи
- Неметалічні елементи

Агрегатні стани

Газ

Рідина

© ТОВ Видавництво «Ранок». Всі права захищено

Олексій Григорович
Олександр Недоруб

Хімія

Підручник для 9 класу
закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України



rnk.com.ua/111360

Інтерактивний
електронний додаток



Київ • Харків
Видавництво «Ранок»
2026

УДК 37.016:54(075.3)

Г 83

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 27.01.2026 № 110)

Видано за рахунок державних коштів.

Продаж заборонено

Підручник створено відповідно до модельної навчальної програми
«Хімія. 7–9 класи» для закладів загальної середньої освіти
(автор Григорович О. В.)

Підручник успішно пройшов апробацію у 2025/2026 навчальному році
(наказ Міністерства освіти і науки України від 02.02.2026 № 142)

Григорович О. В.

Г 83 Хімія : підруч. для 9 кл. закл. загал. серед.
освіти / О. В. Григорович, О. Ю. Недоруб. — Харків :
Вид-во «Ранок», 2026. — 272 с. : іл.
ISBN 978-617-8775-62-9

УДК 37.016:54(075.3)



Інтерактивний
електронний додаток
доступний за QR-кодом
або посиланням
rnk.com.ua/111360


**ЗРОБЛЕНО
В УКРАЇНІ**

ISBN 978-617-8775-62-9

© Григорович О. В., Недоруб О. Ю., 2026
© Кот Ю. Г., Кот К. В., фотографії, 2026
© Биченко С. В., фотографії, 2026
© ТОВ Видавництво «Ранок», 2026

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. Досліджуємо розчинність речовин і розчини



Передмова	5
§ 1. Хімічний зв'язок і будова речовини. Повторення питань курсу 8-го класу.....	8

Навчальне дослідження 1

«Розчинність речовин у різних розчинниках»	15
§ 2. Вода — полярний розчинник ...	16
§ 3. Водневий зв'язок	23

Навчальне дослідження 2

«Тепловий ефект розчинення» ...	29
§ 4. Істинні розчини	31
§ 5. Розчинність речовин (характеристики розчинів)	40

Навчальне дослідження 3

«Визначення об'єму вуглекислого газу, розчиненого в газованій воді» (для експериментування вдома) ..	48
--	----

Навчальне дослідження 4

«Виготовлення та дослідження пересичених розчинів» (для експериментування вдома)	48
§ 6. Масова частка розчиненої речовини	49

Навчальне дослідження 5

«Виготовлення водних розчинів із заданими масовими частками розчинених речовин»	53
---	----

Навчальне дослідження 6

«Екстракція та дослідження речовин із природних об'єктів» ..	55
§ 7. Екстракція — спосіб розділення сумішей	57
§ 8. Розчини в природі. Захист водних ресурсів від побутових і промислових забруднювачів ...	61

Навчальне дослідження 7

«Вирощування кристалів» (для експериментування вдома)	67
---	----

РОЗДІЛ 2. Досліджуємо хімічні реакції в розчинах



Навчальне дослідження 8

«Дослідження електропровідності речовин і розчинів»	69
§ 9. Електроліти й неелектроліти. Електролітична дисоціація	71
§ 10. Дисоціація кислот, основ і солей	77
§ 11. Сильні та слабкі електроліти ...	84
§ 12. Кислотність розчинів. Водневий показник pH	89

Навчальне дослідження 9

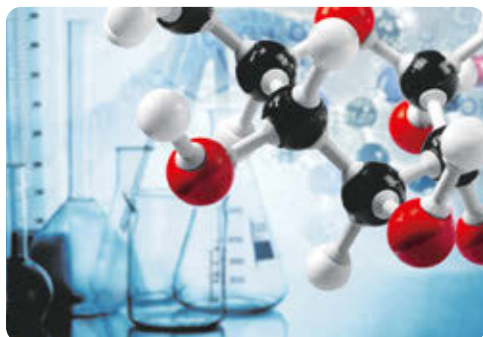
«Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах»	98
--	----

§ 13. Реакції йонного обміну	100
§ 14. Виявлення йонів у водних розчинах.....	110

Навчальне дослідження 10

«Розв'язування експериментальних задач»	115
§ 15. Реакції йонного обміну в природі. Водопідготовка	116

РОЗДІЛ 3. Досліджуємо органічні речовини



§ 16. Органічна хімія та органічні речовини	124
§ 17. Гомологи метану — насичені вуглеводні	129
§ 18. Ненасичені вуглеводні	141
§ 19. Поліетилен.....	149
§ 20. Нафта	157
§ 21. Спирти.....	166
§ 22. Отруйність метанолу й етанолу ..	172
§ 23. Гліцерол.....	178
§ 24. Карбонові кислоти. Етанова кислота.....	184

Навчальне дослідження 11

«Властивості етанової кислоти» ..	191
§ 25. Вищі карбонові кислоти. Мило..	192
§ 26. Жири.....	199
§ 27. Вуглеводи. Глюкоза. Сахароза...	207

Навчальне дослідження 12

«Як відбувається бродіння глюкози та чим воно корисне?» (для експериментування вдома) ..	216
§ 28. Крохмаль і целюлоза.....	217

Навчальне дослідження 13

«Виявлення крохмалю в продуктах харчування».....	223
§ 29. Амінокислоти та білки	224

РОЗДІЛ 4. Узагальнюємо результати навчальної діяльності



§ 30. Класифікація та властивості неорганічних речовин	233
§ 31. Способи одержання оксидів, кислот, основ і солей.....	241
§ 32. Взаємозв'язок між класами неорганічних речовин	246

Навчальне дослідження 14

«Генетичні зв'язки між неорганічними речовинами»... ..	250
§ 33. Класифікація та багатоманітність органічних сполук	251
§ 34. Класифікація хімічних реакцій ..	257
§ 35. Зелена хімія.....	266
Предметний покажчик.....	271
Відповіді до розрахункових задач... ..	271

Наука — це велика краса. Учений у своїй лабораторії — наче дитина віч-на-віч із явищами природи, що діють на нього, наче чарівна казка.

*Марія Склодовська-Кюрі,
двічі лауреатка Нобелівської премії*

Шановні дев'ятикласники й дев'ятикласниці!

Ви продовжуєте опановувати одну з найчудовіших наук — хімію.

У 8-му класі ви дізналися про закономірності, які «приховує» Періодична система хімічних елементів, і навчилися їх виявляти, досліджували поширені гази довкілля: кисень, водень, вуглекислий газ, метан тощо, — вивчали кислоти, основи та солі.

У 9-му класі на вас чекають нові відкриття. Ви дізнаєтеся, чому саме кислоти й основи є хімічними протилежностями, а також зануритеся в дивовижний світ органічної хімії. Для вас стануть доступними нові закони хімії, які впорядковують наше життя. Необхідно вміти користуватися цими законами для розуміння хімії та розкриття її таємниць.

Під час вивчення хімії найважливішими є запитання «Чому?» та «Як?». Уроки хімії — це уроки допитливих чомучок! Навчайтеся думати, знаходити й аналізувати потрібну інформацію, дискутувати, поважати думки інших.

Бажаємо вам успіхів у навчанні!



Умовні позначення в підручнику

-  — рубрика «Пригадайте» (важливі знання, набуті раніше, які варто актуалізувати для успішної роботи)
-  — рубрика «Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо» (різноманітні дослідження: експериментальні, віртуальні, моделювання тощо)
-  — важлива інформація, яку слід запам'ятати
-  — рубрика «Поміркуйте» (самостійно або разом у групі висловте гіпотезу)
-  — рубрика «Дізнайтеся більше» (цікаві факти, додаткова корисна інформація)
-  — ключова ідея параграфа

Завдання в підручнику можна використовувати для оцінювання.

Так, навчальні дослідження та завдання з рубрики «Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо» можна використовувати для оцінювання результатів навчання першої групи (ПРО1) «Пізнання світу природи засобами наукового дослідження».

Для оцінювання результатів навчання другої групи (ПРО2) можна використовувати завдання рубрики «Робота з інформацією», а для оцінювання результатів навчання третьої групи (ПРО3) — завдання рубрики «Розуміння явищ природи (робота в групах)».

Інтерактивний електронний додаток

На титульній сторінці та на сторінках підручника ви знайдете посилання на електронні матеріали: різноманітні інтерактивні вправи до кожного параграфа, ілюстративні матеріали, цікаві факти, біографії науковців, відео хімічних дослідів тощо.

ДОСЛІДЖУЄМО РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН І РОЗЧИНИ

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- що воду можна назвати універсальним розчинником;
- що без водневого зв'язку не було б Світового океану;
- чи можуть розчини бути істинними або помилковими;
- що саме кухареві, фармацевтові та садівникові треба знати про розчини;
- як екстракція допомагає приготувати чай і каву.

Теми довготривалих проєктів

1. Природні розчини та розчинники проти плям.
2. Хімічні грілки й охолоджувачі.
3. Розроблення пам'ятки «Охорона водойм у своїй місцевості від забруднень».
4. Порівняння питної води з різних джерел (водопровідна, артезіанська, пляшкова тощо).
5. Зберігаємо воду — заощаджуємо родинний бюджет.

Створіть лепбук на одну з тем

1. Екстракція в кулінарії.
2. Чому щось розчиняється, а щось — ні?
3. Використання розчинів у щоденному житті.
4. Водні розчини та живі організми.



§ 1. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК І БУДОВА РЕЧОВИНИ. ПОВТОРЕННЯ ПИТАНЬ КУРСУ 8-го КЛАСУ



rnk.com.ua/
114390



Пригадайте

- Електронегативність — це здатність атомів притягувати спільну електронну пару; атоми з більшою електронегативністю притягують її сильніше.
- Зі збільшенням порядкового номера елементів у періодах електронегативність збільшується, а в групах — зменшується.

1.1

Хімічний зв'язок, типи хімічного зв'язку



Поміркуйте

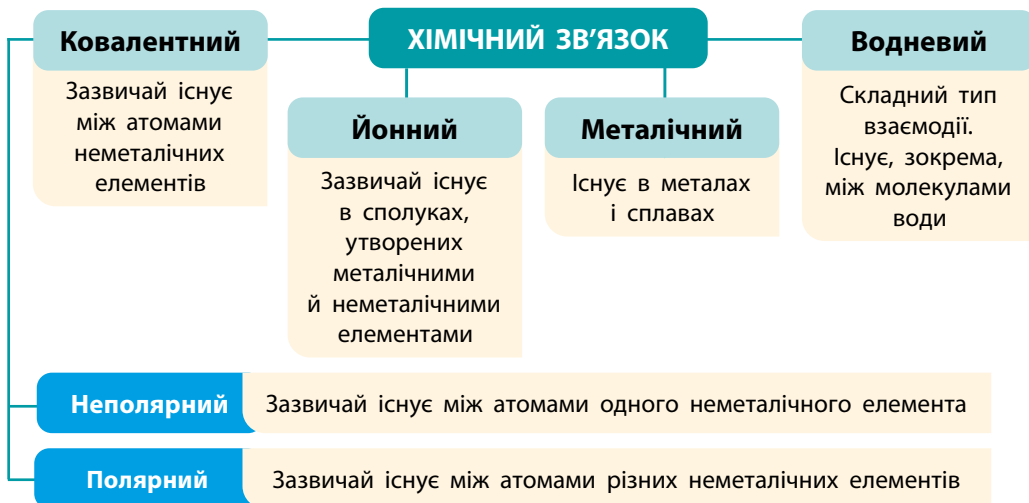
Взаємодією яких частинок зумовлене існування хімічного зв'язку?



Хімічний зв'язок — це взаємодія атомів, що зумовлює існування двох- і багатоатомних частинок (молекул, йонів, кристалів тощо).

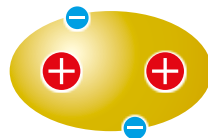
У речовинах розрізняють кілька типів хімічного зв'язку: ковалентний, йонний, металічний і водневий (схема 1).

Схема 1. Типи хімічного зв'язку

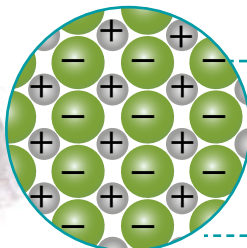


Хімічні зв'язки утворюються внаслідок електростатичного притягання протилежно заряджених частинок.

У молекулах позитивно заряджені ядра атомів притягуються до негативно заряджених електронів спільної електронної пари, унаслідок чого між атомами виникає ковалентний зв'язок.



Водень H_2



Притягання протилежно заряджених йонів зумовлює існування речовин із йонним зв'язком.

Натрій хлорид $NaCl$

1.2 Ковалентний зв'язок



Поміркуйте

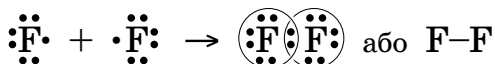
Що є основою ковалентного хімічного зв'язку між атомами?

Під час утворення хімічного зв'язку атоми «прагнуть» набути завершеного зовнішнього електронного рівня, як в атомів інертного елемента. Одним зі способів досягнення такого стану є об'єднання неспарених електронів у спільні електронні пари, що належать обом атомам.



Хімічний зв'язок, що виникає внаслідок утворення спільних електронних пар, називають **ковалентним**.

Атом Флуору містить на зовнішньому рівні сім електронів: три електронні пари й один неспарений електрон. До завершення зовнішнього рівня атому Флуору бракує одного електрона, тому два атоми Флуору об'єднуються в молекулу, утворюючи одну спільну електронну пару (одинарний зв'язок):



rnk.com.ua/
113528



Анімаційний ролик
«Ковалентний хімічний зв'язок»

У разі взаємодії двох атомів, кожний із яких має кілька неспарених електронів, одночасно утворюються кілька спільних електронних пар:



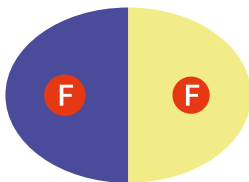
Кожний атом Оксигену отримує завершений зовнішній енергетичний рівень із восьми електронів (октет). Такий хімічний зв'язок називають *подвійним* і позначають двома рисками. Число спільних електронних пар між атомами характеризує *кратність зв'язку*.

1.3 Полярний і неполярний ковалентний зв'язок



Поміркуйте

У чому полягає принципова відмінність між полярним і неполярним ковалентним зв'язком?

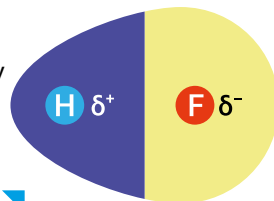


Ковалентний зв'язок може утворитися як між однаковими, так і між різними атомами. Однакові атоми, певна річ, однаково притягують електрони, тому в молекулах простих речовин, утворених атомами неметалічних елементів, як у молекулах фтору й водню, спільна електронна пара з однаковою силою притягується до обох атомів і належить їм обом однаковою мірою. Такий ковалентний зв'язок називають *неполярним*.

Фтор F_2

Атоми різних елементів притягують електрони з різною силою. Це приводить до зміщення спільної електронної пари в бік атома з більшою електронегативністю. Як наслідок — на ньому з'являється надлишковий негативний заряд (δ^-), а на другому атомі, навпаки, з'являється певний позитивний заряд (δ^+). Такий ковалентний зв'язок називають *полярним*.

Гідрофен фторид HF



За значеннями електронегативностей елементів (див. форзац 1) можна визначити тип ковалентного зв'язку: чим більшою є різниця електронегативностей ($\Delta\text{ЕН}$), тим полярнішим є зв'язок.

rnk.com.ua/
113529



Анімаційний ролик «Полярність ковалентного зв'язку»

Ковалентний неполярний зв'язок:

- спільні електрони належать обома атомам однаковою мірою;
- зазвичай існує між атомами неметалічних елементів із незначною різницею електронегативностей.

Ковалентний полярний зв'язок:

- спільна електронна пара зміщена в бік більш електронегативного елемента;
- зазвичай існує між атомами неметалічних елементів із різною електронегативністю.

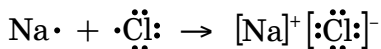
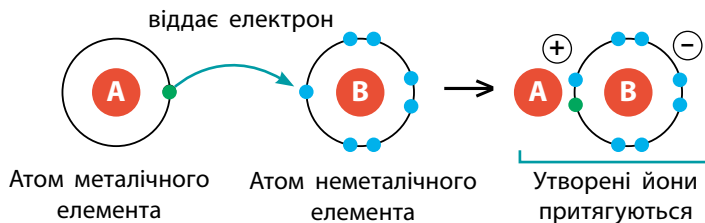
1.4 Йонний зв'язок



Поміркуйте

Що є основою речовин із йонним зв'язком?

У речовинах із йонним зв'язком частинки не утворюють спільних електронних пар, а утримуються разом силами електростатичної взаємодії між йонами:



Хімічний зв'язок, що виникає внаслідок притягання протилежно заряджених йонів, називають **йонним**.

Йонний зв'язок утворюється між атомами елементів зі значною різницею електронегативностей. Зазвичай він існує в речовинах, утворених типовими металічними та неметалічними хімічними елементами. Умовно вважають, що зв'язок є йонним, якщо різниця електронегативностей двох елементів ($\Delta \text{ЕН}$) більша за 2.

rnk.com.ua/
113530

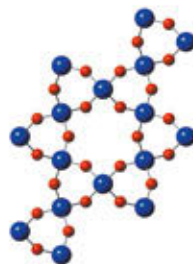


Анімаційний ролик
«Йонний хімічний зв'язок»

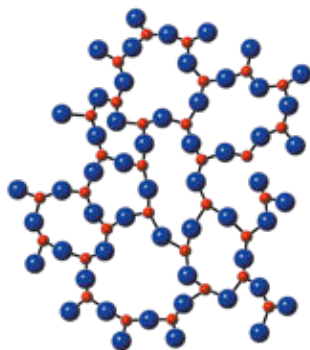
1.5 Будова та властивості твердих речовин

Більшість речовин довкола нас перебувають у твердому агрегатному стані. За внутрішньою будовою й фізичними властивостями розрізняють два стани твердих речовин: *аморфний* і *кристалічний*.

Більшість твердих речовин мають кристалічну будову. Кристалічний стан характеризується впорядкованим розташуванням частинок. У кристалічних речовинах частинки, з яких утворені кристали, розміщені в чіткому порядку й утворюють просторові *кристалічні ґратки*.



Кристалічний кварц SiO_2



Аморфні речовини не мають чіткої просторової структури, а утворені з неупорядковано розташованих частинок (атомів, молекул). За будовою аморфні речовини нагадують рідини, але не можуть текти.

Аморфне кварцове скло SiO_2

Залежно від типу частинок, що утворюють кристал, та від типу хімічного зв'язку між ними, розрізняють чотири типи кристалічних ґраток: металічні, йонні, молекулярні й атомні. Тип кристалічних ґраток значною мірою зумовлює фізичні властивості речовин (табл. 1).

Таблиця 1. Кристалічні ґратки та властивості речовин¹

Характеристика речовини	Тип кристалічних ґраток		
	Йонні	Молекулярні	Атомні
Тип хімічного зв'язку	Йонний	Ковалентний (полярний і неполярний) у молекулах і слабка взаємодія між молекулами	Ковалентний (полярний і неполярний)

¹ Речовини з металічними ґратками ви вивчатимете в профільній школі.

Характеристика речовини	Тип кристалічних ґраток		
	Йонні	Молекулярні	Атомні
Агрегатний стан за кімнатної температури	Тверді речовини	Гази, рідини або легкоплавкі тверді речовини	Тверді речовини
Фізичні властивості			
Температури плавлення та кипіння	Високі	Низькі	Дуже високі
Леткість	Нелеткі	Леткі, можуть мати запах	Нелеткі
Твердість, пластичність	Тверді, крихкі, непластичні	Крихкі, непластичні	Дуже тверді, непластичні, іноді крихкі
Здатність проводити електричний струм	У твердому стані не проводять, а розплати та розчини проводять	У твердому стані не проводять, розчини деяких (наприклад, гідроген галогенідів) проводять	Більшість не проводять, деякі є провідниками (графіт) або напівпровідниками (германій)
Розчинність	Багато з них розчиняються у воді	Розчиняються у воді або в інших розчинниках	Не розчиняються у воді та в інших розчинниках
Приклади речовин	Солі, основи, амфотерні гідроксиди й основні та амфотерні оксиди	Із ковалентним неполярним зв'язком: O_2 , Cl_2 , Br_2 , S_8 тощо; із ковалентним полярним: HF , HCl , HBr , HI , H_2O , CO_2 , NH_3 тощо	Із ковалентним неполярним зв'язком: алмаз, графіт тощо; із ковалентним полярним: кварц, корунд

Робота з інформацією

- Порівняйте поняття, склавши для них діаграми Венна: а) ковалентний і йонний зв'язки; б) ковалентний полярний і ковалентний неполярний зв'язки; в) кристалічні й аморфні речовини.
- Який тип хімічного зв'язку в речовинах із кристалічними ґратками: а) атомними; б) йонними; в) молекулярними?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- Поясніть взаємозв'язок між фізичними властивостями речовин і кристалічними ґратками в них: а) йонними; б) молекулярними; в) атомними.
- Визначте число електронних пар і неспарених електронів на зовнішньому енергетичному рівні атомів: а) Хлору; б) Сульфуру; в) Фосфору.
- Назвіть по дві хімічні сполуки, у яких атоми Оксигену утворюють зв'язок: а) йонний; б) ковалентний.
- Запишіть електронні формули молекул: а) гідроген хлориду HCl ; б) гідроген сульфід H_2S ; в) амоніаку NH_3 . Скільки спільних і неподілених електронних пар містять атоми в кожній речовині?
- Зобразіть схему утворення речовин із йонним зв'язком на прикладі калій фториду.
- Із-поміж наведених формул виписіть формули речовин, у яких хімічний зв'язок: а) ковалентний неполярний; б) ковалентний полярний; в) йонний.
 H_2 , HBr , Na_2O , CaO , CO_2 , CO , O_2 , NO_2 , K_3N , NH_3 , N_2 , NF_3 , F_2 , OF_2 , MgF_2
- Із-поміж наведених формул виписіть формули речовин, які у твердому агрегатному стані мають кристалічні ґратки: а) атомні; б) йонні; в) молекулярні.
 CaBr_2 , Si , O_2 , CuO , Br_2 , C (алмаз), NaNO_3 , HCl , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, CO_2 , SiC , H_2O , SiO_2
- Певна безбарвна речовина добре розчиняється у воді й має високу температуру кипіння. Висловіть припущення щодо типу її кристалічних ґраток. Чи має ця речовина запах?



- Карборунд (силіцій карбід SiC) має температуру плавлення 2830°C і за твердістю близький до алмазу. Який тип його кристалічних ґраток?



- Ванілін — безбарвна кристалічна речовина з приємним запахом. Які кристалічні ґратки він має?



«Розчинність речовин у різних розчинниках»

Завдання для дослідження

Деякі речовини добре розчиняються у воді, а деякі — практично не розчиняються. Крім води, існують інші рідини, які також можна використовувати як розчинники. Завданням для дослідження є визначення розчинності речовин у розчинниках із різною полярністю.

Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками.

Наведено орієнтовний перелік речовин, який можна доповнити або скоротити.

Розчинники: дуже полярний — вода; середньої полярності — етиловий спирт, ізопропіловий спирт, етилетаноат (рідина для зняття лаку) тощо; неполярні — олія, уайт-спірит, бензин очищений для запальничок, вазелінова олія. **Розчинювані речовини:** неполярні — йод (йодна настоянка), парафін; полярні — цукор, натрій хлорид, лимонна кислота, харчовий барвник.

Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Неводні розчинники здебільшого є легкозаймистими рідинами. Під час роботи з ними поблизу не має бути джерел відкритого вогню. Ці розчинники також зазвичай мають сильний запах, тому їх слід використовувати в невеликих кількостях.

Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Висловіть гіпотезу щодо можливості розчинення наведених у переліку речовин у різних розчинниках.
3. Складіть план експерименту для визначення можливості розчинення речовин у розчинниках.
4. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану. Результати оформте у вигляді таблиці. Зробіть висновки.

Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Які речовини розчиняються переважно у воді, а які — переважно в неполярних розчинниках?
2. Чи існує залежність між полярністю розчинюваної речовини та полярністю розчинника?
3. В алхімічний період науковцями було сформульовано твердження «подібне розчиняється в подібному». Доведіть або спростуйте його.

§ 2. ВОДА — ПОЛЯРНИЙ РОЗЧИННИК



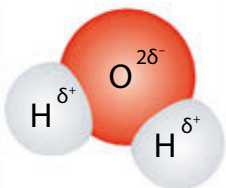
rnk.com.ua/
114391

Ну, начебто алхімічний принцип працює. Проте не зовсім зрозуміло, як визначити, є речовина полярною чи неполярною. Можливо, усе так само, як і з хімічними зв'язками?



2.1 Вода — полярна речовина

Вода — найпоширеніший розчинник у природі.



У молекулі води між атомами Оксигену й Гідрогену існує ковалентний полярний зв'язок, тому на атомі Оксигену є певний негативний електричний заряд, а на атомах Гідрогену — позитивний.

Отже, молекула води з боку атома Оксигену заряджена негативно, а з боку атомів Гідрогену — позитивно. Частинку, у якій на різних її кінцях існують полюси зарядів, називають *диполем* і зображають еліпсом.



Така будова робить воду *полярним розчинником*. До того ж із-поміж усіх відомих розчинників вода є найполярнішим.

2.2 Полярність речовин



Поміркуйте

Висловіть гіпотезу: чи можна визначити полярність речовини за її формулою.

Аби передбачити можливу полярність молекули речовини, потрібно визначити наявність у її молекулі полярних і неполярних ковалентних зв'язків.

1. Якщо атоми в молекулі сполучені лише неполярними ковалентними зв'язками, то й речовина буде неполярною. Наприклад, відомі вам прості речовини-неметали: кисень, водень тощо.

Молекули *неполярних* речовин із неполярними ковалентними зв'язками



2. Якщо у двохатомній молекулі атоми сполучені ковалентним полярним зв'язком, речовина буде полярною. Наприклад, молекули гідроген хлориду та карбон(II) оксиду.

Молекули *полярних* речовин, утворені двома атомами, між якими існує ковалентний полярний зв'язок



3. Якщо молекули бінарних сполук утворені більше ніж двома атомами, ми маємо зважати на форму молекули. Молекули речовин, будова яких є симетричною, будуть неполярними навіть за наявності в них ковалентних полярних зв'язків.



Поміркуйте

- Порівняйте будову молекул амоніаку й води.

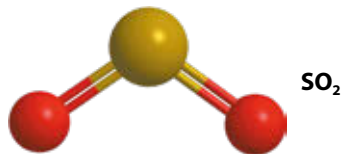


Молекула води має кутову форму, а молекула амоніаку — пірамідальну. Полярність окремих фрагментів цих молекул не компенсує одна одну, тому молекули води й амоніаку також є *полярними*

- Порівняйте дві речовини зі схожими молекулярними формулами: карбон(IV) оксид і сульфур(IV) оксид.



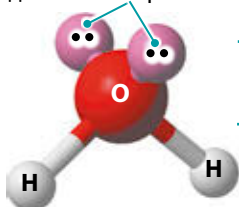
Молекула вуглекислого газу має лінійну будову (кут між трьома атомами дорівнює 180°), тому ця молекула *неполярна*



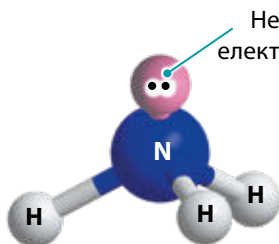
Молекула сульфур(IV) оксиду має кутову будову (значення кута приблизно 120°) і є *полярною*

4. Про полярність молекул може свідчити наявність неподілених електронних пар.

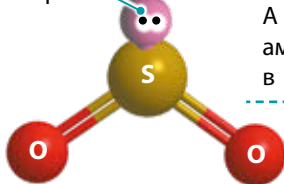
Неподілені електронні пари



В атома Оксигену в молекулі води дві неподілені електронні пари.

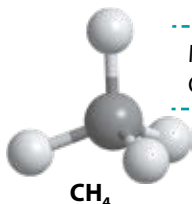


Неподілена електронна пара



А в атома Нітрогену в молекулі амоніаку та в атома Сульфуру в сульфур(IV) оксиді — по одній.

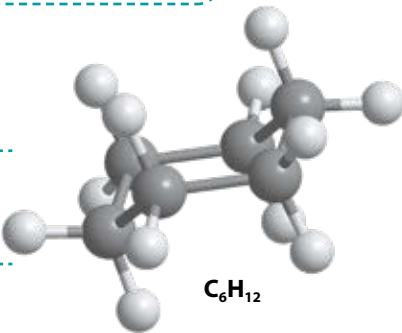
5. Якщо неподілені електронні пари відсутні, то симетричні молекули навіть із ковалентними полярними зв'язками будуть неполярними, як, наприклад, уже згаданий вуглекислий газ.



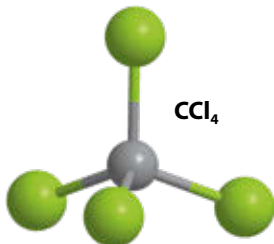
CH_4

Молекула метану симетрична, а зв'язки C—H неполярні, отже, молекула неполярна.

У циклогексану C_6H_{12} молекула несиметрична, проте всі зв'язки в ній (C—C і C—H) неполярні, тож молекула неполярна.



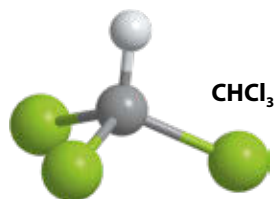
C_6H_{12}



CCl_4

Молекула тетрахлорометану симетрична, а зв'язки C—Cl дуже полярні, проте молекула разом неполярна внаслідок симетричності.

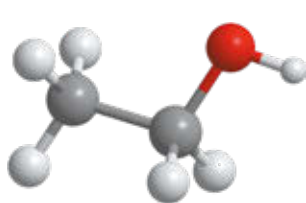
Молекула хлороформу несиметрична, у ній три зв'язки полярні, а один — неполярний, тому молекула полярна.



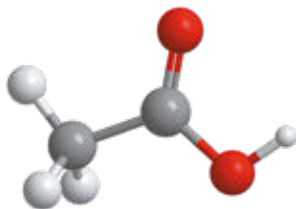
Речовини, молекули яких мають несиметричну форму й у них наявні полярні зв'язки, здебільшого є полярними.

Відповідно, наявність таких груп, як, наприклад, $-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, свідчить про полярну речовину.

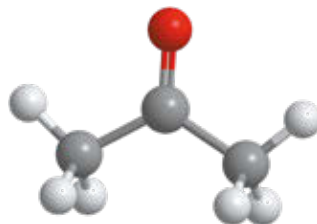
Молекули *полярних* речовин, що складаються з атомів трьох хімічних елементів



Етанол (етиловий спирт)



Етанова (оцтова) кислота



Ацетон

Молекула (речовина) полярна, якщо:

- у ній наявні полярні ковалентні зв'язки;
- має несиметричну форму;
- наявні неподілені електронні пари на центральному атомі.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Уявіть, що ви займаєтеся хімістикою й вам потрібно видалити три плями від різних речовин: від соняшникової олії, від газowanego напою з вишневим смаком і від майонезу.

Запропонуйте гіпотезу: які типи розчинників (полярні чи неполярні) ефективніше видалятимуть ці плями. Доберіть із-поміж згаданих у параграфі або відомих вам із власного досвіду речовин ті, які допоможуть позбутися забруднення. Складіть план експерименту. Визначте критерії оцінювання ефективності використання запропонованих вами речовин.



Робота з інформацією

13. Для позначення складу та будови речовини в хімії використовують різні формули (молекулярні, структурні тощо) й моделі (кульові, кулестрижневі тощо). Обґрунтуйте, які формули та моделі молекул речовин необхідно використовувати, щоб зробити висновок щодо їхньої полярності.
14. Які пари речовин розчинятимуться одна в одній: а) вода й оливкова олія; б) етиловий спирт і вода; в) вода та тетрахлорометан, г) тетрахлорометан і циклогексан?
15. У родині Андрія вирішили відчистити деякі речі від забруднення. Тому йому запропонували дібрати необхідні для цього засоби-розчинники. Які властивості розчинників має врахувати Андрій, щоб видалити забруднення й не пошкодити речі? Обґрунтуйте свою відповідь.
16. Знайдіть приклади з мистецтва (живопис, література, кіно), де вода має символічне значення. Поясніть, які унікальні властивості води могли надихнути митців на створення таких образів.



«Хвилі». Архип Куїнджі, 1870-ті роки



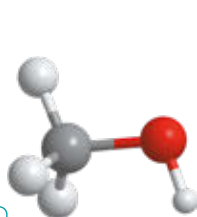
«Ріка Хорол». Опанас Сластіон, 1907 р.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

17. Як ви вважаєте, чому акварельні фарби розчиняються у воді, а олійні — у спеціальних розчинниках? Як ці знання застосовують художники/художниці для створення картин? Створіть ескіз, використовуючи матеріали з різною розчинністю у воді.
18. Із-поміж наведених моделей молекул речовин визначте ті, що відповідають полярним речовинам. Обґрунтуйте свій вибір.

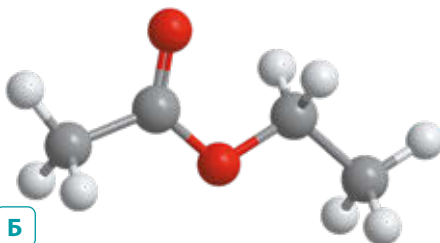
У моделях молекул кольорами позначені атоми:

— H
 — C
 — O
 — N
 — S
 — Cl
 — F



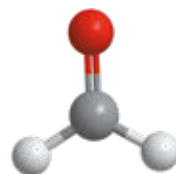
А

Метанол



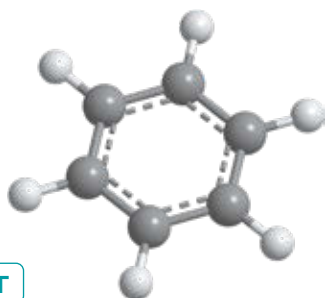
Б

Етилетаноат



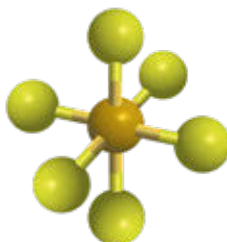
В

Метаналь



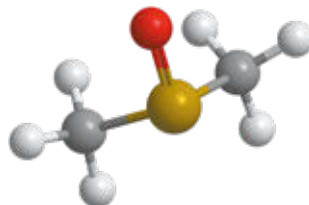
Г

Бензен



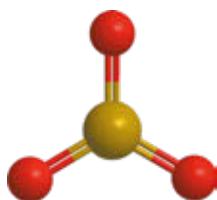
Д

Сульфур(VI) фторид



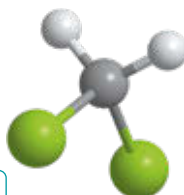
Е

Диметилсульфоксид



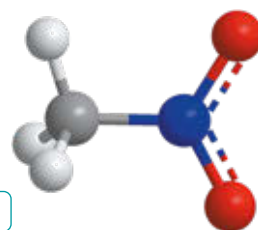
Ж

Сульфур(VI) оксид



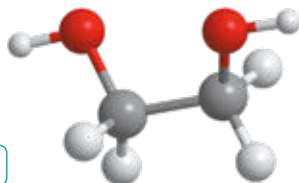
И

Дихлорометан



К

Нітрометан



Л

Етиленгліколь



М

Гідроген ціанід
(синильна кислота)



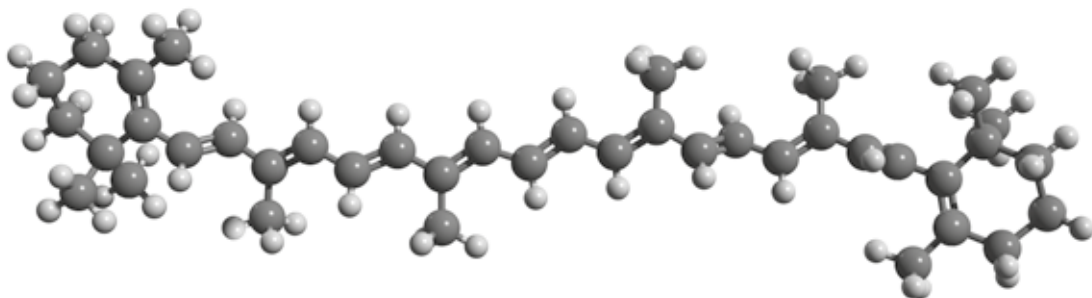
Н

Гідроген фторид



19. β -Каротин є речовиною, з якої в організмі людини утворюється вітамін А. Багато подібних каротиноїдів міститься в різних овочах і фруктах, наприклад, у моркві. Проаналізуйте кулестрижневу модель молекули β -каротину. Як, на вашу думку, слід уживати моркву для кращого засвоєння β -каротину організмом: почистити й подрібнити, або заправити оцтом, або додати сметану, або змастити рослинною олією? Обґрунтуйте свою відповідь.

У моделі молекули кольорами позначені атоми:  — Н  — С

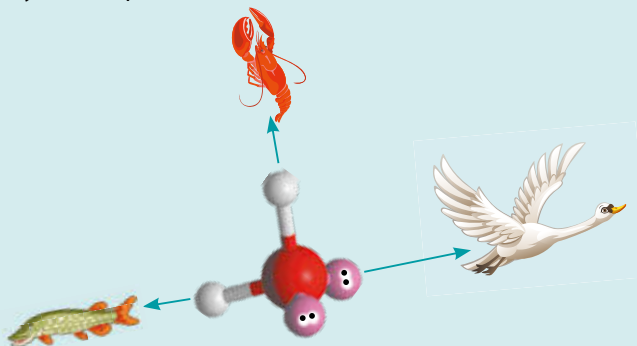


Ключова ідея

Усяк тягне у свій бік, а справа стоїть на місці (молекула неполярна).



Якщо хтось тягне сильніше, а інші не проти, то вийде молекула з диполем у роботі (молекула полярна).



§ 3. ВОДНЕВИЙ ЗВ'ЯЗОК



rnk.com.ua/
114392

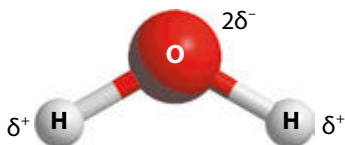
Вода є універсальним розчинником...

Уже давно ми говоримо про різні унікальні властивості води, на кшталт великої теплоємності та температури кипіння, зміни густини в разі зміни агрегатного стану тощо. Але чому вода «поводиться» саме так?

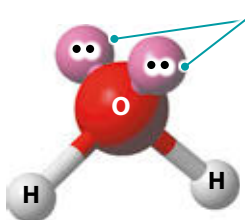


3.1 Поняття про водневий зв'язок

Полярність молекул води та їх електронна будова зумовлює утворення між ними особливого типу хімічного зв'язку — *водневого*. Водневий зв'язок переважно є міжмолекулярним, тобто утворюється між молекулами, проте може також утворюватися між певними фрагментами в одній молекулі.



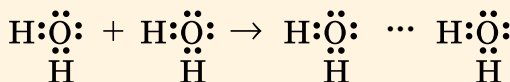
Через значну різницю електронегативностей ($\Delta \text{ЕН} = 3,44 - 2,20 = 1,24$) у молекулі води зв'язок дуже полярний. Унаслідок цього на атомах Гідрогену наявний позитивний заряд і дефіцит електронної густини.



Неподілені
електронні пари

А в атома Оксигену заряд негативний, і в нього є дві неподілені електронні пари.

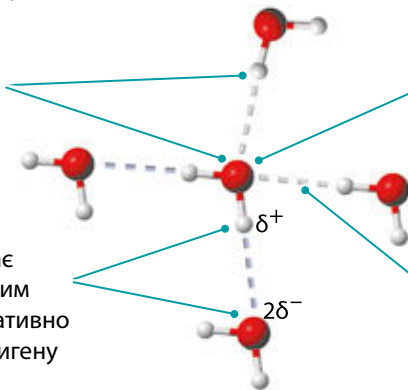
Неподіленими електронними парами атом Оксигену притягується до атомів Гідрогену інших молекул води, і між молекулами води виникає додаткова взаємодія — *водневий зв'язок*, який позначають крапками:



Кожна молекула води сполучається водневим зв'язком із чотирма сусідніми молекулами.

Кожний атом Оксигену утворює по два водневі зв'язки із сусідніми молекулами, а атом Гідрогену — по одному

Водневий зв'язок виникає між позитивно зарядженим атомом Гідрогену та негативно зарядженим атомом Оксигену



Кожна молекула води утворює по чотири водневі зв'язки із сусідніми молекулами

Водневий зв'язок виникає лише в напрямку, у якому спрямована неподілена електронна пара атома Оксигену



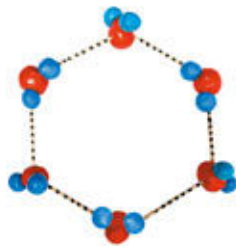
Водневий зв'язок — це взаємодія атома Гідрогену однієї молекули (або її частини), сполученого з дуже електронегативним атомом, із неподіленою електронною парою дуже електронегативного атома іншої молекули (або її частини) або фрагмента тієї самої молекули.

Водневий зв'язок утворюється атомами Гідрогену переважно з атомами Оксигену, Флуору та Нітрогену.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Використовуючи підручні матеріали (пластилін, намистини, дріт тощо), виготовте моделі молекул води та з'єднайте їх водневими зв'язками, створивши фрагмент кристалу льоду. Якщо маєте можливість, створіть комп'ютерну 3D-модель.



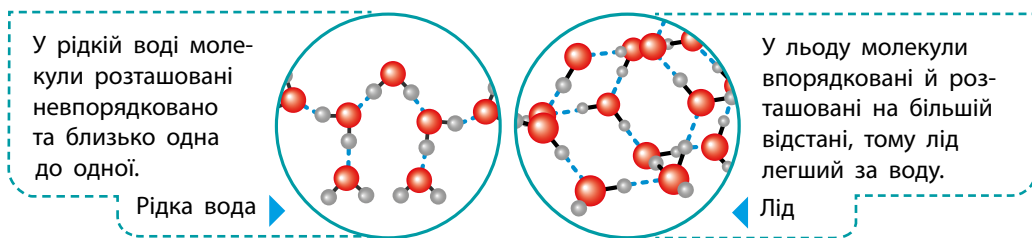
3.2

Вплив водневого зв'язку на фізичні властивості речовин

Водневий зв'язок:

- зазвичай є міжмолекулярним і значно посилює притягання молекул;
- зумовлює підвищення температури кипіння;
- зумовлює підвищення розчинності речовин у воді.

Водневий зв'язок не такий міцний, як ковалентний. Але, попри невелику енергію водневих зв'язків, вони суттєво впливають на фізичні властивості речовин.



Наявність водневого зв'язку зумовлює специфічні й аномальні фізичні властивості води. Зокрема, у твердому стані густина льоду менша порівняно з рідкою водою, тому під час замерзання вода розширюється.

Додаткове зв'язування молекул води водневими зв'язками зумовлює аномально високу температуру кипіння води. Утім для молекулярних речовин із невеликими молекулярними масами характерні низькі температури кипіння та плавлення.

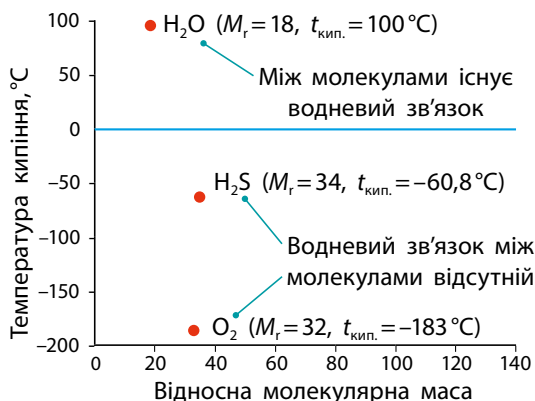


Під час замерзання вода розширюється, унаслідок чого закрита скляна пляшка з водою в морозилці лопається.



Поміркуйте

За малюнком 3.1 проаналізуйте вплив водневого зв'язку на температуру кипіння молекулярних речовин.



Мал. 3.1. Температури кипіння речовин із приблизно однаковою молекулярною масою

Речовини, у яких існує водневий зв'язок між молекулами, мають температуру кипіння набагато вищу, ніж речовини з молекулярними кристалічними ґратками і близькими значеннями мас, але без водневих зв'язків (мал. 3.1, с. 25). Так, із графіка видно, що у води значно вища температура кипіння, ніж у сірководню та кисню, у яких молекулярна маса більша. Із-поміж цих речовин у води молекули найлегші, а температура кипіння найвища, оскільки на руйнування водневих зв'язків між молекулами потрібна додаткова енергія (додаткове нагрівання).



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

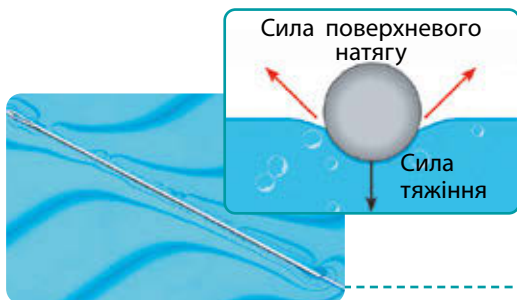
- **Дослід 1.** Акуратно наповніть до краю пробірку водою, щоб ззовні пробірка залишилася сухою. Після цього акуратно піпеткою додавайте воду краплями в пробірку. Що ви спостерігаєте? Чим це можна пояснити?



Якщо акуратно наливати воду в склянку, то можна налити її «з гіркою». Надлишок води не виливається зі склянки, а втримується поверхневою плівкою.

Повторіть цей дослід, але замість чистої води використайте розчин мила (1 %) або іншого мийного засобу.

- **Дослід 2.** Широку посудину заповніть водою наполовину. На фільтрувальний папір покладіть швейну голку й акуратно помістіть їх разом на поверхню води. Фільтрувальний папір згодом просочиться водою та потоне. А що відбувається з голкою? Чим це можна пояснити?



Плівка на поверхні води доволі міцна. Тож, у разі потрапляння дрібних предметів у воду вони можуть утриматися на поверхні. Якщо дуже акуратно покласти сталеву голку на воду, то вона втримується поверхнею.

У цю ж посудину акуратно долийте розчин мийного засобу. Що відбувається з голкою? Сформулюйте гіпотезу, яка б пояснювала ваші спостереження.

Наявність водневих зв'язків зумовлює сильний поверхневий натяг води, тому багато комах здатні переміщуватися по воді (мал. 3.2).

Можливістю утворення водневих зв'язків із молекулами інших речовин, що також здатні утворювати такі зв'язки, пояснюється хороша розчинність багатьох речовин у воді: спирту, цукру, ацетону, оцтової кислоти тощо.

Додаткове зв'язування молекул водневими зв'язками також зумовлює аномально високу теплоємність води. Така особливість води має велике значення для формування клімату на Землі. Поблизу морів і океанів клімат м'якший, ніж у центрі континентів.



Мал. 3.2. Комахи ходять по воді через її поверхневий натяг



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Широку пробірку наполовину заповніть водою. Другу таку саму пробірку наполовину заповніть етиловим спиртом. Нагрівайте ці дві пробірки в пальнику впродовж 30 секунд. Після нагрівання виміряйте температуру рідин у пробірках термометром. Яка речовина нагрілася сильніше? Який висновок про теплоємність рідин можна зробити? Підтвердьте свої висновки даними з довідника.

Водневий зв'язок можуть утворювати не лише молекули води, а й молекули інших речовин: неорганічних (гідроген фториду HF , амоніаку NH_3 тощо) та органічних (етилового спирту, ацетону, оцтової кислоти тощо), що зумовлює велику розчинність їх у воді.

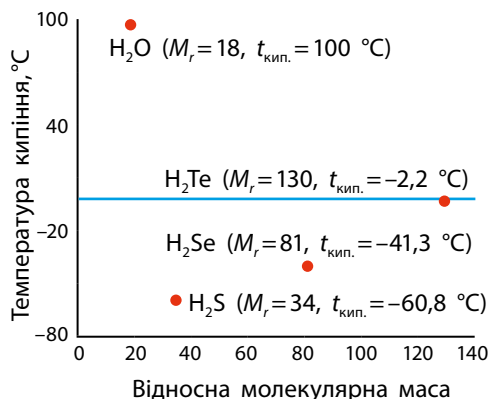
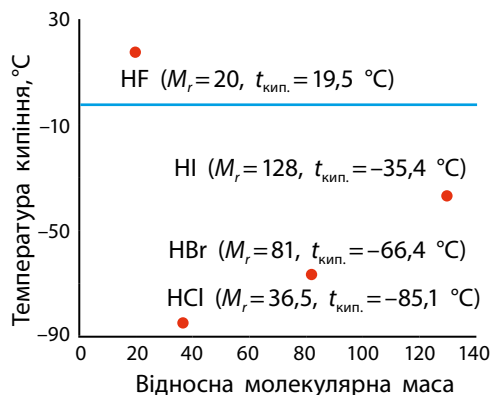
Через наявність водневих зв'язків молекули білків і нуклеїнових кислот мають спіральну будову, про що ви докладніше дізнаєтеся на уроках біології та під час вивчення органічної хімії.

Робота з інформацією

20. Порівняйте ковалентний і водневий зв'язки, склавши для них діаграми Венна.
21. Схарактеризуйте вплив водневого зв'язку на: а) розчинність речовин у воді; б) теплоємність речовин; в) поверхневий натяг води.
22. Порівняйте фізичні властивості речовин, зазначених на малюнку 3.1 (с. 25). Який факт свідчить про наявність водневого зв'язку між молекулами води?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

23. Зобразіть (схематично) утворення водневого зв'язку між молекулами:
а) води й амоніаку; б) води й гідроген фториду.
24. Поясніть, у який спосіб теплоємність води пом'якшує коливання температури на планеті.
25. Проаналізуйте графіки та схарактеризуйте вплив водневих зв'язків на фізичні властивості речовин. Поясніть, що спільного й відмінного між речовинами на кожному графіку. Зобразіть схеми утворення водневих зв'язків молекулами цих сполук (між собою та з молекулами води).



26. Відомо, що намоклий бавовняний або льняний одяг висихає довше, ніж шерсть або пір'я тварин. Як пояснити ці явища, зважаючи на водневий зв'язок?



27. Як ви вважаєте, чому краплини води на деяких листках та інших поверхнях набувають форми кулі? Чому краплі дощу «скочуються» з листя лотоса, проте затримуються на шкірі?



Ключова ідея

Водневий зв'язок — особливий тип міжмолекулярної взаємодії. Наявність водневих зв'язків зумовлює аномальні фізичні властивості води, а також розчинність у ній багатьох речовин.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 2

«Тепловий ефект розчинення»

Завдання для дослідження

Під час розчинення різних речовин відбувається виділення або поглинання теплоти, унаслідок чого розчин розігрівається або охолоджується. Завданням дослідження є визначення питомого теплового ефекту розчинення (у перерахунку на 1 моль розчиненої речовини).

Для обчислення теплового ефекту необхідно визначити зміну температури суміші (охолодження або розігрівання) унаслідок розчинення речовин.

Із курсу фізики вам відомо: нагріте (або охолоджене) тіло втрачає теплоту (або поглинає її), щоб зрівняти температуру з навколишнім середовищем.

Основний шлях теплопередачі в нашому дослідженні — контакт умісту хімічного стакана з повітрям. Для зменшення теплопередачі використовують калориметр. За відсутності калориметра стакан, у якому відбуватиметься розчинення, слід помістити всередину більшого стакана та ізолювати його пінопластом (див. малюнок).



Що нам знадобиться?

Обладнання: калориметр (або склянки (пластикові стакани) й пінопласт), термометр.

Речовини: вода дистильована, тверді речовини (орієнтовний перелік; за можливості варто використовувати безводні солі): кальцій хлорид, купрум(2+) сульфат, магній сульфат, натрій карбонат, натрій гідроксид, амоній хлорид, амоній нітрат, калій нітрат, натрій тіосульфат.

Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами та обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Кількість теплоти, що виділяється або поглинається, можна обчислити за формулою:

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta t,$$

де C — питома теплоємність розчину, для розбавлених розчинів її можна прийняти такою, що дорівнює теплоємності води (4,18 Дж/(г · К));

m — маса розчину;

Δt — зміна температури під час розчинення.

3. Уточніть необхідне обладнання, зважаючи на завдання експерименту.
4. Складіть план експерименту для визначення кількості виділеної або поглинутої теплоти під час розчинення, зважаючи на мету дослідження та коментар щодо обчислення кількості теплоти (п. 2).
5. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану. Результати оформте у вигляді таблиці.
6. Обчисліть кількість виділеної / поглинутої теплоти.
7. Обчисліть молярний тепловий ефект за формулою:

$$\Delta H = \frac{-Q}{n(\text{розчиненої речовини})}$$

8. Запропонуйте тип діаграми та використайте її для ілюстрації результатів дослідження вашої групи й інших груп вашого класу.
9. За результатами дослідження зробіть висновки.

● Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Чи можна сформулювати принцип: під час розчинення яких солей теплота виділяється, а яких — поглинається?
2. Чому у формулі для обчислення теплоти використовують масу всього розчину, а не лише води чи розчиненої речовини? Як це впливає на точність розрахунків?
3. Як ви вважаєте, чи зміниться температура розчину, якщо змінити масу розчиненої речовини, але залишити таку саму масу води?
4. Які похибки можуть виникнути під час виконання цього експерименту? Як їх можна уникнути або зменшити?
5. Чи використовують у побуті розчинення солей із виділенням теплоти?
6. Чи впливатиме температура початкової води на кількість теплоти, яка виділяється або поглинається? Обґрунтуйте свою думку.
7. Сформулюйте гіпотезу для пояснення чинників, від яких залежить тепловий ефект розчинення.
8. Чому саме воду використовують як розчинник для таких експериментів? Чи можна було б використати інший розчинник? Чи змінився б результат експерименту?



§ 4. ІСТИННІ РОЗЧИНИ



rnk.com.ua/
114393

Водні розчини ми вже вивчали. А ще я чув дивний термін «дисперсні системи», коли йшлося про суміші речовин. Чому їх так назвали, я не зрозумів. Може, не всі розчини однакові? Треба розібратися...



Пригадайте

- Які суміші ви пам'ятаєте? Чим вони різняться?
- Як відрізнити однорідні суміші від неоднорідних?

4.1 Дисперсні системи

Вам уже відомо, що існують однорідні й неоднорідні суміші. Вони не мають сталого складу (на відміну від хімічних сполук).

Суміші, у яких одна речовина розподілена в іншій, як, наприклад, дим, туман, молоко, називають *дисперсними системами* (від лат. *dispergo* — розсіювати, подрібнювати).

Дисперсні системи відрізняються тим, які частинки (тверді, рідкі, газуваті) та в якому середовищі розподілені.

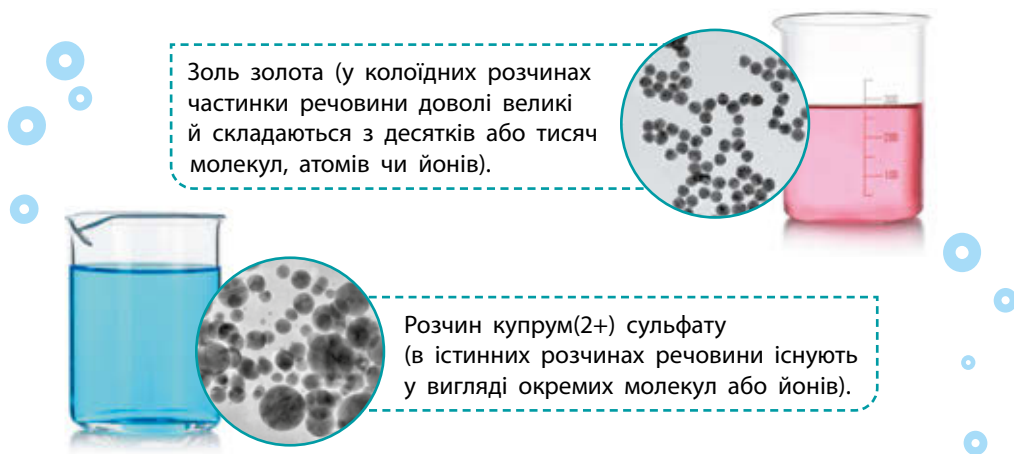
Залежно від розміру частинок (подрібнення) речовин, що змішуються, розрізняють такі *типи дисперсних систем*:

- зависі (грубодисперсні системи — неоднорідні суміші);
- колоїдні розчини, або золі (високодисперсні системи — однорідні суміші);
- істинні розчини — однорідні суміші.

Головна відмінність між ними — розмір частинок розподіленої речовини.

Завись крейди (у зависях розподілена речовина перебуває у вигляді великих часточок твердих речовин або крапель рідини).





У *зависях* окремі частинки речовини помітні неозброєним оком або у звичайний мікроскоп, саме тому зависі завжди мутні. Залежно від агрегатного стану розподіленої у воді речовини з-поміж зависей виокремлюють *суспензії* та *емульсії*.



Суспензії — це суміші твердої речовини з рідиною, наприклад, піску й мулу у воді. Із часом суспензії осідають.

В *емульсіях* у рідині розподілені дрібні крапельки інших рідин, що не змішуються одна з одною. Молоко — це емульсія жиру у воді. У водоемульсійних фарбах із водою змішані краплі клею ПВА.



Дізнайтеся більше

Слово «емульсія» походить від латинського слова *emulgere*, що означає «доїти», оскільки першою з відомих емульсій було молоко.

Властивості різних дисперсних систем наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Порівняння властивостей дисперсних систем

Характеристика	Зависі	Колоїдні розчини	Істинні розчини
Розмір частинок (r — радіус)	Речовина перебуває у вигляді невеликих частинок, $10^{-7} \text{ м} < r < 10^{-5} \text{ м}$	Речовина перебуває у вигляді сполучених молекул (йонів), $10^{-9} \text{ м} < r < 10^{-7} \text{ м}$	Речовина перебуває у вигляді окремих молекул або йонів
Оптичні властивості	Непрозорі, мутні	Прозорі, але розсіюють світло	Прозорі, світло не розсіюють
Можливість розділення на окремі компоненти	Частинки речовини не проходять крізь паперовий фільтр	Не фільтруються паперовим фільтром, але фільтруються пергаментним	Фільтруванням розділити неможливо
Стійкість	Частинки досить швидко осідають на дно або спливають на поверхню	Відносно стійкі в часі, однак згодом «ста-ріють» з утворенням осаду	Можуть існувати нескінченно довго, якщо не випариться розчинник

Поширені також зависі в повітрі, які називають *аерозолями*.



Дим — це маленькі тверді частинки, розподілені в повітрі.



Туман — завись частинок рідини, розподілених у повітрі.

Гази, розподілені в рідинах або твердих речовинах, утворюють *піни*.



Мильна піна або збиті вершки — це зависі, у яких повітря розподілене в мильній воді або у вершках відповідно.

Гази з твердими речовинами утворюють тверді піни, як, наприклад, пемза та пінопласт.



У *колоїдних розчинах* розмір частинок речовини значно менший, ніж у *зависях*. Неозброєним оком і навіть у звичайний мікроскоп такі частинки помітити неможливо, тому колоїдні розчини на вигляд прозорі. Кава та чай — це колоїдні розчини.



Свіжий яєчний білок — прозорий колоїдний розчин білкових молекул у воді, також він містить розчинені неорганічні речовини.

Гель для волосся — колоїдний розчин, у якому частинки полімеру втримують воду, формуючи пружну масу, яка втратила здатність текти.



Дізнайтеся більше

На початку XXI століття науковці отримали принципово новий матеріал — аерогель. Він схожий на звичайний гель, але замість води між колоїдними частинками міститься повітря. Вони напівпрозорі, дуже легкі, їх густина майже дорівнює густині повітря. До того ж аерогелі дуже міцні (втримують навантаження у 2000 разів більші за їх масу) та мають надзвичайно низьку теплопровідність.



rnk.com.ua/112421



Антон Володимирович Думанський
(1880–1967)
Український хімік, один із засновників колоїдної хімії в Україні

4.2 Істинні розчини

Більшість розчинів, із якими ми маємо справу, є істинними, тому для зручності їх називають просто розчинами. Основною їхньою ознакою є те, що в таких розчинах речовини подрібнені до окремих молекул або йонів, тому вони завжди прозорі.



Розчини — це однорідні суміші змінного складу, що складаються з двох або більше компонентів, один із яких зазвичай є рідким.

Речовину, що міститься в розчині в надлишку й перебуває в тому самому агрегатному стані, що й розчин, називають *розчинником*, а інші компоненти — *розчиненими речовинами*.

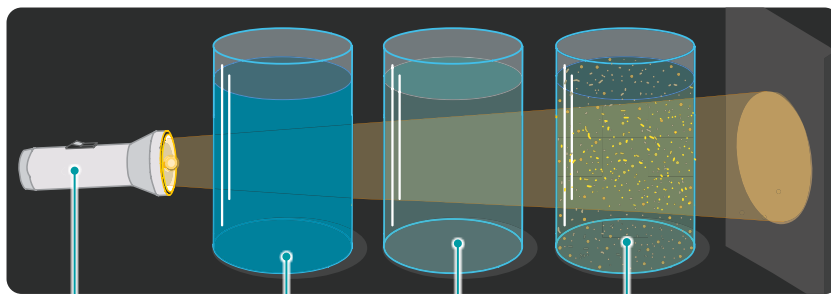
4.3 Як відрізнити істинний розчин від колоїдного?



Поміркуйте

Зважаючи на відмінності властивостей істинних розчинів від колоїдних і зависей, запропонуйте спосіб, яким можна відрізнити ці дисперсні системи.

Попри зовнішню прозорість істинних і колоїдних розчинів, їх можна розрізнити експериментально: усі колоїдні розчини й зависі розсіюють світло.



У затіненій кімнаті спрямуйте промінь світла (наприклад, від звичайної лазерної указки) крізь склянки

Проходячи крізь істинний розчин, світло поширюється без перешкод, тому його не видно збоку

У склянках із колоїдним розчином і зависсю промінь світла добре помітний: на шляху світла трапляються колоїдні або крупніші частинки, унаслідок чого промінь розсіюється

Цей ефект називають *ефектом Тіндаля* на честь англійського науковця Джона Тіндаля, який його відкрив.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Використовуючи лазерну указку, дослідіть рідини, які трапляються вам у щоденному житті, та визначте: вони є істинними розчинами чи колоїдними. Для дослідження використовуйте воду в пляшках (газовану й негазовану), а також рідкі мийні засоби. Можна також використати водні розчини харчових продуктів, на кшталт майонезу, кетчупу, яєчного білка тощо.

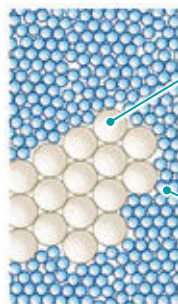
4.4 Розчинення речовин у воді



Поміркуйте

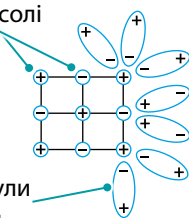
Запропонуйте гіпотезу щодо фізичних явищ, які відбуваються під час розчинення речовин у воді.

Розгляньмо процес розчинення у воді солі — речовини йонної будови.

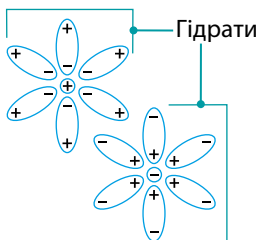
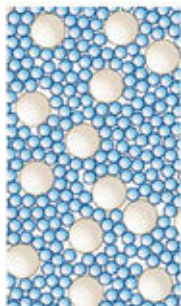


Йони солі

Молекули
води



У разі потрапляння кристала солі у воду молекули води орієнтуються навколо йонів солі: до позитивно заряджених йонів молекули притягуються негативним полюсом, а до негативних йонів — позитивним полюсом. Молекули води починають притягувати йони солі до себе.



Коли сила притягання йонів до молекул води стає більшою за силу, що утримує йони між собою, йон в оточенні молекул води переходить у розчин. Молекули води, що оточують йони в розчині, називають *гідратною оболонкою*, а йони, оточені молекулами води, — *гідратованими*. Так само розчиняються у воді й молекулярні речовини.

У процесі розчинення речовин можна виділити три стадії:

- 1) оточення часточок речовини молекулами розчинника — часткова гідратація;
- 2) руйнування структури речовини (кристалічних ґраток) із подальшою повною гідратацією;
- 3) розподілення гідратованих частинок у розчиннику — дифузія (мал. 4.1).



Мал. 4.1. Дифузія калій перманганату у воді

4.5 Теплові явища під час розчинення

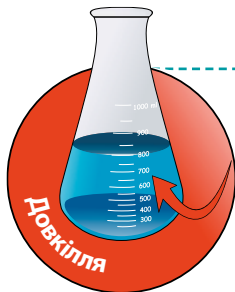


Поміркуйте

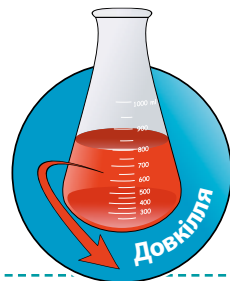
Сформулюйте гіпотезу, чи відбувається охолодження або розігрівання під час розчинення речовин. Як можна довести або спростувати вашу гіпотезу?

Під час утворення гідратів теплота виділяється внаслідок утворення нових міжмолекулярних зв'язків між частинками, а під час стадії руйнування кристала — поглинається: енергія витрачається на руйнування зв'язків між частинками в кристалі.

Залежно від сукупності теплових ефектів на двох стадіях, процес розчинення відбувається з поглинанням або виділенням теплоти (Q).



Якщо на руйнування кристала витрачається енергії більше, ніж виділяється під час гідратації, то розчин охолоджується.



Якщо під час гідратації енергії виділяється більше, ніж витрачається на руйнування кристалічних ґраток, то під час розчинення речовини теплота виділяється і розчин нагрівається.

$Q(\text{розчинення}) = Q(\text{гідратації}) - Q(\text{руйнування крист. ґраток}):$

- $Q(\text{гідратації}) < Q(\text{руйнування крист. ґраток}) \Rightarrow$ розчин охолоджується;
- $Q(\text{гідратації}) > Q(\text{руйнування крист. ґраток}) \Rightarrow$ розчин нагрівається.



Мал. 4.2. Поглинання теплоти під час розчинення

Іноді теплові ефекти добре помітні. Так, під час розчинення концентрованої сульфатної кислоти у воді виділяється настільки багато теплоти, що вода може закипіти. А під час розчинення деяких солей, наприклад амоній нітрату, розчин значно охолоджується, поверхня склянки покривається крапельками води й може примерзнути до столу (мал. 4.2).



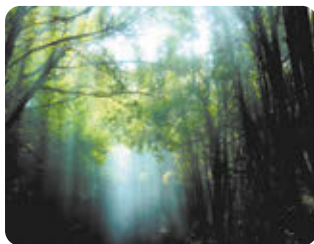
Робота з інформацією

28. Латиною *gelare* означає «мерзнути, застигати», а *gelato* — «морозиво». Припустіть, яке значення мають терміни «желе», «гель» і «желатин».
29. Грецькою *aero* означає «повітря», *hydro* — «вода», а латиною *solvere* — «розчиняти», *suspensio* — «підвішування». Що, на вашу думку, означають назви колоїдних систем «золі», «гідрозолі», «аерозолі» та «суспензії»?
30. Порівняйте розчини з механічними сумішами, наприклад, солі й піску, склавши для них діаграму Венна.
31. Чому під час розчинення речовин поглинається або виділяється теплота? Від чого це залежить?
32. У додаткових джерелах дізнайтеся, чому в косметичі та фармації використовують як водні, так і неводні розчинники. Наведіть приклади косметичних засобів, у яких знання про розчинність має ключове значення (креми, емульсії, парфуми).

Розуміння явищ природи (робота в групах)

33. Зважаючи на механізм розчинення, поясніть, до яких процесів — фізичних, хімічних, фізико-хімічних — належить процес розчинення.
34. Як ви вважаєте, чи відрізняються механізми розчинення молекулярних і йонних речовин? Речовини з яким типом зв'язку краще розчиняються у воді? Відповідь обґрунтуйте.
35. Зважаючи на особливості утворення й існування істинних розчинів, поясніть, чи можна суміш двох газів називати розчином.

- 36.** Обговоріть процес розчинення вуглекислого газу під час виготовлення газованої води. Які ознаки фізичних і хімічних явищ можна спостерігати в цьому разі? Аргументуйте свою думку.
- 37.** Висловіть гіпотезу, до якого типу дисперсних систем належать: збиті яєчні білки (меренга), майонез, кетчуп, сметана, вершки, вершкове масло, бульйон, хліб, томатний сік. У який спосіб можна довести або спростувати вашу гіпотезу?
- 38.** Зважаючи на механізм розчинення, поясніть вплив на швидкість розчинення таких чинників: ступінь подрібнення розчинюваної речовини, перемішування під час розчинення та температура розчинника. На яку стадію процесу розчинення впливає кожний чинник?
- 39.** У якому разі відбувається швидше розчинення: під час використання кристалічного цукру чи цукрової пудри? Відповідь поясніть.
- 40.** Поясніть зображене на світлинах, зважаючи на ефект Тіндаля.



Ключова ідея

Істинні розчини в природі трапляються рідко, частіше ми стикаємося з іншими дисперсними системами: зависями (суспензіями й емульсіями), золями, аерозолями, гідрозолями, пінами тощо.

§ 5. РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН (ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗЧИНІВ)



rnk.com.ua/
114394

Як розчиняються речовини, мені зрозуміло.
Ми також уже говорили, що існують
концентровані й розбавлені розчини.
Хотілося б дізнатися про них більше...



5.1 Розчинність речовин

Здатність речовини розчинятися в певному розчиннику називають *розчинністю*.

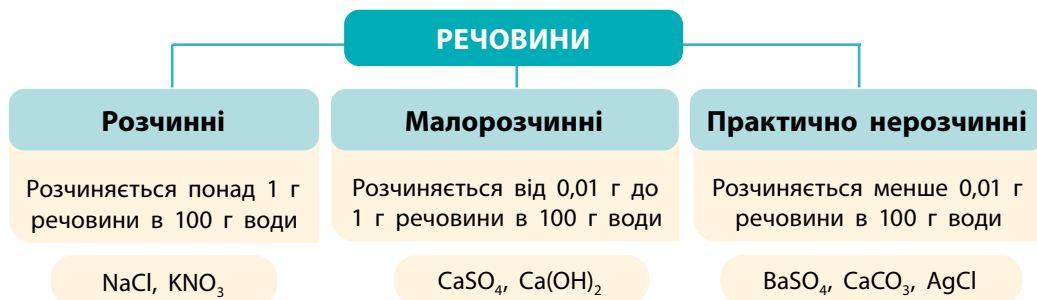


Поміркуйте

Зважаючи на знання з хімії та власний досвід, запропонуйте, на які групи можна класифікувати речовини за можливістю розчинення їх у воді.

За розчинністю речовини умовно поділяють на добре розчинні, малорозчинні та практично нерозчинні (схема 2).

Схема 2. Класифікація речовин за розчинністю у воді



Якщо в розчині внаслідок хімічної реакції утворюється речовина малорозчинна або практично нерозчинна у воді, то вона випадає у вигляді осаду — розчин утрачає прозорість, стає каламутним.

Розчинність деяких речовин у воді наведено в таблиці розчинності кислот, солей і гідроксидів (див. форзац 2).

5.2 Межі розчинності речовин

Більшість речовин обмежено розчинні в різних розчинниках. Кількісно розчинність виражають числом, яке показує найбільшу масу речовини, що може розчинитися в 100 г розчинника за певних умов. Цю величину називають *коефіцієнтом розчинності*, або просто *розчинністю*. Наприклад, у 100 г води за 20 °С можна розчинити не більше 32 г KNO_3 , 36 г NaCl , 0,25 г CaSO_4 і лише 0,007 г CaCO_3 . Ці дані можна знайти в довідниках.

Зверніть увагу: абсолютно нерозчинних речовин не існує. Приміром, кальцій карбонат, який вважають практично нерозчинним, насправді незначною мірою переходить у розчин.

Деякі рідини, як-от: етиловий спирт, гліцерол, ацетон, сульфатна, нітратна й оцтова кислоти, не обмежено розчинні у воді — їх можна змішувати з водою в будь-яких співвідношеннях (мал. 5.1).

Бензин, гас, олія, хлороформ і багато інших рідин розчинні у воді незначною мірою, тому їх вважають практично нерозчинними. Якщо таку рідину, наприклад, рослинну олію, вилити у воду й збовтати (мал. 5.2А), то через певний час утворяться два окремі шари: верхній (олія) та нижній (вода) (мал. 5.2Б). Про такі рідини говорять, що вони не змішуються.



Мал. 5.1. Спирт із водою утворює розчин — однорідну суміш



Мал. 5.2. Емульсія олії у воді не стійка: після струшування (А) через певний час рідини розшаровуються (Б)

Гази також дуже відрізняються за розчинністю. Найбільш розчинними у воді є гідроген хлорид HCl і амоніак NH_3 . За температури 0°C й нормального атмосферного тиску в 1 л води можна розчинити 500 л гідроген хлориду і 1200 л амоніаку!

Розчинність інших газів у воді значно нижча. За таких самих умов в 1 л води розчиняється лише 0,7 л карбон(IV) оксиду (вуглекислого газу), 50 мл кисню, 23 мл азоту та 21,5 мл водню. Найменш розчинним газом є гелій — 9,7 мл в 1 л води.



Дізнайтеся більше



Рекордсменом за розчинністю у воді є стибій(III) хлорид. За температури 20°C в 1 л води можна розчинити майже 10 кг цієї речовини!

5.3

Залежність розчинності речовин від температури



Поміркуйте

Ви знаєте, що відбувається під час додавання цукру в чай і відкривання пляшки газованої води. Чи можна, ґрунтуючись на цьому, спрогнозувати, як відрізняється можливість розчинення твердих і газуватих речовин у воді?

Розчинність речовин залежить від температури. Для більшості твердих речовин із підвищенням температури вона помітно збільшується.

Експериментально встановлено, що за температури 0°C у 100 г води може розчинитися не більше 13 г калійної селітри KNO_3 , за 40°C — 64 г, а за 100°C — 244 г. Залежність розчинності від температури відображають на кривих розчинності (мал. 5.3).



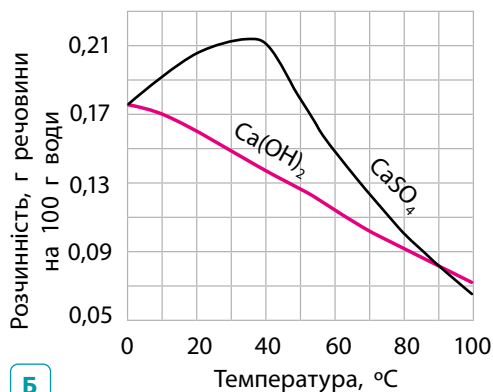
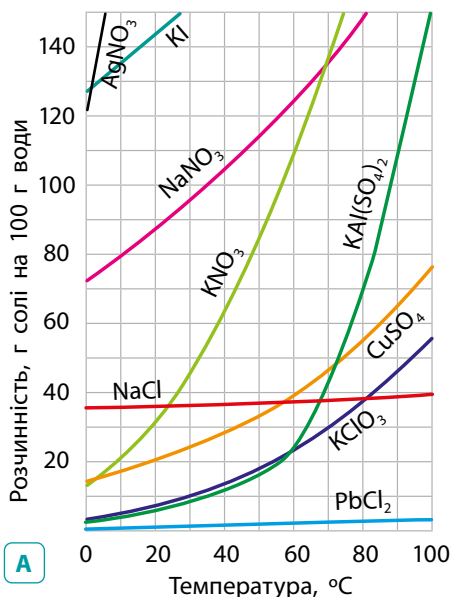
Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Запропонуйте план дослідження для визначення величини розчинності твердої речовини в 100 г води за різних температур, наприклад, за 20°C та 50°C . Які чинники впливатимуть на точність експерименту?



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

У пробірку налейте водопровідну воду до половини висоти та нагрійте її до температури $50\text{--}60^\circ\text{C}$ (за такої температури тіло ще можна тримати руками та не відчувати, що дуже гаряче). Що ви спостерігаєте під час нагрівання? Чи можна пояснити це спостереження кипінням?

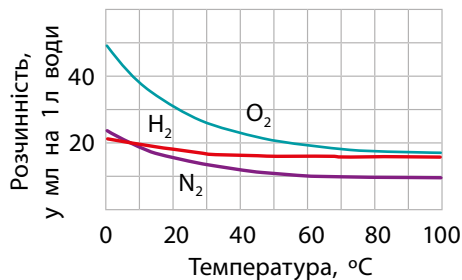


Мал. 5.3. Залежність розчинності деяких твердих речовин від температури: А — у більшості твердих речовин розчинність збільшується; Б — у деяких залежність складна

Розчинність газуватих речовин, навпаки, із підвищенням температури зменшується (мал. 5.4). Якщо холодну водопровідну воду нагрівати, не доводячи до кипіння, то на дні й стінках посудини утворюються бульбашки повітря, яке було розчинене у воді та почало з неї виділятися.

За підвищення температури розчинність:

- твердих і рідких речовин збільшується;
- газуватих речовин зменшується.



Мал. 5.4. Залежність розчинності деяких газів від температури

5.4 Залежність розчинності речовин від тиску



Поміркуйте

Як змінюється тиск газу всередині пляшки газованої води, якщо її відкрити? Чи можна, ґрунтуючись на цьому, визначити залежність розчинності газів від тиску?

На відміну від рідин і твердих речовин, розчинність газів залежить також від тиску: гази значно краще розчиняються за підвищення тиску. Вам, певно, доводилося відкривати пляшку з газованою водою. Під час виготовлення газованих напоїв воду насичують вуглекислим газом за підвищеного тиску, а пляшку герметично закривають. Якщо пляшку відкрити, тиск у ній знижується до атмосферного, розчинність вуглекислого газу різко зменшується, і надлишковий вуглекислий газ починає бурхливо виділятися.

За підвищення тиску розчинність:

- твердих і рідких речовин практично не змінюється;
- газуватих речовин збільшується.

rnk.com.ua/
113902



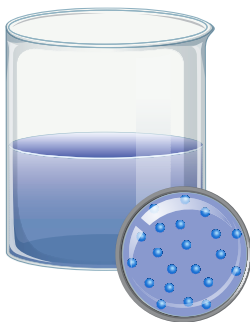
Відео «Залежність розчинності вуглекислого газу у воді від тиску»

5.5 Концентровані й розбавлені розчини

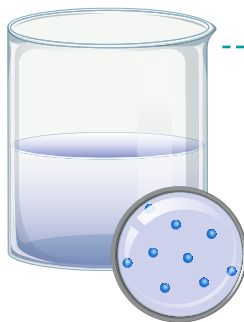
Розчини умовно поділяють на *концентровані* й *розбавлені*.

Концентрований і розбавлений розчини відрізняються числом частинок розчиненої речовини в розчиннику

Розчин, у якому міститься багато розчиненої речовини і, відповідно, мало розчинника, називають *концентрованим*.



У *розбавленому* розчині міститься мало розчиненої речовини.



Наприклад, розсіл — це концентрований розчин кухонної солі, а цукровий сироп — концентрований розчин цукру. Підсолений суп і несолодкий чай із цукром є прикладами розбавлених розчинів.

Столовий оцет є водним розчином оцтової кислоти. Його випускають різної концентрації (від 4 до 12 %), зазначаючи її на етикетці (мал. 5.5).



Б



В



Мал. 5.5. Розчини оцтової кислоти різної концентрації: А, Б — розбавлені розчини (столовий або яблучний оцет); В — концентрований розчин (оцтова есенція)

Чіткої межі між концентрованими й розбавленими розчинами не існує, як не існує межі між поняттями «мало» і «багато». Іноді вважають, що в концентрованому розчині маси розчиненої речовини й розчинника мають відрізнятися не більше, ніж у 10 разів. Тобто концентрованим має бути розчин із масовою часткою розчиненої речовини більшою за 10 %.

5.6 Насичені й ненасичені розчини



Поміркуйте

Як ви вважаєте, чи можливо розчинити речовини більше, ніж межа її розчинності за певної температури?

Уміст речовини в розчині може дорівнювати його максимальній розчинності за певної температури, а може й бути меншим. Залежно від цього, розрізняють *насичені* й *ненасичені* розчини. Ненасиченим, наприклад, буде розчин, отриманий додаванням 5 г кухонної солі (приблизно одна чайна ложка) на 100 г води, оскільки у воді такої маси за кімнатної температури може розчинитися орієнтовно 35 г солі.

Іноді під час повільного охолодження насичених розчинів або поступового випарювання з них води надлишково розчинена речовина може одразу не виділятися, у результаті вміст речовини стане більший за максимально можливий. Такі розчини називають *пересиченими*.

rnk.com.ua/
113903



Інфографіка «Насичені, ненасичені й пересичені розчини»



Досліджуємо, моделюємо, проектуємо

Складіть план експерименту одержання насиченого й пересиченого розчинів. Які чинники необхідно врахувати для досягнення мети?

Робота з інформацією

41. Латиною *centrum* означає «центр, осередок», а з префіксом *con-* це слово означає «скупчення, зосередження» (сил або засобів). Зважаючи на це, поясніть значення термінів «концентричні (наприклад, окружності)», «концентровані (наприклад, розчини)» та «концентрація (розчинів)».
42. Порівняйте поняття, склавши для них діаграми Венна: а) «насичений розчин» і «ненасичений розчин», б) «розбавлений розчин» і «концентрований розчин», в) «розчинна речовина» й «малорозчинна речовина».
43. За малюнком 5.3 на с. 43 визначте масу солі, яку можна розчинити в 1 кг води: а) аргентум(1+) нітрату за 0 °С; б) натрій нітрату за 20 °С; в) купрум(2+) сульфату за 30 °С; г) плюмбум(2+) хлориду за 100 °С; д) калій нітрату за 10 °С та 50 °С.
44. За малюнком 5.3 на с. 43 визначте: а) сіль, розчинність якої найменша з-поміж наведених; б) сіль, розчинність якої найбільша за 0 °С та 20 °С; в) сіль, розчинність якої найбільше залежить від температури; г) сіль, розчинність якої найменше залежить від температури.
45. За малюнком 5.3 на с. 43 порівняйте розчинність купрум(2+) сульфату та натрій хлориду за температур 20 °С і 80 °С.
46. За малюнком 5.3 на с. 43 визначте, на скільки більше (за масою) калій нітрату можна максимально розчинити в 100 г води за температури 60 °С, ніж за 30 °С.
47. Підготуйте презентацію або фотоколаж із зображеннями кристалів (сніжинки, дорогоцінні камені, кристали солей), наявних у світових і українських витворах мистецтва. Поясніть, як умови утворення та хімічний склад впливають на форму й забарвлення кристалів.
48. За матеріалом параграфа визначте, якими речовинами (розчинними, малорозчинними чи практично нерозчинними) є: а) амоніак; б) вуглекислий газ; в) кисень. Відповіді поясніть.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

49. Чому акваріуми з рибами не можна наповнювати кип'яченою водою?
50. У воду випадково потрапив бензин. Як його можна відділити від води? Чи буде вода мати запах бензину, якщо розділити рідини: а) відстоюванням; б) дистиляцією?
51. Які з наведених газів — кисень, гідроген хлорид, азот, амоніак, гелій — можна збирати: а) витісненням води; б) лише витісненням повітря? Відповідь поясніть.
52. У воді за 80 °С розчинили максимальну кількість натрій нітрату. Розчин охолодили до кімнатної температури. Що спостерігатимуть?

53. Під час виготовлення сильногазованої води в одній пляшці води об'ємом 1 л розчиняють приблизно 1600 мл вуглекислого газу. У такій відкритій пляшці в розчиненому стані лишається приблизно 880 мл вуглекислого газу. Який об'єм вуглекислого газу виділиться в разі відкриття пляшки сильногазованої води об'ємом 1 л? Більше чи менше газу виділиться, якщо пляшку заздалегідь охолодити? А якщо пляшка зберігалася в теплому місці?
54. За кімнатної температури у воді об'ємом 1 л максимально розчиняється $6,3 \cdot 10^{-3}$ моль барій фториду. Обчисліть масу такої кількості речовини барій фториду. Якою речовиною (розчинною, малорозчинною чи практично нерозчинною) є барій фторид?
55. Чи можна приготувати розчин, що є одночасно: а) і насиченим, і розбавленим; б) і концентрованим, і ненасиченим? Наведіть приклади.
56. За даними, наведеними в параграфі, визначте, чи можна приготувати насичений за 20°C розчин, використовуючи 10 г води та по 1 г солей: а) кухонної солі; б) калійної селітри; в) крейди.
57. У воді масою 100 г за 20°C розчинили кухонну сіль масою 32 г. Чи буде такий розчин: а) насиченим; б) концентрованим?
58. Який об'єм води потрібний для приготування насиченого розчину калій хлориду, що містить 54 г солі, якщо розчинність калій хлориду за цієї температури дорівнює 33 г на 100 г води? Обчисліть масу цього розчину.
59. Чи однаковий уміст розчиненого кисню в поверхневих і глибинних водах Північного Льодовитого океану та в океанічних водах поблизу екватора? Аргументуйте свою відповідь.
60. Поясніть, чому водні мешканці частіше страждають унаслідок нестачі кисню влітку, ніж узимку.
61. У меді та деяких сиропях із часом з'являється осад кристалічної речовини. Чим це можна пояснити?
62. Чи можна змішати два концентровані розчини тієї самої речовини так, щоб утворився розбавлений? Із чим можна змішати концентрований розчин для одержання розбавленого?
63. У який спосіб розбавлений розчин можна перетворити на концентрований?



Ключова ідея

Деякі речовини необмежено розчиняються у воді, але в більшості речовин розчинність обмежена. За цією характеристикою виділяють розчинні, малорозчинні та практично нерозчинні речовини. Розчин, у якому речовина вже не може розчинятися за певної температури, називають насиченим, а якщо речовина ще може розчинятися, то розчин є ненасиченим. Розчини із суттєвим умістом розчиненої речовини називають концентрованими, а з малою — розбавленими.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 3

«Визначення об'єму вуглекислого газу, розчиненого в газованій воді» (для експериментування вдома)

Завдання для дослідження

Вуглекислий газ — малорозчинна речовина. Завданням дослідження є визначення об'єму вуглекислого газу, розчиненого в газованому напої. Цей об'єм можна приблизно оцінити, якщо створити умови для якомога більшого виділення газу з напоєм з подальшим вимірюванням об'єму.

rnk.com.ua/
113904



Порядок виконання дослідження та питання для обговорення подається в інтерактивному електронному додатку

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 4

«Виготовлення та дослідження пересичених розчинів» (для експериментування вдома)

Завдання для дослідження

Ваше завдання: виготовити й дослідити пересичений розчин. Основний спосіб одержання пересиченого розчину — це приготування майже насиченого розчину за підвищеної температури (такого розчину, у якому речовина вже помітно не розчиняється) з подальшим фільтруванням та охолодженням (можна в холодильнику) до кімнатної температури. Такі розчини нестабільні, за невеликого впливу (механічного або в разі додавання кристаликів цієї солі) вони перетворюються на насичені з виділенням кристалів надлишкової розчиненої речовини.

rnk.com.ua/
113531



Порядок виконання дослідження та питання для обговорення подається в інтерактивному електронному додатку

§ 6. МАСОВА ЧАСТКА РОЗЧИНЕНОЇ РЕЧОВИНИ



rnk.com.ua/
114395

У будь-якому разі розчин — це суміш.
А отже, для розчинів також застосовне
поняття про масову частку. Так?



6.1 Масова частка розчиненої речовини

Однією з характеристик розчинів є *масова частка*, яку ви вивчали ще в 7-му класі.



Масова частка розчиненої речовини в розчині — це відношення маси розчиненої речовини до загальної маси розчину, яке виражають у частках одиниці або у відсотках.

Згадаємо, що масову частку обчислюють за формулою:

$$w(\text{речовини}) = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})} \text{ або } w(\text{речовини}) = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})} \cdot 100 \%$$

Маса розчину дорівнює сумі мас усіх компонентів розчину:

$$m(\text{розчину}) = m(\text{речовини}) + m(\text{води})$$

Знаючи масу розчину й масову частку розчиненої речовини, можна обчислити масу розчиненої речовини:

$$m(\text{речовини}) = w(\text{речовини}) \cdot m(\text{розчину})$$

Для повторення того, як обчислювати масову частку розчиненої речовини, розгляньмо типові задачі.

Задача 1

Обчисліть масу розчину кислоти з масовою часткою 30 %, що містить 90 г кислоти.

Відомо:

$$m(\text{кислоти}) = 90 \text{ г}$$

$$w(\text{кислоти}) = 30 \%, \text{ або } 0,3$$

$$m(\text{розчину}) = ?$$

Розв'язання:

За формулою для масової частки визначаємо масу розчину:

$$m(\text{розчину}) = \frac{m(\text{речовини})}{w(\text{речовини})} = \frac{90 \text{ г}}{0,3} = 300 \text{ г}.$$

Відповідь: $m(\text{розчину}) = 300 \text{ г}$.

За складом насичених розчинів можна також обчислити масову частку речовин у них або визначити маси речовин для їх приготування.

Задача 2

За певної температури у воді масою 100 г розчиняється ферум(2+) сульфат масою максимум 26,3 г. Обчисліть масову частку ферум(2+) сульфату в такому насиченому розчині.

Відомо:

$$m(\text{води}) = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{FeSO}_4) = 26,3 \text{ г}$$

$$w(\text{солі}) = ?$$

Розв'язання:

Обчислюємо масу насиченого розчину:

$$m(\text{розчину}) = 100 \text{ г} + 26,3 \text{ г} = 126,3 \text{ г}.$$

Обчислюємо масову частку солі в такому розчині:

$$w(\text{солі}) = \frac{m(\text{речовини})}{m(\text{розчину})} = \frac{26,3 \text{ г}}{126,3 \text{ г}} = 0,208, \text{ або } 20,8 \, \%.$$

Відповідь: $w(\text{солі}) = 20,8 \, \%$.

Задача 3

За кривою розчинності (мал. 5.3, с. 43) визначте максимальну розчинність калій нітрату за 20 °С та обчисліть масову частку солі в такому насиченому розчині.

Відомо:

$$m(\text{води}) = 100 \text{ г}$$

$$m(\text{KNO}_3) = ?$$

$$w(\text{солі}) = ?$$

Розв'язання:

За графіком визначаємо, що за температури 20 °С у 100 г води розчиняється приблизно 32 г солі.

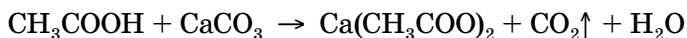
Обчислимо масову частку солі в такому насиченому розчині:

$$w(\text{солі}) = \frac{32 \text{ г}}{(100 + 32) \text{ г}} = 0,242, \text{ або } 24,2 \, \%.$$

Відповідь: 32 г, 24,2 %.

Робота з інформацією

64. За додатковими джерелами інформації та власним досвідом схарактеризуйте способи, якими можна визначити масову частку розчиненої речовини в розчині.
65. Для домашнього лимонаду можна використати цукровий сироп із масовою часткою цукру 70 %. Обчисліть масу сиропу й води, які потрібно змішати для приготування напою масою 2,0 кг з умістом цукру 12 %. Яка маса цукру міститиметься в одній порції напою масою 250 г?
66. На стінках чайника утворився накип масою 10,0 г. Для очищення чайника можна використати столовий оцет — 9%-й розчин етанової кислоти (CH_3COOH). Обчисліть мінімальну масу столового оцту для повного видалення накипу. Накип уважайте чистим кальцій карбонатом, який реагує з оцтом відповідно до схеми:



67. За температури 60 °C у 100 г води максимально розчиняється 110 г калій нітрату. Обчисліть масову частку солі в насиченому за цієї температури розчині.
68. В 1 л води за температури 0 °C і нормального атмосферного тиску розчиняється приблизно 500 л гідроген хлориду (н. у.). Обчисліть масову частку гідроген хлориду в насиченому розчині. Як потрібно змінити умови, щоб одержати більш концентрований розчин?
69. Який об'єм (мл) води необхідний для приготування насиченого розчину магній сульфату, що містить 10 г солі, якщо розчинність солі за цієї температури дорівнює 33,7 г на 100 г води?
70. Обчисліть масу (г) осаду, який утвориться в разі зливання розчину, що містить ферум(3+) хлорид у достатній кількості, та 200 г розчину з масовою часткою натрій гідроксиду 0,24.
71. До розчину калій карбонату масою 200 г із масовою часткою солі 6,9 % додавали хлоридну кислоту до припинення виділення газу. Обчисліть об'єм (л) газу, що виділився (н. у.).
72. Хлоридну кислоту масою 150 г із масовою часткою кислоти 3,65 % нейтралізували барій гідроксидом. Обчисліть масу (г) утвореної солі.

- 73.** Калійна селітра (калій нітрат) — ефективне мінеральне добриво для підживлення рослин. Проте ефективність дії селітри залежить від її концентрації в розчині для поливу. Олена для підживлення кімнатних рослин приготувала розчин, змішавши воду об'ємом 2 л із калій нітратом масою 30 г. Проаналізуйте наведену інфографіку та визначте, чи буде оптимальним уміст добрива в приготованому розчині. Якщо ні, виправіть рецепт розчину для підживлення рослин.



- 74.** Визначте максимально можливу масу (г) калій хлориду, який можна розчинити у воді масою 100 г за температури $25^{\circ}C$, якщо для приготування насиченого розчину за цієї температури на 25 г води потрібна сіль масою 8,75 г.



Ключова ідея

Однією з кількісних характеристик розчинів є масова частка розчиненої речовини. Вона показує, яку частку маси розчину становить розчинена речовина.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 5

«Виготовлення водних розчинів із заданими масовими частками розчинених речовин»

Завдання для дослідження

Виготовити розчин із певною масовою часткою розчиненої речовини можна двома способами: змішуванням точно розрахованих мас розчинюваної речовини та розчинника чи точно розрахованих об'ємів концентрованого розчину речовини з розчинником або менш концентрованого розчину тієї самої речовини.



Завдання 1. Виготовити розчин солі (будь-якої з наявних у кабінеті хімії безводних солей, наприклад, калій нітрату, натрій хлориду тощо). Необхідну масову частку оберіть самостійно в групі, наприклад, 1 %, 5 % тощо.

Завдання 2. Виготовити розчин забарвленої солі (будь-якої з наявних у кабінеті хімії, наприклад, калій дихромату, купрум(2+) сульфату тощо) об'ємом 50 мл (або іншого об'єму залежно від наявного в кабінеті мірного посуду) розбавленням концентрованого розчину (20 %) водою.

Що нам знадобиться?

Обладнання: мірні циліндри, мірні колби, мірні піпетки, терези, скляна паличка з гумовим наконечником.

Реактиви: вода, будь-яка безводна сіль, розчин забарвленої солі (20 %).

● **Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики**

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами та обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

● **Етапи роботи**

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Складіть план експерименту для реалізації завдань 1 і 2.
3. Виконайте необхідні обчислення та визначте об'єм лабораторного посуду, необхідного вам для роботи.
4. Приготуйте два розчини відповідно до складеного плану.
5. За результатами дослідження зробіть висновки.

● **Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання**

1. Який спосіб приготування розчину виявився для вас простішим у виконанні й чому?
2. У якому з двох способів отриманий результат був точнішим? Як ви це визначили?
3. Які переваги та недоліки ви виявили для кожного з двох способів виготовлення розчину?
4. Поясніть, як впливають похибки вимірювань (маси й об'єму) на точність отриманої концентрації розчину. Як би змінився результат експерименту, якщо б ви помилилися у вимірюванні маси або об'єму хоча б однієї з речовин?
5. Чи можна, на вашу думку, приготувати розчин з абсолютно точним значенням масової частки розчиненої речовини? Що заважає досягти абсолютної точності на практиці?
6. Чому важливо знати точну концентрацію розчинів у побуті та техніці? Наведіть приклади практичного застосування таких розчинів.
7. Наведіть приклади життєвих ситуацій, у яких вам знадобилося б використовувати навички приготування розчинів із заданими масовими частками розчинених речовин.
8. Чи можна зробити висновок про масову частку речовини за інтенсивністю забарвлення розчину?



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 6

«Екстракція та дослідження речовин із природних об'єктів»

Завдання для дослідження

Зазвичай ми використовуємо не чисті речовини, а суміші, які виділяють із природних джерел, зокрема, екстракцією. Екстракція — виділення певних речовин із сумішей дією розчинника.

Пригадайте: полярні та йонні речовини краще розчиняються в полярних розчинниках, а неполярні — у неполярних розчинниках.

Ваше завдання: визначити полярність запропонованих речовин (структурні формули та зображення моделей молекул необхідних речовин розміщено в електронному додатку до цього дослідження), обрати й обґрунтувати використання розчинників для екстракції певних компонентів.

Перед екстракцією пігментів із листків природний матеріал краще подрібнити ножицями (ножем), змішати з абразивною речовиною (очищеним річковим піском або порошком кальцій карбонату) і перетерти в ступці. Потім слід обережно випарити екстракт для одержання сухої речовини.

На прикладі аптечного розчину йоду порівняйте розчинність йоду в суміші спирту й води з розчинністю в петролейному ефірі чи бензині.



Що нам знадобиться?

Обладнання: хімічні склянки, пробірки, скляні палички, ступка з товкачем, ножиці (та / або ніж чи скальпель), лійка (звичайна), паперовий фільтр, пальник, чашка для випарювання або годинникове скло.

Речовини: вода дистильована, розчин йоду, етанол (96%-й розчин), петролейний ефір (за наявності: гексан, циклогексан або очищений бензин), очищений річковий пісок (або кальцій карбонат).

Зразки природних об'єктів: листки зелених рослин і забарвлених в інший колір (традесканція), морква, столовий буряк, червоноголова капуста, соняшникове насіння.

Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Органічні розчинники здебільшого є легкозаймистими рідинами. Під час роботи з ними поблизу не має бути джерел відкритого вогню. Ці розчинники

зазвичай мають сильний запах, тому їх слід використовувати в невеликих кількостях.

● **Етапи роботи**

I. Організаційний

1. Отримайте завдання (зразки природних об'єктів) для кожної групи.
2. Сформулюйте мету дослідження відповідно до поставленого завдання.

II. Екстракція

1. Проаналізуйте будову речовин, що є складниками природних об'єктів, запропонованих вашій групі.
2. Скоригуйте необхідне обладнання, зважаючи на мету експерименту.
3. Складіть план дій з екстракції речовин із запропонованих зразків природних об'єктів відповідно до описаних завдань. Оберіть необхідні розчинники й умови проведення досліду.
4. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану. Результати оформте у вигляді таблиці. Якщо маєте можливість, підготуйте фото-звіт про виконану роботу.

III. Видалення розчинника

1. Уточніть необхідне обладнання, зважаючи на мету експерименту.
2. Складіть план експерименту щодо відділення екстрагованої речовини від розчинника.
3. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану. Замалюйте або сфотографуйте виділену речовину.

● **Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання**

1. Чому для екстракції пігментів із листків рослин зразок потрібно не лише подрібнити, а й перетерти з абразивними речовинами?
2. Які речовини вдалося екстрагувати, а які — ні? Як це визначити?
3. Яким на вигляд був розчин після екстракції? Чи спостерігали ви розшарування розчинників?
4. Чи змінилися колір, запах або інші властивості розчинника після екстракції?
5. Якими властивостями речовин пояснюється вибіркове розчинення в різних розчинниках?
6. Яке фізичне явище є основою процесу екстракції? Чим екстракція відрізняється від процесів розчинення, фільтрування, відстоювання?
7. Як можна оцінити, наскільки повною була екстракція?
8. Як ви вважаєте, чим спричинена різниця забарвлення розчинів йоду: водного, спиртового та в петролейному ефірі? Розташуйте три розчинники за здатністю розчиняти йод.

§ 7. ЕКСТРАКЦІЯ



rnk.com.ua/
114396

Ми вже вивчали різні розчинники та як речовини в них розчиняються. Але я чула слово «екстракція» в назві підприємства, яке виробляє рослинну олію. То, може, ми стикаємося з екстракцією на кухні? Нумо розбиратися!



7.1 Екстракція – спосіб розділення сумішей

Екстракція — це процес виділення однієї чи кількох речовин із суміші певним розчинником. Цей метод ґрунтується на різній розчинності речовин у полярних або неполярних розчинниках.

Існує правило, яке згадується ще з часів алхімії: подібне розчиняється в подібному. Тому, застосовуючи екстракцію, ми маємо пам'ятати про будову речовин, які хочемо виділити, та речовин, які використовуємо як розчинники.

Ми приходимо в магазин і купуємо пляшку з рослинною олією. На етикетці зазначено, що олія рафінована та дезодорована. Рафінована означає очищена, а дезодорована — майже без запахів. Як одержують такий продукт?

Раніше сировину, наприклад, насіння соняшника, обсмажували, чистили й відправляли під прес, щоби вичавити олію. Але значний обсяг рослинних жирів (до 10 %) залишався в макусі (вичавках).

Щоб підвищити вихід олії, застосовують екстракцію. Подрібнене насіння обробляють неполярними розчинниками, потім відділяють твердий залишок (шрот), а розчинник відокремлюють від олії перегонкою (дистиляцією).

Отже, одержання рафінованої олії на спеціалізованих олійно-екстракційних комбінатах є складним високотехнологічним процесом, який контролюється хіміками-технологами.



7.2 Екстракція навколо нас

Коли ви допомагали готувати різні страви своїй родині, то, напевно, звернули увагу на особливості використання спецій, розчинів і олій. Навіщо їх застосовують?

Хтось полюбляє випити зранку чашку запашного чаю, хтось — філіжанку кави. Що відбувається під час приготування цих напоїв?



Для заварювання чаю ми беремо певним чином оброблені листки, зібрані з чайних кущів. Це може бути зелений або чорний чай різних сортів, які відрізняються за кольором і розміром чайнок.

Під час заварювання чаю суха сировина в взаємодії з гарячою водою. Це означає, що основні речовини, які визначають колір і смак улюбленого напою, добре розчиняються у воді й мають відповідні особливості будови молекул. Чим дрібніша сировина й вища температура води, тим менше часу потрібно чекати на чашку чаю.



Якщо ми заварюємо каву, то відбуваються аналогічні процеси екстракції. Але для того, щоб одержати смачну й ароматну каву, потрібно заварювати її дещо довше або використовувати водяну пару під тиском, як у сучасних кавомашинах.

Заварювання розчинної кави не є процесом екстракції, тому що ми просто розчиняємо у воді порошок. Проте цей порошок одержали на фабриці саме екстракцією розчинних речовин із кавових зерен.



Дізнайтеся більше



Одна з перших кав'ярень Відня була відкрита 1683 року Юрієм Кульчицьким, вихідцем із Самбірщини (зараз Львівська область). І хоча, можливо, його кав'ярня була не першою, але він першим здогадався додавати до кави молоко, що значно збільшило продажі кави і згодом перетворило Відень на одну з «кавових столиць».



Екстракція також є основою багатьох процесів приготування їжі. Наприклад, вітамін А і його провітаміни є неполярними речовинами (див. § 2, с. 22), а отже, краще розчиняються в жирах. Тому харчові продукти, які є джерелами цього вітаміну, варто готувати й споживати разом із жирними продуктами: сметаною, олією тощо.

Маринуючи свіже м'ясо, ми не замислюємося, навіщо в багатьох кулінарних рецептах передбачено використання олії. Адже саме в неполярних розчинниках будуть краще розчинятися ефірні олії зі спецій, які створюють неповторний букет запахів і смаків.

У побуті ми застосовуємо екстракцію не лише на кухні, а й в інших ситуаціях. До прикладу, нам потрібно вивести плями з одягу. Для цього ми маємо з'ясувати, які речовини (полярні чи неполярні) утворили забруднення, й обрати відповідний розчинник. Так, жирні плями краще виводити неполярними розчинниками (очищеним бензином чи тетрахлорометаном), а зелені плями від трави чи листя — полярним розчинником (спиртом).



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Складіть план експерименту з екстракції речовин із сухого чайного листа.

Сформулюйте гіпотезу щодо залежності швидкості екстрагування речовин від подрібненості сировини та температури розчинника.

Для дослідження візьміть кілька сортів чаю (наприклад, пакетований і крупнолистковий). Використовуйте воду різної температури (прохолодну, гарячу, окріп). Сформулюйте висновки щодо відповідності результатів експерименту вашій гіпотезі.



Робота з інформацією

75. Чому екстракція є важливим методом у медицині, фармації, косметології?
76. Як екстракція може сприяти охороні довкілля (наприклад, очищенню води, утилізації відходів)?
77. За інформацією на етикетках мийних засобів і додатковою інформацією дізнайтеся, як температура води та тип засобу впливають на ефективність миття. Оцініть, скільки коштів можна заощадити, якщо правильно добирати концентрацію мийного засобу.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

78. Запропонуйте відповідний розчинник для виведення з одягу плями від білого морозива марки «Пломбір». Обґрунтуйте свій вибір.
79. Уявіть, що ви забруднили одяг соком столового буряка. Яким розчинником краще скористатися для виведення плями? Поясніть свій вибір.
80. Два однакові зразки білої тканини забруднили свіжим буряковим соком. Один зразок перед пранням обробили дібраним розчинником для видалення цієї плями, а другий одразу випрала гарячою водою з мийним засобом, висушили й потім обробили пляму розчинником. Чи однаковий вигляд матимуть ці зразки після висушування? Поясніть свою думку.
81. До водно-спиртового розчину йоду об'ємом 5 мл додали такий самий об'єм циклогексану й ретельно перемішали. Після відстоювання нижній шар був світло-жовтого кольору, а верхній — фіолетового. У яких розчинниках (полярних чи неполярних) краще розчиняється йод? Чи можна було дійти такого висновку без експериментування? Чи можна за результатами цього експерименту спрогнозувати «поведінку» водного розчину бромиду (бромної води) після додавання до нього очищеного бензину? Обґрунтуйте свої відповіді.
82. Уявіть себе технологом/технологинею на підприємстві харчової промисловості. Поясніть, як знання про розчинність цукру, солі, кофеїну тощо можна використати в процесі виробництва напоїв (кава, чай, соки). У додаткових джерелах дізнайтеся, які сучасні харчові технології потребують знань із хімії розчинів (зневоднення, екстракція ароматів тощо).



Ключова ідея

Екстракція — це практичний метод розділення сумішей і виділення окремих речовин. Екстракцією виготовляють різні харчові продукти: від рафінованих олій до розчинної кави.

§ 8. РОЗЧИНИ В ПРИРОДІ. ЗАХИСТ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ВІД ПОБУТОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ



rnk.com.ua/
114397

Іноді здається, що вода — це щось нескінченне: відкрутив кран — і вона тече. Але після розмови з дідом, який працював на очисній станції, я задумався: а що взагалі тече з крана? Чиста вода? Чи розчин того, що ми туди скидаємо? А що буде, коли чистої води в природі не залишиться? І що я особисто можу зробити, аби такого не сталося?



8.1 Доступ до чистої води

Запаси води на Землі величезні, однак переважно — це солоня вода морів і океанів. Вона не придатна для побутових потреб, її не можна використовувати в промисловості, оскільки вона містить багато розчинених солей.

Здебільшого ми витрачаємо прісну воду, якої на Землі значно менше, ніж солоної (менше 3 % від усього обсягу води). У багатьох місцях планети прісної води бракує для зрошення сільськогосподарських угідь і потреб промисловості, а в деяких регіонах її не вистачає навіть для пиття. До того ж діяльність людини впливає як на кількість, так і на якість прісної води. Тому сьогодні перед людством постала актуальна й важлива проблема забезпечення населення планети чистою водою.



Поміркуйте

Генеральна Асамблея ООН 1993 року запровадила щорічний Всесвітній день водних ресурсів. Дізнайтеся, коли його відзначають і яка мета цього заходу.



8.2 Джерела забруднення води



■ Промисловість

Основними забруднювачами води є чорна й кольорова металургія, машинобудування, енергетична галузь, хімічна промисловість, харчова промисловість.



■ Сільське господарство

Стічні води надходять від тваринницьких ферм, від поливу посівів культур. Ці стоки забруднені продуктами життєдіяльності тварин, рештками мінеральних добрив, пестицидами й іншими отрутохімікатами.



■ Видобуток корисних копалин

У відвалах гірських порід, піднятих із глибин, можуть траплятися шкідливі речовини, які згодом розмиваються атмосферними опадами й потрапляють у поверхневі води.



■ Комунальні стоки

У каналізаційних водах багато органічних речовин, які після розкладання в природних водоймах порушують баланс екосистем і можуть спричинити загибель водних організмів.



■ Водний транспорт

Особливу небезпеку становлять нафтоналивні танкери. У разі пошкодження танкера витік нафти може призвести до екологічної катастрофи, оскільки нафтові плями небезпечні для живих організмів.

8.3 Охорона водойм від забруднення

Для розв'язання проблеми чистої води необхідно охороняти водні ресурси планети від забруднень. Для цього насамперед необхідно запобігти потраплянню забрудненої води з промислових і сільськогосподарських підприємств до водойм, будувати сучасні очисні споруди та використовувати нові екологічно безпечні технології.



Дізнайтеся більше

Деякі речовини й матеріали, як-от: тирса, торф, соломка або полістирол — через особливості поверхні використовують як адсорбенти. Вони мають властивість вбирати шкідливі речовини з рідкого чи газуватого середовищ. Тому нафтові плями на поверхні води, утворені внаслідок аварій танкерів, посипають адсорбентами, які потім вилучають разом із нафтою. А якщо нафтову пляму посипати крейдою або гіпсом, то така суміш тоне. Так очищається поверхня води, проте на морському дні нафта залишається небезпечною для водних мешканців.

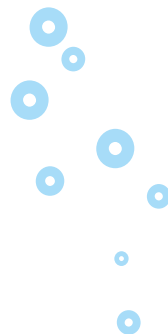


В Україні ухвалено низку законів, які на державному рівні забороняють забруднення водойм. Спеціальна Державна екологічна інспекція України опікується охороною природних ресурсів нашої країни.

8.4 Очищення води

Часто річкова вода має вигляд неоднорідної, каламутної. Це пов'язано з тим, що, крім солей, у ній містяться піщинки, дрібні часточки мулу. Для очищення води від завислих твердих нерозчинних частинок застосовують фільтрування. Вода, що пройшла крізь фільтр, прозора, але все ще містить розчинені солі.

За день доросла людина споживає приблизно 2 л води. Значно більше води витрачається на побутові потреби: миття, прання тощо. У великих містах щоденні витрати води становлять майже 100 л на особу. Вода, що надходить у мережу водогону, має бути прозорою, очищеною від шкідливих речовин і хвороботворних бактерій.



Мал. 8.1. Водоочисна станція, на якій річкову воду готують для подання в мережу водогону

Щоб зробити річкову воду безпечною для споживання, у кожному місті функціонують водоочисні станції (мал. 8.1).

У домашніх умовах надійним способом знезараження води є кип'ятіння. Кип'ячена вода майже не містить бактерій. Але інколи недостатньо просто знезаразити воду, щоб її споживати, адже в ній ще міститься багато розчинених солей, які можуть завдати шкоди, поступово накопичуючись в організмі. Тому в домашніх умовах бажано використовувати спеціальні фільтри для питної води (мал. 8.2).

Хімічно чисту воду одержують перегонкою, або дистиляцією, у спеціальному пристрої — дистиляторі.



Мал. 8.2. Побутові фільтри для очищення питної води:
А — стаціонарний; Б — переносний



Мал. 8.3. Побутовий дистильатор — пристрій для повного очищення води:

А — зовнішній вигляд; Б — внутрішня будова. Прилад становить собою бак із нагрівним елементом. Вода в бак постійно кипить, а водяна пара конденсується в приймачі

У домашніх умовах дистильовану воду можна одержати в побутовому дистильаторі (мал. 8.3).

Дистильована вода майже не містить розчинених солей. Її використовують у хімічних лабораторіях для приготування розчинів, для технічного обслуговування автомобільних акумуляторів, в аптеках — для виробництва й розбавлення ліків.

Пити дистильовану воду небажано. У великих кількостях вона шкідлива для здоров'я, адже організм людини пристосований до споживання води з розчиненими в ній солями, які в незначних кількостях наявні в природній воді й необхідні для життєдіяльності.

Робота з інформацією

- 83.** Знайдіть інформацію та підготуйте презентацію про державні заходи з охорони водойм України від забруднень.
- 84.** Які споруди використовують для підготовки води до споживання й очищення промислових викидів?
- 85.** У який спосіб можна очищувати воду в побуті?
- 86.** Дізнайтеся, з якого джерела вода, якою ви користуєтеся вдома. Підготуйте коротке повідомлення щодо способів забезпечення прісною водою вашого помешкання.
- 87.** Із додаткової літератури або інтернету дізнайтеся про методи очищення води в промисловості або на водоочисних спорудах вашого міста / селища.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

88. Чому річкова, кринична й тала вода мають різні смаки? Яка з них найчистіша з хімічної точки зору?
89. Яка вода в природі найбільш близька до дистильованої води? Які домішки вона може містити?
90. Людина може прожити без їжі кілька тижнів, а без води — лише кілька днів. Обговоріть, чому вода є більш критичною для виживання.



91. Дистильовану воду використовують переважно в лабораторіях. У побуті дистильованою водою часто заповнюють праски для отримання пари під час прасування. Чому, на вашу думку, не варто заливати в праску неочищену воду з водопровідного крана?



92. Оцініть вартість очищення 1 м³ води різними методами (кип'ятіння, використання фільтра) або придбання такої кількості пляшкової води. Визначте економічно вигідніший спосіб очищення води для родини з чотирьох осіб (упродовж одного місяця). Поясніть, як економія водних ресурсів впливає на фінансовий стан окремої родини та громади в цілому.



93. Поясніть, як знання про розчинність речовин і очищення води застосовують екологи/екологині та хіміки-аналітики. Складіть пам'ятку «Як зменшити забруднення води в побуті?».



Ключова ідея

Вода — необхідна речовина для життєдіяльності організмів і важлива сировина для промисловості. Запаси води на планеті обмежені, тому її слід економити. Основним джерелом забруднення води є промислова діяльність людини.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 7

«Вирощування кристалів» (для експериментування вдома)

Завдання для дослідження

У природі часто утворюються кристали різних речовин. Такі кристали ви можете виростити самостійно, використавши певні доступні речовини.

Робота з вирощування кристалів

1. Приготування майже насиченого гарячого розчину речовини.
2. Охолодження розчину з одночасним отриманням насиченого за кімнатної температури розчину.
3. Подальше відфільтрування одержаного розчину.
4. Вирощування кристалів.

У такий спосіб можна виростити кристали двох видів: монокристали (це тривалий і трудомісткий процес) і друзі¹ кристалів, які формуються значно швидше.

rnk.com.ua/
113532



Порядок виконання дослідження подається в інтерактивному електронному додатку

Самооцінювання за темою «Досліджуємо розчинність речовин і розчини»

rnk.com.ua/
112422



Рефлексуємо щодо теми

ДОСЛІДЖУЄМО РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН І РОЗЧИНИ

- Поверніться на початок розділу (с. 7) і прочитайте перелік того, про що ви мали дізнатися.
- Визначте, чого ви навчилися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

¹ Друзи — це мінеральні утворення, які складаються зі зрощених кристалів, що ростуть із певної поверхні в порожнинах гірських порід.

ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- що позначають загадковим символом «рН»;
- чи можуть кислоти бути сильними;
- як хімічні реакції допомагають очищувати воду вдома;
- навіщо слід пам'ятати про водно-сольовий баланс під час спеки або хвороби.

Теми довготривалих проєктів

1. Електроліти вдома: прихована провідність.
2. Пошук йонів у реальному світі.
3. Індикаторна лабораторія: природні vs синтетичні індикатори.
4. Індикаторна майстерня: запропонуйте ідею виробництва недорогих побутових індикаторних наборів для перевірки якості води або харчових продуктів.

Створіть лепбук на одну з тем

1. рН навколо нас: кислотність середовища.
2. Кислоти, основи та солі «очима» теорії електролітичної дисоціації.
3. Сильні й слабкі електроліти: у чому різниця?
4. Йони у воді: хто тут плаває?
5. Водопідготовка: як очищують воду?
6. Йонний обмін у природі: ґрунти, взаємодія мінералів і води.



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 8

«Дослідження електропровідності речовин і розчинів»

● Завдання для дослідження

Найпоширеніші провідники електричного струму — метали, оскільки в них є вільні носії електричного заряду (електрони), які можуть рухатися спрямовано в певному напрямку. Але струм можуть проводити й інші речовини або розчини, про що завжди згадують під час робіт з електромережею: взуття обов'язково має бути сухим або слід стояти на сухому гумовому килимку. Завданням цього дослідження є перевірка на електропровідність деяких речовин (сухих та їх водних розчинів або розплавів) і виявлення спільних ознак.

Розплави речовин у лабораторних умовах можна досліджувати (демонстраційно або віртуально) лише для тих речовин, які мають невеликі температури плавлення, наприклад, кальцій хлорид гексагідрат і цукор.

● Що нам знадобиться?

Обладнання: хімічні склянки, порцелянова чаша, нагрівний прилад, прилад для перевірки електропровідності (лабораторний або виготовлений власноруч).

Речовини: вода дистильована та водопровідна, кристалічні розчинні речовини (кальцій хлорид, натрій хлорид, натрій гідроксид, калій гідроксид, лимонна кислота, цукор тощо), розбавлені розчини (хлоридна кислота, сульфатна кислота).

● Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами та обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?



● Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Сформулюйте гіпотезу щодо електропровідності досліджуваних зразків речовин.
3. Запропонуйте конструкцію пристрою для перевірки електропровідності (схему електричного кола). Якщо маєте можливість і необхідність, виготовте власноруч такий пристрій.
4. Складіть план експерименту для перевірки електропровідності: кристалічних речовин, дистильованої води, водних розчинів кристалічних

речовин (для приготування можна використовувати лише дистильовану воду), а також розплавів речовин.

5. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану. Результати досліджень оформте у вигляді таблиці.
6. За результатами дослідження зробіть висновки, виявивши спільне в досліджених речовинах або розчинах, які проводять / не проводять електричний струм.

● Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. У яких станах речовини виявляли електропровідність, а в яких — ні?
2. Чи змінювалась електропровідність тієї самої речовини залежно від її стану (твердий, розчин, розплав)? Як саме?
3. Водні розчини яких речовин проводять електричний струм? Що в них спільного?
4. Які речовини проводять / не проводять електричний струм і у водному розчині, і в розплаві?
5. Чи підтвердилась ваша гіпотеза щодо електропровідності досліджуваних речовин? Якщо ні, то чому?
6. Чому деякі кристалічні речовини не проводять струм, а їх розчини — проводять?
7. Запропонуйте класифікацію досліджених речовин за здатністю проводити електричний струм.



§ 9. ЕЛЕКТРОЛІТИ Й НЕЕЛЕКТРОЛІТИ. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ



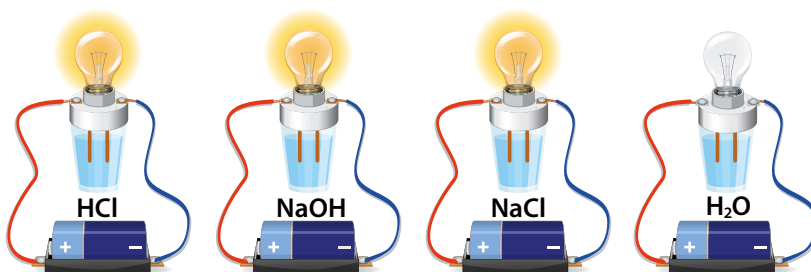
rnk.com.ua/
114398



Ми дослідили, які речовини проводять електричний струм у розчині, а які — ні. Це було цікаво, але залишилося питання: чому так відбувається? Чим саме визначається здатність речовин до електропровідності?

9.1 Поняття про електроліти

Наприкінці XIX століття було експериментально доведено, що розчини більшості неорганічних сполук (кухонної солі, соди, калійної селітри тощо) добре проводять електричний струм. Такі речовини називали *електролітами*. А чиста, точніше, дистильована, вода й розчини багатьох органічних речовин (цукру, етилового спирту тощо) не проводять струм — вони є *неелектролітами* (мал. 9.1). Багато солей, навіть нерозчинних у воді, наприклад, барій сульфат, проводять електричний струм у розплавленому стані.



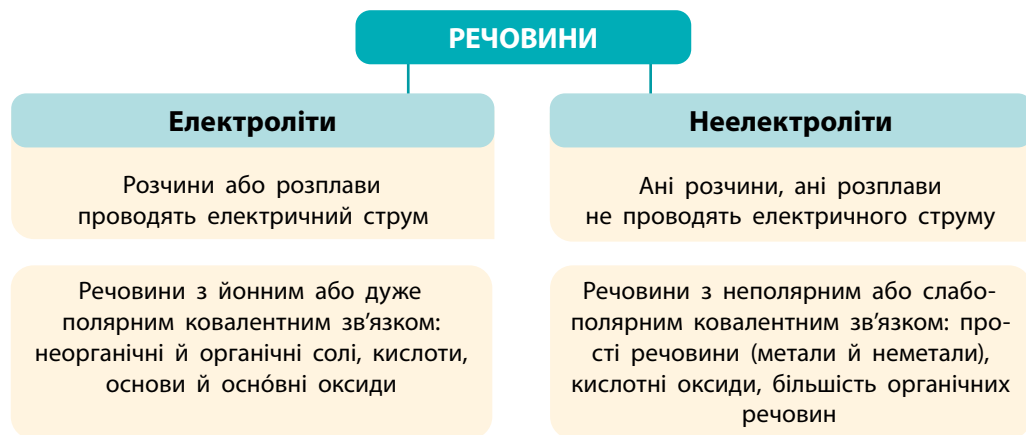
Мал. 9.1. Розчини кислоти, лугу та солі проводять електричний струм, а чиста вода — ні



Речовини, розчини або розплави яких проводять електричний струм, називають **електролітами**, а речовини, що не проводять струм ані в розчині, ані в розплаві, — **неелектролітами**.

Належність речовини до електролітів чи неелектролітів визначається типом її хімічного зв'язку. Електролітами є сполуки з йонним або дуже полярним ковалентним зв'язком, а неелектролітами є речовини з неполярним або слабополярним ковалентним зв'язком (схема 3).

Схема 3. Класифікація речовин на електроліти та неелектроліти



Електроліти мають велике значення в природі та житті людини. Вони містяться в складі всіх живих організмів і забезпечують перебіг важливих процесів. Біологічні рідини організму людини — це переважно розчини, що містять йони, на які розпадаються електроліти: солі, основи, кислоти.

9.2 Електролітична дисоціація

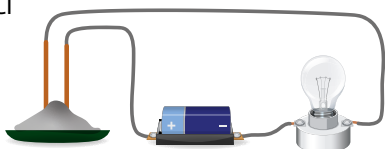
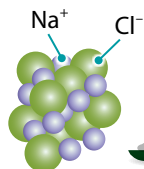
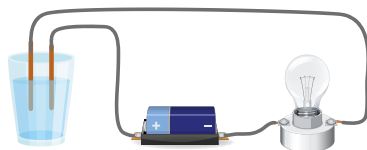
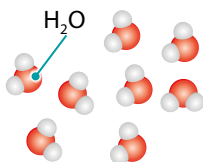


Поміркуйте

Вам уже відомо, що в речовинах йонної будови, наприклад, у кухонній солі, є заряджені частинки — йони. Ви також знаєте, що електричний струм — це спрямований рух заряджених частинок. Чому ж тверда кухонна сіль не проводить електричного струму, а її розчин і розплав проводять?

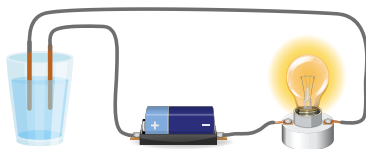
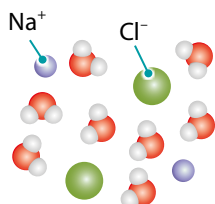
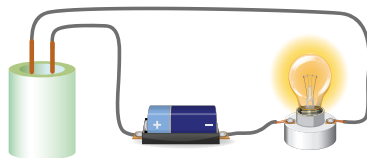
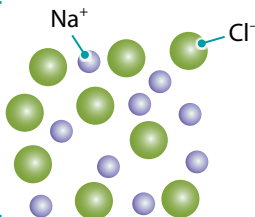
Відповідь на це питання дав шведський науковець Сванте Арреніус. Він припустив, що деякі речовини (електроліти) під час розчинення у воді (або розплавлення) розпадаються на йони, які можуть вільно рухатися.

У чистій (дистильованій) воді йони майже відсутні, тому вона електричний струм не проводить.



Йони в йонних кристалах, як, наприклад, у кристалічному натрій хлориді, розташовані у вузлах кристалічних ґраток і переміщуватися не можуть, тому тверді електроліти електричний струм не проводять.

У разі розплавлення частинки кристалічної речовини стають рухливими, вони можуть переміщуватися, а отже, проводити електричний струм.



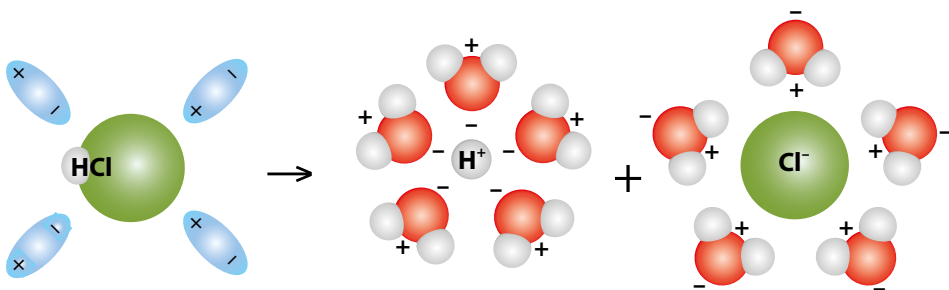
У разі розчинення йони з кристалічної речовини рівномірно розподіляються у воді й також здатні вільно рухатися, тому розчини електролітів проводять електричний струм.



Процес розпаду речовини на йони під час розчинення у воді або плавлення називають **електролітичною дисоціацією**.

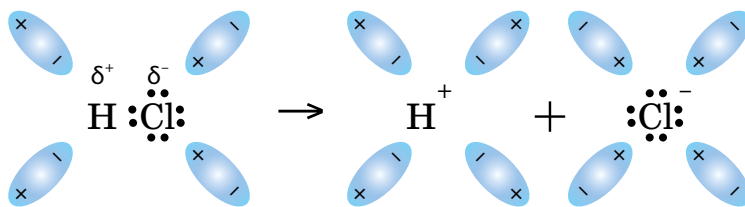
Унаслідок розчинення солей і основ (речовин йонної будови) у розчин переходять йони, що містяться в їх складі.

Молекулярні речовини дисоціюють дещо інакше. Кислоти — це електроліти з ковалентними полярними зв'язками. Тому дисоціювати на йони кислоти можуть лише у водному розчині під дією молекул води. Чисті кислоти електричний струм не проводять.



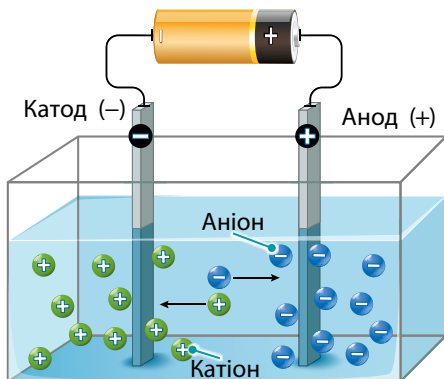
Гідроген хлорид — це газ, що складається з полярних молекул HCl. Кожну молекулу, яка потрапляє в розчин, одразу оточують молекули води

Молекули води «розривають» молекулу гідроген хлориду на катіон Гідрогену та хлорид-аніон, оточуючи їх, щоб вони не сполучилися знову



Під дією електричного поля молекул води ковалентний полярний зв'язок у молекулі HCl перетворюється на йонний

Утворені йони мають електронну будову інертного елемента й вільно існують у розчині в оточенні молекул води



Мал. 9.2. Рух йонів у розчині під дією електричного поля

Отже, головна відмінність електролітів від неелектролітів полягає в тому, що електроліти розпадаються (дисоціюють) на позитивно й негативно заряджені йони. Під дією електричного поля позитивно заряджені йони — *катіони* — спрямовано рухаються до негативного електрода (катода), а негативно заряджені йони — *аніони* — до позитивного електрода (анода) (мал. 9.2).

Ці висновки, зроблені Сванте Арреніусом, є основою сформульованої ним *теорії електролітичної дисоціації*.



Дізнайтеся більше

Для оприлюднення теорії електролітичної дисоціації Арреніусу знадобилася неабияка сміливість. Ідея була вкрай дивною: було неймовірно, що йони виникають не безпосередньо під впливом електричного струму, а просто під час розчинення. До того ж багато сучасників Арреніуса не розуміли різниці між «атомом» і «йоном» і, почувши, що у водному розчині солі Калію існують йони Калію, одразу різко заперечували: якби таке відбувалося, то утворений калій мав би бурхливо реагувати з водою.



rnk.com.ua/
112423

Сванте-Август Арреніус
(1859–1927)

Шведський хімік, Нобелівський лауреат 1903 року за формулювання теорії електролітичної дисоціації

9.3 Рівняння електролітичної дисоціації

Електролітична дисоціація — це фізико-хімічний процес, його (як і хімічні реакції) записують хімічним рівнянням, де замість знака «дорівнює» ставлять стрілку.

Позначаючи формули йонів у розчині, спочатку записують чисельне значення заряду, а потім — його знак (в однозарядних йонах цифру 1 зазвичай не пишуть).

Так позначають ступінь окиснення, цей заряд стосується лише Оксигену

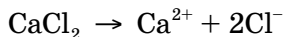
Так позначають заряд йонів, цей заряд стосується всього йона SO_4^{2-}



Наприклад, рівнянням електролітичної дисоціації натрій хлориду є:



Так само записують рівняння дисоціації кальцій хлориду:



У водних розчинах електролітів вода — найважливіший учасник процесу дисоціації. Але вода — це середовище, у якому відбувається дисоціація. Під час процесу вода не витрачається й не утворюється, тому в рівняннях електролітичної дисоціації воду не зазначають.

Робота з інформацією

94. Хоча грецькою *електрон* означає «бурштин», сьогодні це слово використовують для позначення всього, що пов'язане з електрикою. За різними джерелами, другий корінь слова «електроліт» походить від грецького *літос*, яке означає «камінь», або *литос*, яке означає «той, що може розчинитися». Зважаючи на це, поясніть зміст терміна «електроліт». Чому, на вашу думку, грецьку назву бурштину використовують для позначення електричних явищ або об'єктів?
95. Що таке електролітична дисоціація? Чи можуть під час розчинення електроліту у воді утворитися лише катіони або лише аніони? Чому?
96. Випишіть із тексту параграфа основні положення теорії електролітичної дисоціації: 1) щодо розпаду електролітів на йони; 2) щодо руху йонів в електричному полі.
97. Підготуйте повідомлення про становлення теорії електричної дисоціації.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

98. Із наведеного переліку выпишіть окремо формули: а) електролітів; б) неелектролітів.
 NaI , HBr , O_2 , CH_4 , CaCl_2 , KOH , H_2SO_4 , $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ (цукор)
99. Чому не можна ремонтувати електропроводку, стоячи у воді або на вологій поверхні?
100. Як ви вважаєте, чому розчин гідроген хлориду у воді проводить електричний струм, а розчин гідроген хлориду в бензині — ні?
101. Які частинки можна виявити в морській воді й не можна виявити в дистильованій?
102. Сформулюйте гіпотезу: чому теорія електролітичної дисоціації виникла на основі досліджень електропровідності розчинів і розплавів речовин.



103. У разі деяких захворювань лікарі рекомендують «поповнити організм електролітами». Про які електроліти йдеться? У який спосіб це можна здійснити? Коли й навіть не-обхідна така процедура?



Ключова ідея

Існування електролітів зумовлене можливістю певних речовин розпадатися на йони (катіони й аніони) під час розчинення або розплавляння.

§ 10. ДИСОЦІАЦІЯ КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ



rnk.com.ua/
114399



Гаразд, з електролітами вже зрозуміло: вони проводять електричний струм, бо в розчині утворюються йони. Але звідки ці йони беруться?

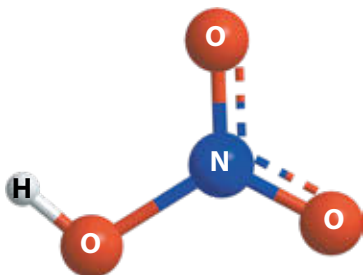
10.1 Електролітична дисоціація кислот



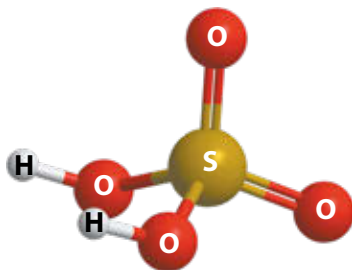
Поміркуйте

Дисоціація кислот пов'язана з перетворенням ковалентного полярного зв'язку в молекулах кислот на йонний. Така зміна може відбуватися лише з найбільш полярним зв'язком у молекулі.

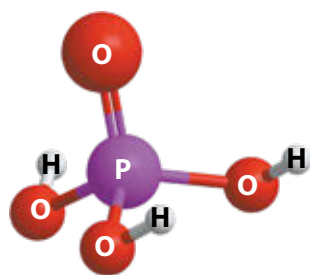
Проаналізуйте моделі молекул кислот. Визначте найполярніші зв'язки в молекулах. Сформулюйте гіпотезу щодо йонів, які утворюються під час дисоціації кислот.



Нітратна



Сульфатна



Ортофосфатна

У молекулах кислот найполярнішим ковалентним зв'язком є зв'язок О–Н. Саме він під дією молекул води змінюється на йонний, унаслідок чого кислоти дисоціюють на катіони Гідрогену й аніони кислотних залишків.

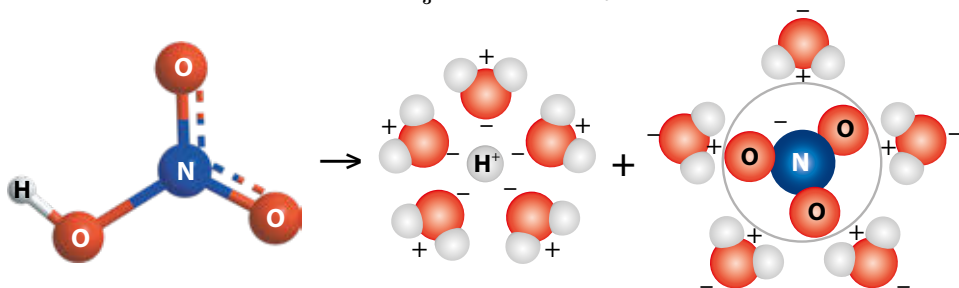
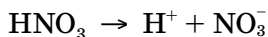
Отже, з позиції теорії електролітичної дисоціації Арреніуса...



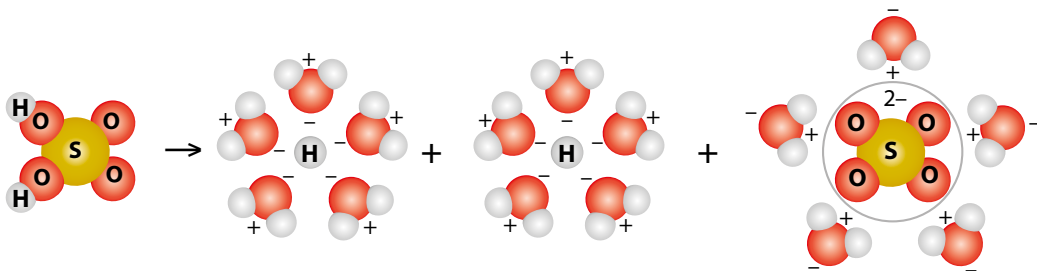
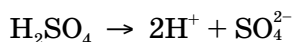
Кислоти — це електроліти, під час дисоціації яких утворюються катіони Гідрогену й аніони кислотного залишку.



Дисоціацію хлоридної кислоти ми розглянули на с. 74. Так само відбувається дисоціація й інших кислот, наприклад, нітратної:



У разі дисоціації молекули сульфатної кислоти число катіонів Гідрогену вдвічі перевищує число аніонів кислотного залишку — сульфат-іонів. Заряд аніона дорівнює -2 (у формулах йонів записують « $2-$ »):

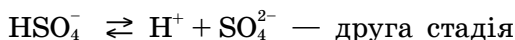
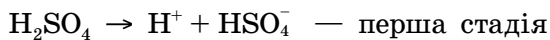


Під час дисоціації різних кислот утворюються різні аніони, а катіони лише одного типу — катіони Гідрогену H^+ . Отже, з позиції теорії електролітичної дисоціації, саме катіони Гідрогену зумовлюють харак-

терні властивості кислот: кислий смак, зміну кольору індикаторів, реакції з активними металами, основними оксидами, основами й солями.

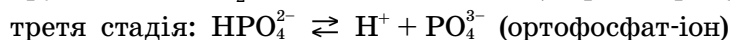
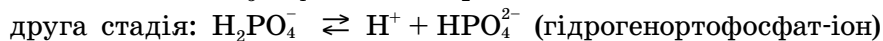
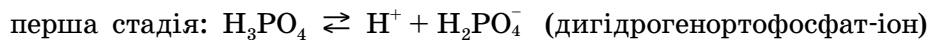
Якщо в молекулі кислоти більше одного атома Гідрогену (такі кислоти називають *багатоосновними*), то вона дисоціює ступінчасто, відщеплюючи йони Гідрогену послідовно, один за одним.

Наприклад, у розчині сульфатної кислоти відбуваються такі процеси:

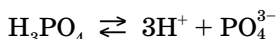


Як видно з наведених рівнянь дисоціації багатоосновної кислоти, аніони, що утворюються на першій стадії, містять йони Гідрогену. Це відображено в назві аніонів: HSO_4^- — гідрогенсульфат-іон.

Електролітична дисоціація ортофосфатної кислоти відбувається в три стадії:



Сумарне рівняння дисоціації ортофосфатної кислоти має вигляд:



Отже, кожній багатоосновній кислоті відповідає кілька аніонів і всі вони одночасно наявні в розчині.

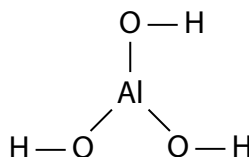
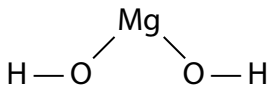
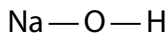
Зверніть увагу, що в деяких рівняннях дисоціації стоять двонаправлені стрілки. Що вони означають, ви дізнаєтеся в наступному параграфі.

10.2 Електролітична дисоціація основ



Поміркуйте

Проаналізуйте структурні формули основ. Які зв'язки існують в основах? Сформулюйте гіпотезу щодо йонів, які утворюються під час дисоціації основ.



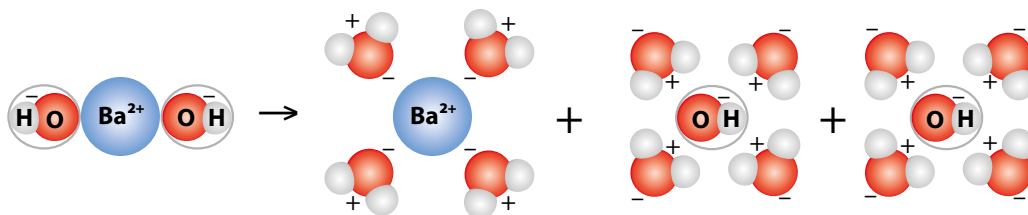
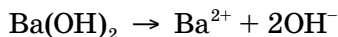
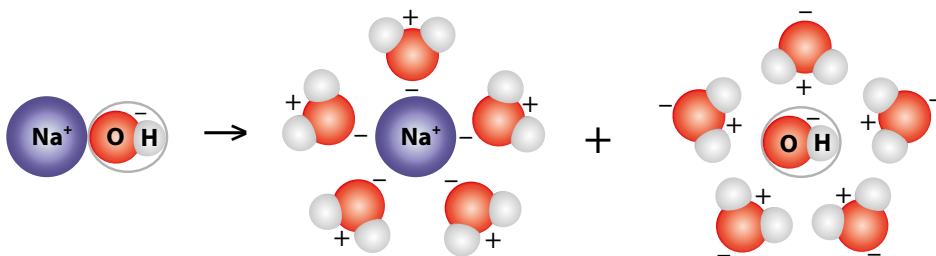
Неорганічні основи й солі — речовини йонної будови, які складаються з катіонів металічних елементів (або йона амонію) та гідроксид-аніонів. Тож їх дисоціація є, фактично, процесом розчинення або розплавлення, унаслідок якого йони стають вільними. Отже, з позиції теорії електролітичної дисоціації...



Основи — це електроліти, що дисоціюють на катіони металічного елемента (або йона амонію) та гідроксид-аніони.



Наприклад, для натрій гідроксиду та барій гідроксиду:



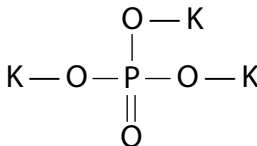
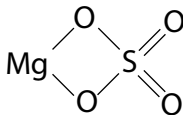
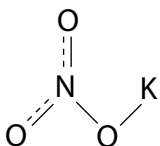
Під час дисоціації основ утворюються аніони одного типу — гідроксид-іони OH^- , які визначають усі характерні властивості розчинів лугів: здатність змінювати колір індикаторів, реагувати з кислотами, кислотними оксидами й солями.

10.3 Електролітична дисоціація солей



Поміркуйте

Проаналізуйте структурні формули солей. Доведіть або спростуйте гіпотезу щодо йонів, які утворюються під час розчинення солей.



Неорганічні солі утворені катіонами металічного елемента (або йона амонію) та аніонами кислотного залишку. Під час розчинення солей у воді ці йони переходять у розчин.

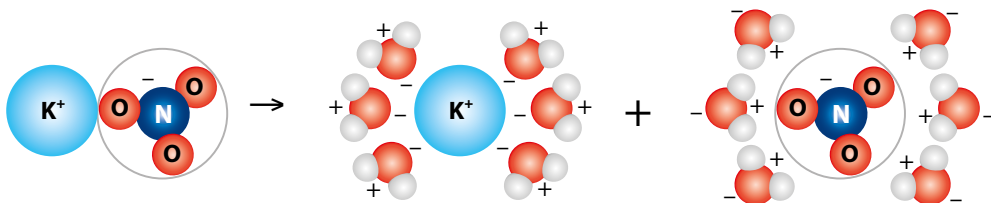
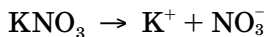
Отже, з позиції теорії електролітичної дисоціації...



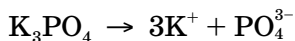
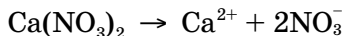
Солі — це електроліти, що дисоціюють на катіони металічного елемента (або йона амонію) та аніони кислотного залишку.



Наприклад, для калій нітрату:



Так само дисоціюють інші солі, наприклад, кальцій нітрат і калій ортофосфат:



Зверніть увагу, що в рівняннях дисоціації кислот, основ і солей сумарний заряд катіонів і аніонів має дорівнювати нулю, оскільки будь-яка речовина є електронейтральною.



Досліджуємо, моделюємо, проєкуємо

Використовуючи підручні матеріали (пластилін, намистини, дрiт тощо), виготовте моделі йонів. Порівняйте їх із моделями атомів, які ви робили у 8-му класі.



Робота з інформацією

- 104.** Дайте визначення кислотам, основам і солям із позиції теорії електролітичної дисоціації.
- 105.** У чому полягає особливість електролітичної дисоціації багатоосновних кислот порівняно з одноосновними? Поясніть відмінності на прикладі сульфатної кислоти.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

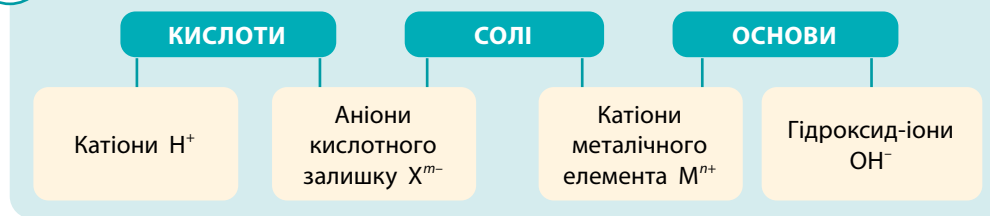
- 106.** Унаслідок електролітичної дисоціації молекули кислоти утворився йон із зарядом $3-$. Скільки йонів Гідрогену утворилося за таких умов?
- 107.** Запишіть заряди йонів у речовинах: а) Na_2S , Na_2SO_4 , MgSO_4 , Na_3PO_4 , AlPO_4 ; б) K_2SO_4 , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, NaOH , $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Назвіть ці речовини.
- 108.** Запишіть рівняння електролітичної дисоціації кислот: а) карбонатної; б) бромідної; в) нітритної. Назвіть аніони, що утворюються.
- 109.** Які з наведених кислот будуть дисоціювати ступінчасто: HCl , H_2CO_3 , HNO_3 , H_2S , HCl , H_2SO_3 ? Відповідь підтвердьте рівняннями реакцій.
- 110.** Запишіть рівняння електролітичної дисоціації основ: а) калій гідроксиду; б) літій гідроксиду.
- 111.** Запишіть рівняння електролітичної дисоціації солей: а) магній нітрату; б) алюміній хлориду; в) барій броміду; г) натрій карбонату; д) натрій ортофосфату; е) барій сульфіду; ж) ферум(3+) нітрату; и) магній хлориду; к) алюміній сульфату.
- 112.** Яка кількість речовини частинок утвориться внаслідок розчинення у воді таких речовин кількістю 1 моль: а) гідроген хлориду; б) калій йодиду; в) кальцій броміду; г) барій нітрату? Запишіть рівняння електролітичної дисоціації цих речовин.

- 113.** Наведіть по одному прикладу солей, у разі дисоціації яких кількістю речовини по 1 моль утворюються:
а) 2 моль йонів; б) 3 моль йонів;
в) 4 моль йонів; г) 5 моль йонів.
Запишіть відповідні рівняння електролітичної дисоціації.
- 114.** Запишіть формулу речовини, під час дисоціації якої утворюються йони Кальцію та гідроксид-йони.
- 115.** Із переліку речовин виписуйте окремо електrolіти й неелектrolіти: HCl, Ca, Cr₂(SO₄)₃, Fe₂O₃, Mg(OH)₂, CO₂, Sr(OH)₂, Sr(NO₃)₂, P₂O₅, H₂O.
Запишіть рівняння дисоціації електrolітів.
- 116.** У разі дисоціації певного нітрату утворився 1 моль катіонів із зарядом 2+. Яка кількість речовини нітрат-іонів утворилася за таких умов?
- 117.** Запишіть формули та рівняння дисоціації ферум(2+) сульфату й ферум(3+) сульфату. Чим відрізняються ці солі?
- 118.** Наведіть по одному прикладу рівнянь дисоціації солей за наведеними схемами (літерою М позначено металічний елемент, а Х — кислотний залишок):

а) $\text{MX} \rightarrow \text{M}^{2+} + \text{X}^{2-}$;	б) $\text{MX}_3 \rightarrow \text{M}^{3+} + 3\text{X}^-$;
в) $\text{M}_3\text{X} \rightarrow 3\text{M}^+ + \text{X}^{3-}$;	г) $\text{M}_2\text{X}_3 \rightarrow 2\text{M}^{3+} + 3\text{X}^{2-}$.
- 119.** У розчині наявні йони K⁺, Mg²⁺, NO₃⁻, SO₄²⁻. Якi речовини розчинили? Наведіть два варіанти відповіди.
- 120.** Запишіть рівняння дисоціації тих електrolітів, що утворюють хлорид-йони: CrCl₃, KClO₃, BaCl₂, Ca(ClO)₂, HClO₄, MgOHCl.



Ключова ідея



§ 11. СИЛЬНІ ТА СЛАБКІ ЕЛЕКТРОЛІТИ



rnk.com.ua/
114400



Коли я дізналася, що під час розчинення кислота чи сіль розпадається на йони, мені здавалося: о, клас, у розчині всі частинки вже розділилися — відбулася повна дисоціація! Але я бачила в підручнику формули зі стрілками в обидва боки. Тобто дисоціація відбувається у зворотних напрямках? Усе складніше, ніж здавалося.

11.1 Сильні та слабкі електроліти



Поміркуйте

Як ви вважаєте, у чому полягає «сила» електролітів? Як це пов'язано з електролітичною дисоціацією? Сформулюйте гіпотезу, чи існує причинний зв'язок між силою електролітів і типом хімічного зв'язку в них.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо



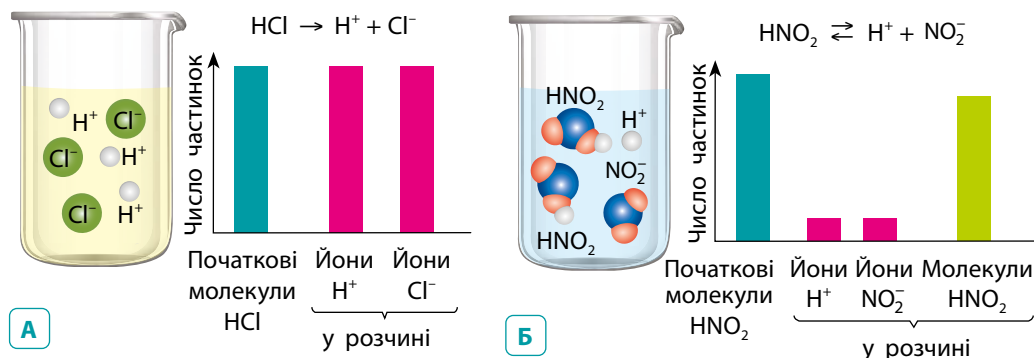
Пригадайте зміст експерименту в навчальному дослідженні 8 (див. с. 69). Виконайте аналогічне дослідження, але випробуйте на електропровідність хлоридну кислоту (0,4 %) і розчини: сульфатної кислоти (1 %), оцтової кислоти (0,6 %), натрій гідроксиду (0,4 %), амоніаку (0,2 %). Під час експерименту відзначайте яскравість світіння лампочки.

Підбийте підсумки дослідження:

- за масовою часткою розчинених речовин обчисліть кількість речовини кислот або основ, що містяться у відповідних розчинах об'ємом 1 л;
- чому, на вашу думку, запропоновано саме такі концентрації розчинів;
- сформулюйте гіпотезу для пояснення різної інтенсивності світіння лампочок у різних розчинах.

Процес електролітичної дисоціації може бути оборотним або необоротним.

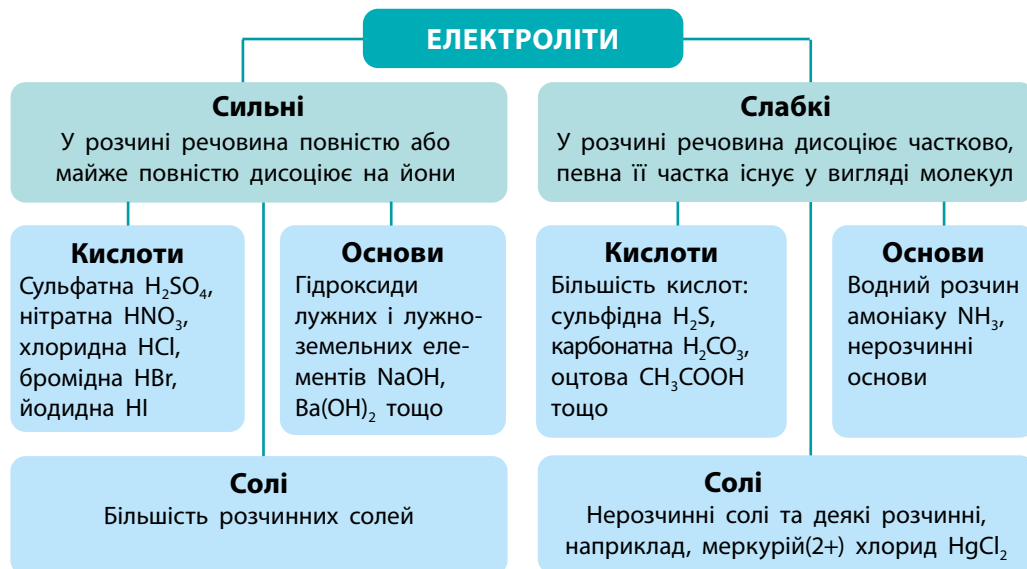
За **необоротної дисоціації** в розчинах уся речовина або майже вся розпадається на йони. Це характерно для *сильних електролітів* (мал. 11.1А).



Мал. 11.1. Порівняння числа йонів у розчинах з однаковою початковою кількістю електроліту: А — хлоридна кислота (сильний електроліт); Б — нітритна кислота (слабкий електроліт)

До сильних електролітів належать деякі кислоти та всі розчинні у воді солі й розчинні основи (луги) (схема 4).

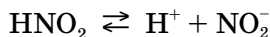
Схема 4. Класифікація електролітів за силою



За **оборотної дисоціації** відбуваються два протилежні процеси: одночасно з розпадом речовини на йони (дисоціація) відбувається зворотний процес об'єднання йонів у молекули речовини (асоціація). Через це частина речовини в розчині існує у вигляді йонів, а частина — у вигляді молекул (мал. 11.1Б, с. 85).

Електроліти, які під час розчинення у воді розпадаються на йони лише частково, називають *слабкими електролітами*. Це — вода, багато кислот, а також нерозчинні основи й солі (схема 4, с. 85).

У рівняннях дисоціації слабких електролітів замість звичайної стрілки записують двонаправлену стрілку (знак оборотності):



11.2 Ступінь дисоціації



Поміркуйте

Чи існує фізична величина, якою можна характеризувати силу електролітів? Як ви вважаєте, у чому має полягати її зміст?

Силу електролітів кількісно характеризує ступінь електролітичної дисоціації α , який показує частку молекул речовини, що розпалися в розчині на йони.



Ступінь дисоціації α дорівнює відношенню числа молекул N або кількості речовини n , що розпалися на йони, до початкового числа молекул N_0 або кількості розчиненої речовини n_0 :

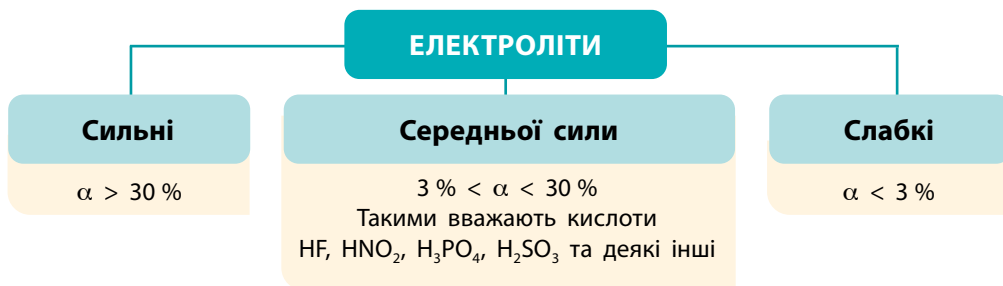
$$\alpha = \frac{\text{число молекул, що продисоціювали}}{\text{загальне число розчинених молекул}} = \frac{N_{\text{дис}}}{N_0} = \frac{n_{\text{дис}}}{n_0}$$

Ступінь дисоціації можна виражати не лише в частках одиниці, але й у відсотках:

$$\alpha = \frac{n_{\text{дис}}}{n_0} \cdot 100 \%$$

Значення α може змінюватися від 0 (дисоціація відсутня) до 1, або 100 % (повна дисоціація). Чим краще дисоціює електроліт, тим більший ступінь дисоціації.

За значенням ступеня електролітичної дисоціації електроліти поділяють на три групи: сильні, слабкі й електроліти середньої сили.



Ступінь дисоціації — величина змінна. Він залежить не лише від природи електроліту, але й від його концентрації в розчині: у разі розбавлення розчину водою ступінь дисоціації збільшується. Цю залежність уперше визначив і дослідив Вільгельм Оствальд.

Відрізняється також сила кислот за різними стадіями. Якщо за першою стадією сульфатна кислота сильна, то за другою стадією — середньої сили.



rnk.com.ua/
112424

**Вільгельм-Фрідріх
Оствальд**

(1853–1932)

Німецький фізико-хімік,
Нобелівський лауреат
1909 року з хімії

Приклад

У воді об'ємом 1 л розчинили гідроген фторид кількістю речовини 5 моль. Отриманий розчин містить 0,06 моль йонів Гідрогену. Обчисліть ступінь дисоціації фторидної кислоти (у відсотках).

Відомо:

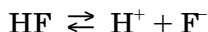
$$n_0(\text{HF}) = 5 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}^+) = 0,06 \text{ моль}$$

$\alpha(\text{HF})$ — ?

Розв'язання:

Рівняння дисоціації фторидної кислоти:



Унаслідок дисоціації з однієї молекули кислоти утворюється один йон Гідрогену. Якщо в розчині наявні 0,06 моль йонів H^+ , це означає, що дисоціювало 0,06 моль молекул гідроген фториду. Отже, ступінь дисоціації дорівнює:

$$\alpha = \frac{n(\text{H}^+)}{n_0(\text{HF})} \cdot 100 \% = \frac{0,06}{5} \cdot 100 \% = 1,2 \%$$

Відповідь: $\alpha(\text{HF}) = 1,2 \%$.

Робота з інформацією

- 121.** Яка фізична величина кількісно характеризує силу електроліту? Чи є вона сталою в будь-яких розчинах? Як можна збільшити ступінь дисоціації електроліту?
- 122.** Знайдіть інформацію про залежність сили електролітів від природи речовини. Установіть залежність між будовою речовин і природою хімічних елементів, що їх утворюють, та силою електролітів.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 123.** Наведіть приклад: а) двохосновної кислоти, що за першою стадією є електролітом середньої сили, а за другою — слабким електролітом; б) двохосновної кислоти, що за обома стадіями є слабким електролітом.
- 124.** У певної кислоти за першою стадією ступінь дисоціації становить 100 %, а за другою — 15 %. Яка кислота це може бути?
- 125.** Яких частинок більше в розчині гідроген сульфід: молекул H_2S , йонів H^+ , йонів S^{2-} чи йонів HS^- ?
- 126.** Із наведеного переліку речовин виписіть окремо формули: а) сильних електролітів; б) слабких електролітів. NaCl , HCl , NaOH , NaNO_3 , HNO_3 , HNO_2 , H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, H_2S , K_2S , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.
- 127.** Запишіть рівняння дисоціації: а) стронцій нітрату; б) ртуті(II) хлориду; в) кальцій карбонату; г) кальцій гідроксиду; д) сульфідної кислоти. У яких речовин дисоціація відбувається оборотно?
- 128.** У розчині гідроген фториду об'ємом 1 л міститься 2 г кислоти. У цьому розчині кількість речовини йонів Гідрогену становить 0,008 моль. Обчисліть кількість речовини фторид-іонів у цьому розчині. До яких кислот належить фторидна кислота?
- 129.** У трьох пробірках містяться однакові об'єми розчинів хлоридної, фторидної та сульфідної кислот. В усіх пробірках кількості речовини кислот однакові. Але в першій пробірці кількість речовини йонів Гідрогену становить $3 \cdot 10^{-7}$ моль, у другій — $8 \cdot 10^{-5}$ моль, а в третій — 0,001 моль. У якій пробірці міститься яка кислота?
- 130.** У першій пробірці міститься розчин електроліту, ступінь дисоціації якого становить 89 %, у другій — електроліт зі ступенем дисоціації 8 %, а в третій — 0,2 %. Наведіть по два приклади електролітів різних класів сполук, що можуть міститися в цих пробірках.



Ключова ідея

Дисоціація слабких електролітів — оборотний процес, а сильних — необоротний.

§ 12. КИСЛОТНІСТЬ РОЗЧИНІВ. ВОДНЕВИЙ ПОКАЗНИК pH



rnk.com.ua/
114401



Я знаю, що лимонна кислота — кисла, а сода — ні. Але чому? Як дві літери — pH — можуть щось сказати про «кислість»? Якщо в рекламі шампуню кажуть: «із нейтральним pH», то, ймовірно, це важливий чинник. Я відчуваю, що цей показник «приховує» щось важливе і в хімії, і для життя.



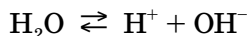
Пригадайте

Під чистою водою хіміки/хімікині розуміють хімічно чисту воду, що не містить жодних домішок і розчинених солей, тобто дистильовану воду.

12.1 Кислотність середовища

Для різних хімічних, промислових і біологічних процесів дуже важливою характеристикою є **кислотність розчинів**, яка характеризує вміст кислот або лугів у розчинах. Оскільки кислоти й луги є електролітами, то для характеристики кислотності середовища використовують уміст йонів H^+ або OH^- .

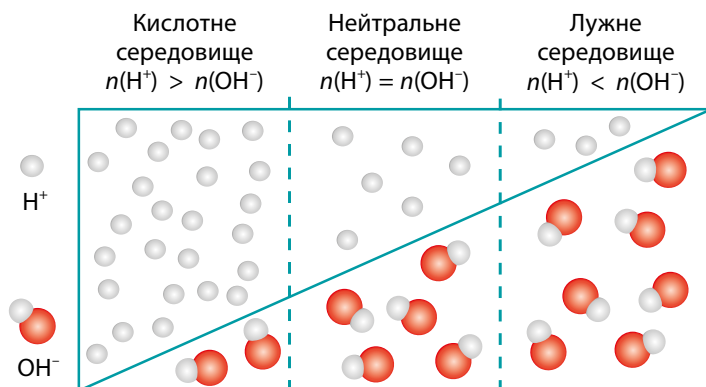
У чистій воді й у будь-якому розчині разом із частинками розчинених речовин наявні також йони H^+ і OH^- . Це відбувається внаслідок дисоціації самої води. І хоча ми вважаємо воду неелектролітом, вона може дисоціювати:



Але цей процес відбувається дуже незначною мірою: в 1 л води на йони дисоціює лише $1 \cdot 10^{-7}$ моль молекул.

У розчинах кислот унаслідок дисоціації з'являються додаткові йони H^+ . У таких розчинах йонів H^+ значно більше, ніж йонів OH^- , що утворилися під час незначної дисоціації води, тому ці розчини називають кислими. Прийнято говорити, що такі розчини мають **кислотне середовище** (мал. 12.1, с. 90 ліворуч). Чим більше йонів H^+ міститься в розчині, тим більша кислотність середовища.

У розчинах лугів унаслідок їхньої дисоціації, навпаки, переважають йони OH^- , а катіонів H^+ від незначної дисоціації води значно менше. Середовище таких розчинів є **лужним** (мал. 12.1 праворуч). Чим вища концентрація йонів OH^- , тим більш лужним є середовище розчину.



Мал. 12.1. Порівняння вмісту йонів H^+ та OH^- у кислотному, лужному й нейтральному середовищах

У розчині кухонної солі вміст йонів H^+ та OH^- однакова й дорівнює по $1 \cdot 10^{-7}$ моль в 1 л розчину. Таке середовище називають **нейтральним** (мал. 12.1 посередині). Фактично це означає, що розчин не містить ані кислоти, ані лугу.

Нейтральне середовище характерне для розчинів деяких солей (утворених лугом і сильною кислотою) та багатьох органічних речовин. Чиста вода також має нейтральне середовище.

12.2 Водневий показник

Якщо порівнювати смак кефіру й лимонного соку, то можна впевнено стверджувати, що лимонний сік значно кисліший, тобто кислотність цих розчинів різна. У чистій воді також містяться йони H^+ , але кислого смаку ми не відчуваємо. Це зумовлено надто малим умістом йонів H^+ . Часто буває недостатньо сказати, що середовище кислотне чи лужне, а необхідно визначити це кількісно.

Кислотність середовища кількісно характеризують **водневим показником рН** (вимовляється «пе-аш»), що пов'язаний із концентрацією йонів Гідрогену. Значення рН відповідає певному вмісту катіонів Гідрогену в 1 л розчину.

Кислотне середовище:
 $0 < \text{pH} < 7$

У розчинах кислот уміст катіонів H^+ більший, ніж $1 \cdot 10^{-7}$ моль, відповідно, pH перебуває в межах від 0 до 7

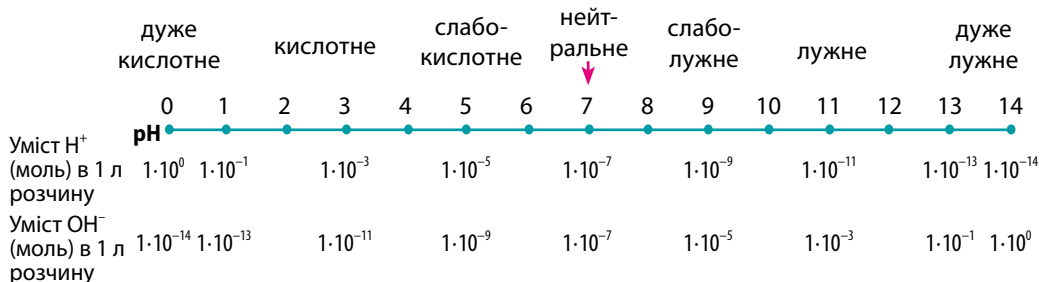
Нейтральне середовище:
 $\text{pH} = 7$

У чистій воді й у нейтральних розчинах в 1 л міститься $1 \cdot 10^{-7}$ моль йонів H^+ , а значення pH дорівнює 7

Лужне середовище:
 $7 < \text{pH} < 14$

У лужних розчинах уміст катіонів H^+ менший, ніж $1 \cdot 10^{-7}$ моль, а pH — у межах від 7 до 14

Визначення pH пов'язане з обчисленням логарифму числа (ви вивчатимете це на уроках математики профільної школи). Але взаємозв'язок між умістом йонів у розчині та значенням pH можна зобразити схемою:



Значення водневого показника pH водних розчинів багатьох речовин і природних розчинів перебуває в інтервалі від 1 до 13 (мал. 12.2).



Мал. 12.2. Значення pH різних природних і штучних розчинів

12.3 Визначення кислотності середовища



Пригадайте

Пригадайте з хімії 8-го класу, що таке індикатори. Які індикатори ви знаєте? Для чого їх використовують?

rnk.com.ua/
113905



Відеодослід «Дослідження дії індикаторів для виявлення кислот і лугів у розчинах»

Таблиця 3. Колір деяких індикаторів

Індикатор	Колір		
	у розчинах кислот	у воді	у розчинах лугів
Лакмус	Червоний	Фіолетовий	Синій
Метилоранж	Червоний	Оранжевий	Жовтий
Фенолфталеїн	Безбарвний	Безбарвний	Рожевий
Універсальний індикатор	Червоний	Жовтий	Синій

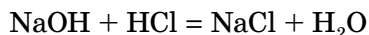
Для визначення кислотності розчину в лабораторіях найчастіше використовують універсальний індикатор (мал. 12.3). За його кольором можна визначити не лише наявність кислоти чи лугу, але й значення рН розчину з точністю до 0,5.

Для точнішого вимірювання рН існують спеціальні прилади — рН-метри (мал. 12.4). Вони дають змогу визначити рН розчину з точністю до 0,001–0,01.



Мал. 12.3. Універсальним індикатором визначають приблизне значення рН

Використовуючи індикатори або рН-метри, можна стежити за тим, як відбуваються хімічні реакції. Наприклад, якщо до розчину натрій гідроксиду доливати хлоридну кислоту, то відбудеться реакція нейтралізації:



Відеодослід «Установлення приблизного значення рН води, лужних і кислот розчинів за допомогою універсального індикатора»

rnk.com.ua/
113533





Мал. 12.4. Для вимірювання рН розчинів використовують спеціальні прилади — рН-метри: А — лабораторний (стаціонарний); Б — портативний

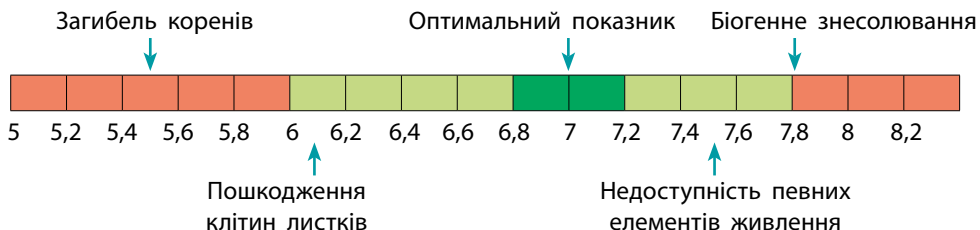
У цьому разі розчини реагентів і продуктів реакції безбарвні. Якщо в початковий розчин лугу помістити електрод рН-метру, то про повну нейтралізацію лугу кислотою можна зробити висновок за значенням рН утвореного розчину.

12.4 Застосування водневого показника

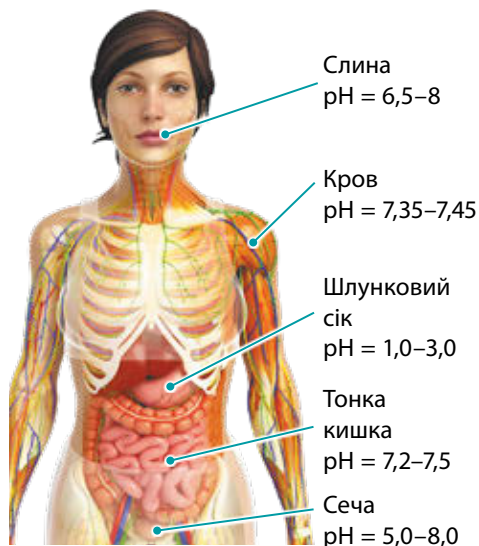
Визначення кислотності розчинів має практичне значення в багатьох галузях промисловості, медицини, науки й інших сферах життя людини.

Екологи/екологіні регулярно вимірюють рН дощової води, води річок і озер. Різке підвищення кислотності природних вод може бути наслідком забруднення атмосфери або потрапляння до водойми відходів промислових підприємств. Такі зміни спричиняють загибель рослин, риб та інших мешканців водойм (мал. 12.5).

Водневий показник важливий для дослідження процесів у живих організмах, оскільки в клітинах відбуваються численні хімічні реакції.



Мал. 12.5. Вплив рівня рН води на життєдіяльність рослин у водоймах



Мал. 12.6. Значення рН біологічних рідин організму людини

У клінічній діагностиці визначають рН плазми крові, шлункового соку, сечі тощо (мал. 12.6). Нормальне значення рН крові — від 7,35 до 7,45. Навіть невелика зміна рН крові людини може спричинити захворювання, а за рН = 7,1 і нижче починаються необоротні зміни, що можуть призвести до смерті.

Для більшості рослин важливою є кислотність ґрунту, тому агрономи завчасно проводять аналіз ґрунтів, визначаючи їх рН (мал. 12.7). Якщо кислотність зavelика для певної культури, ґрунт вапнують — додають крейду чи вапно.

У харчовій промисловості кислотно-основними індикаторами контролюють процес виробництва різних харчових продуктів (мал. 12.8). Наприклад, у нормі для молока рН = 6,8. Якщо рН відрізняється від цього значення, це свідчить або про наявність сторонніх домішок, або про його скисання.

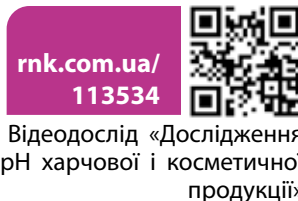


Мал. 12.7. Вимірювання рН ґрунту



Мал. 12.8. Контроль якості молока в лабораторії на молокозаводі

Важливим є значення рН для косметичних і мийних засобів, які ми використовуємо в побуті. Норма показника рН для шкіри людини в середньому становить 5,5. Якщо шкіра контактуватиме із засобами, кислотність яких суттєво відрізняється від цього значення, то це може негативно вплинути на неї. Було помічено, що в людей, які тривалий час для прання застосовували звичайне господарське мило ($\text{pH} = 8\text{--}10$) або пральну соду (Na_2CO_3 , $\text{pH} = 12\text{--}13$), шкіра рук ставала дуже сухою, червоніла і вкривалася тріщинами. Тому вкрай важливо використовувати косметичні засоби (гелі, креми, шампуні тощо) з близьким до природного рН шкіри. А під час роботи з мийними засобами слід надівати захисні рукавички.



Робота з інформацією

131. Які йони наявні в надлишку в кислотних розчинах? у лужних?
132. Які значення рН і вміст йонів H^+ у розчинах: а) нейтральних; б) слабо-кислотних; в) слаболужних; г) дуже кислотних; д) дуже лужних?
133. Водний розчин певної речовини має лужне середовище. Яких йонів більше в цьому розчині: H^+ чи OH^- ?
134. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про науковця, який уперше запропонував використовувати показник рН для визначення кислотності розчинів.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

135. Порівняйте поняття «рН» і «масова частка», склавши діаграму Венна.
136. У двох пробірках містяться розчини нітратної кислоти й калій нітрату. Які індикатори можна використати, щоб визначити, у якій пробірці міститься розчин солі?
137. Із наведеного переліку випишіть формули речовин, розчини яких мають середовище: а) кислотне; б) лужне; в) нейтральне.
 NaCl , HCl , NaOH , HNO_3 , H_3PO_4 , H_2SO_4 , $\text{Ba}(\text{OH})_2$, H_2S , KNO_3 .
138. Дощова вода має $\text{pH} = 5,6$. Що це означає? Яка речовина, що міститься в повітрі, унаслідок розчинення у воді зумовлює таку кислотність середовища?
139. Яке середовище (кислотне/нейтральне/лужне):
а) у розчині шампуню ($\text{pH} = 5,5$); б) у крові здорової людини ($\text{pH} = 7,4$);
в) у шлунковому соку людини ($\text{pH} = 1,5$); г) у слині ($\text{pH} = 7,0$)?

- 140.** У складі кам'яного вугілля, яке використовують на теплоелектростанціях, містяться сполуки Нітрогену й Сульфуру. Викид в атмосферу продуктів спалювання вугілля є причиною утворення кислотних дощів, що містять невеликі кількості нітратної або сульфітної кислот. Які значення рН характерні для такої дощової води: більше 7 чи менше 7?
- 141.** До розчину, що містить 1 моль калій гідроксиду, додали розчин фенолфталеїну. Чи зміниться забарвлення розчину, якщо до нього потім додати хлоридну кислоту кількістю речовини: а) 0,5 моль; б) 1 моль; в) 1,5 моль?
- 142.** У трьох пробірках без надписів містяться безбарвні розчини: натрій сульфат, натрій гідроксид і сульфатна кислота. Для всіх розчинів виміряли значення рН: у першій пробірці — 2,3, у другій — 12,6, у третій — 6,9. У якій пробірці міститься яка речовина?
- 143.** Оксана купила в аптеці дистильовану воду. рН-метр показав, що значення рН цієї води дорівнює 6,0. Потім дівчина прокип'ятила цю воду тривалий час, заповнила контейнер до верху гарячою водою і закрила кришкою. Коли вода вихолонула до кімнатної температури, рН-метр показав значення 7,0. Після цього дослідниця трубкою продмухувала повітря крізь воду, і рН-метр знову показав 6,0. Як можна пояснити зміни значень рН?
- 144.** Як ви вважаєте, чому у двох пляшках оцту від одного виробника можуть міститися розчини з дещо різними значеннями рН?
- 145.** На упаковках ґрунтових сумішей часто вказують рівень кислотності ґрунту (рН). Поясніть, чому це важливо знати. Із додаткових джерел дізнайтеся, які рослини краще пристосовані до кислотних ґрунтів, а які — до лужних.



- 146.** Софія досліджувала кислотність різних природних вод. Вона виміряла рН води в різних місцях і спрогнозувала, які розчинені речовини зумовлюють таку кислотність. Результати дослідження Софія оформила в таблицю.

Зразок води	Джерело	pH	Основна розчинена речовина
Дощова вода	Атмосферні опади	5,6	Невелика кількість H_2CO_3
Вода з річки	р. Дніпро	6,4	Сліди органічних кислот
Морська вода	Чорне море	8,2	NaHCO_3 , Na_2CO_3
Озерна вода	Озеро з водоростями біля поселення	9,1	NH_3 та органічні сполуки
Вода з гейзера	Гаряче джерело	2,0	H_2SO_4
Вода біля цементного заводу	Штучне озеро	11,8	$\text{Ca}(\text{OH})_2$

Проаналізуйте наведені дані та дайте відповіді на запитання.

1. Які зразки мають кислотне середовище, а які — лужне?
2. Порівняйте pH зразків із розчищеною речовиною, яку запропонувала Софія. Чи згодні ви з її припущеннями?
3. Порівняйте зразок дощової води з водою з гейзера. Чому pH у них суттєво відрізняється, хоча в обох міститься кислота?
4. Порівняйте зразки води з природного озера та штучного озера біля цементного заводу. Як ви вважаєте, які чинники могли зумовити таку різницю? Як це може бути пов'язане з людською діяльністю?
5. Порівняйте pH зразків із типом електроліту, що міститься в них (основа / кислота, сильний / слабкий).
6. У якому зразку pH води найсуттєвіше відрізняється від нейтрального значення 7? Чому електроліт у ньому не можна віднести до категорії слабких кислот або слабких основ?
7. Порівняйте результати дослідження з екологічним станом водойм. Які із цих зразків можуть указувати на екологічну небезпеку для живих організмів? Відповідь обґрунтуйте.



Ключова ідея

Розчин	$n(\text{H}^+)$ (моль в 1 л)	Співвідношення між умістом H^+ та OH^-	pH
Кислотний	$> 1 \cdot 10^{-7}$	$n(\text{H}^+) > n(\text{OH}^-)$	$< 7,0$
Нейтральний	$= 1 \cdot 10^{-7}$	$n(\text{H}^+) = n(\text{OH}^-)$	7,0
Лужний	$< 1 \cdot 10^{-7}$	$n(\text{H}^+) < n(\text{OH}^-)$	$> 7,0$

«Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах»

Завдання для дослідження

Хімічні реакції між кислотами, основами й солями у водних розчинах відбуваються за участю йонів, на які дисоціюють ці речовини. Завданням цього експерименту є дослідження хімічних реакцій між водними розчинами солей, кислот і основ і виявлення основних закономірностей у властивостях цих речовин.

Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками, піпетки.

Реактиви: розчини HCl , Na_2CO_3 , KCl , CaCl_2 , BaCl_2 , MgCl_2 , KBr , KI , K_3PO_4 , Na_2SO_4 , Na_2SO_3 , AgNO_3 , H_2SO_4 , NaOH , лакмусу або метилового оранжевого.

Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть відбутися під час роботи з названими речовинами та обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?



Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Виконайте досліді.

Дослід 1. У дві пробірки налейте по 1 мл розчину натрій карбонату. У першу пробірку додайте кілька крапель хлоридної кислоти, а в другу — 1 мл розчину кальцій хлориду. Які зміни спостерігаєте? Ці реакції є оборотними чи необоротними? Складіть рівняння реакцій. Чи відбуватимуться реакції, якщо замість розчину натрій карбонату використати нерозчинну сіль, наприклад, магній карбонат?

Дослід 2. У дві пробірки налейте по 1 мл розчину барій хлориду. У першу пробірку додайте 1 мл розчину натрій сульфату, у другу — кілька крапель розчину аргентум(1+) нітрату. Які зміни спостерігаєте? Чи відрізняються осад в обох пробірках на вигляд і за складом? Складіть рівняння реакцій.

Дослід 3. У чотири пробірки налейте по 1 мл розчинів калій хлориду, калій броміду, калій йодиду та калій ортофосфату. У кожен пробірку додайте по кілька крапель розчину аргентум(1+) нітрату. Які зміни спостерігаєте? Чи відрізняються осад в усіх пробірках на вигляд і за складом? Складіть рівняння реакцій.

Дослід 4. У чотири пробірки налейте по 1 мл розчину сульфатної кислоти та додайте по кілька крапель розчину індикатора (лакмусу або метилоранжу).

■ У першу пробірку краплями додавайте розчин лугу, допоки розчин стане нейтральним.

■ У другу пробірку додайте 1 мл розчину барій хлориду.

Чи відбувається реакція? Чи змінюється кислотність середовища в пробірці?

■ У третю пробірку додайте 1 мл розчину натрій сульфіту.

Що спостерігаєте? Визначте запах у пробірці. Чи відбувається реакція?

За якою ознакою це можна визначити?

■ У четверту пробірку додайте 1 мл розчину магній хлориду.

Чи відбувається реакція? За якими ознаками це можна визначити?

Запишіть рівняння реакцій.

Якщо реакцію сульфатної кислоти з лугом проводити без використання індикатора, чи будуть помітними зміни протягом реакції? Чи відбуватиметься реакція?

3. За результатами дослідження зробіть висновки.

● Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. За яких умов відбуваються реакції йонного обміну в розчинах?
2. За якими ознаками ви зробили висновок про перебіг реакцій у кожному досліді?



§ 13. РЕАКЦІЇ ЙОННОГО ОБМІНУ



rnk.com.ua/
114402



Я вже знаю, що в розчинах електролітів є йони. Але якщо там стільки різних йонів плаває, то це ж суцільний хаос... Чи вони самі по собі існують і нічого не відбувається? А потім раптом утворюється осад чи газ або щось нейтралізується. Як зрозуміти, які йони між собою взаємодіють, а які — «ігнорують» один одного?

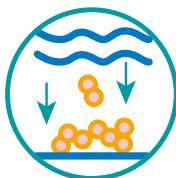
13.1 Йонно-молекулярні рівняння реакцій

Реакції йонного обміну між солями, кислотами й основами в розчинах відбуваються за умови, що в результаті реакції:

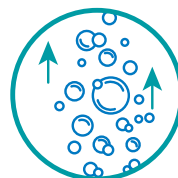
утворюється вода



випадає осад
(нерозчинна у воді речовина)

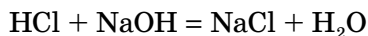


виділяється газ

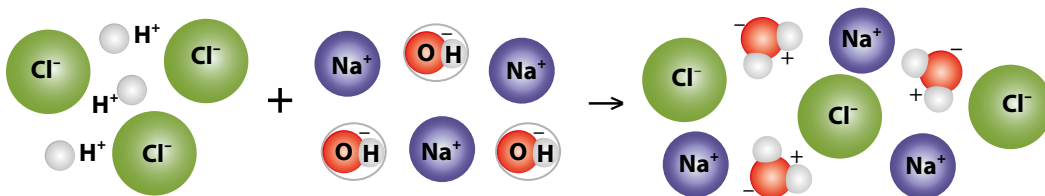


Розгляньмо, як відбуваються реакції обміну між розчинами електролітів із позицій теорії електролітичної дисоціації. Для цього складають *йонно-молекулярні рівняння*: у молекулярному рівнянні реакції формули сильних електролітів замінюють формулами йонів, на які дисоціюють ці електроліти, а інші речовини — неелектроліти та слабкі електроліти (осади, гази, оксиди, воду тощо) — залишають у молекулярній формі.

Складімо йонно-молекулярне рівняння реакції нейтралізації хлоридної кислоти натрій гідроксидом. Спочатку запишемо молекулярне рівняння цієї реакції:

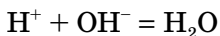


Реактанти й один із продуктів цієї реакції — сильні електроліти. У водному розчині вони містяться виключно у вигляді йонів, а вода на йони майже не дисоціює. Зважаючи на це, замінюємо формули сильних електролітів формулами йонів:



Такий запис називають *повним йонно-молекулярним рівнянням* реакції. У ньому записані всі частинки, що реально містяться в розчині.

За рівнянням ми бачимо, що йони Cl^- і Na^+ у реакції не беруть участі — вони записані і в лівій, і в правій частинах рівняння, тому їх можна вилучити (скоротити):

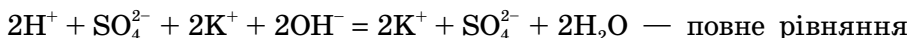
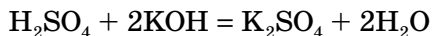


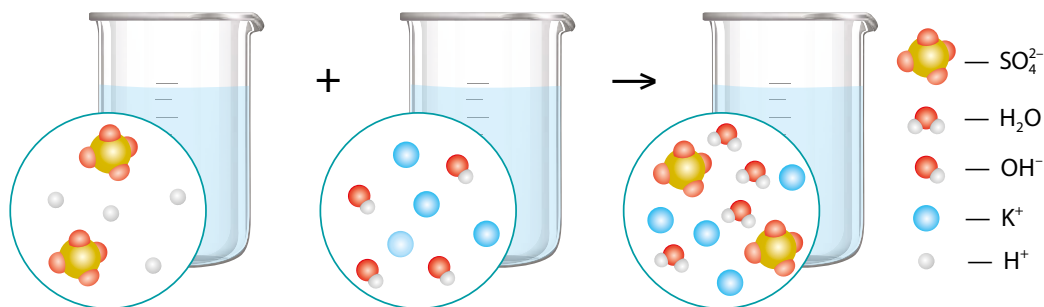
Ми отримали *скорочене йонно-молекулярне рівняння* реакції. Воно показує хімічну суть цієї реакції: якщо в розчині одночасно наявні йони H^+ і OH^- , вони взаємодіють один з одним, утворюючи слабкий електроліт — воду.

У такий спосіб можна скласти йонно-молекулярне рівняння для будь-якої реакції в розчині. Такі рівняння відображають реальні процеси, що відбуваються в розчинах, оскільки частина йонів не бере участі в реакціях.

13.2 Реакції обміну з утворенням води

Складімо йонно-молекулярне рівняння реакції сульфатної кислоти з калій гідроксидом. Зверніть увагу, що необхідно враховувати стехіометричні коефіцієнти:



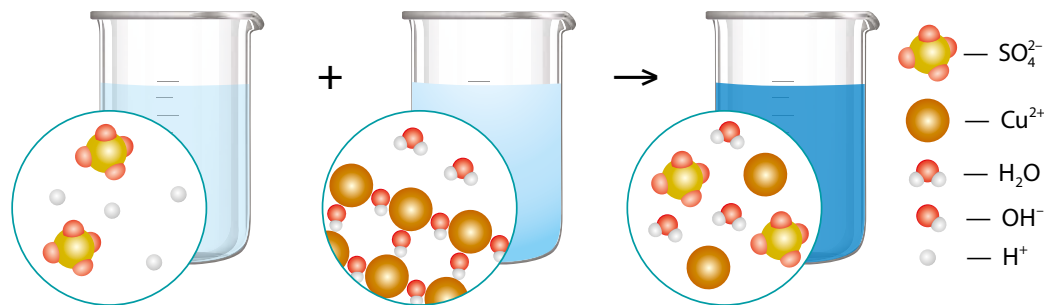
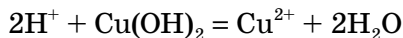
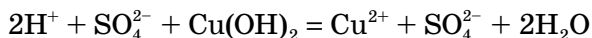
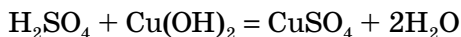


Як бачимо, повне йонно-молекулярне рівняння цієї реакції відрізняється від рівняння, складеного вище для хлоридної кислоти. Але скорочене йонно-молекулярне рівняння таке саме, як і для реакції хлоридної кислоти з натрій гідроксидом.

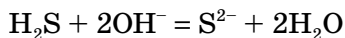
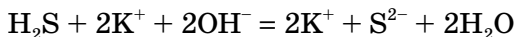
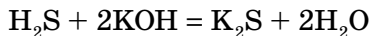
Обидві ці реакції є реакціями нейтралізації. Отже, *хімічна суть реакцій нейтралізації* полягає в сполученні йонів H^+ і OH^- у молекулу слабого електроліту — води.

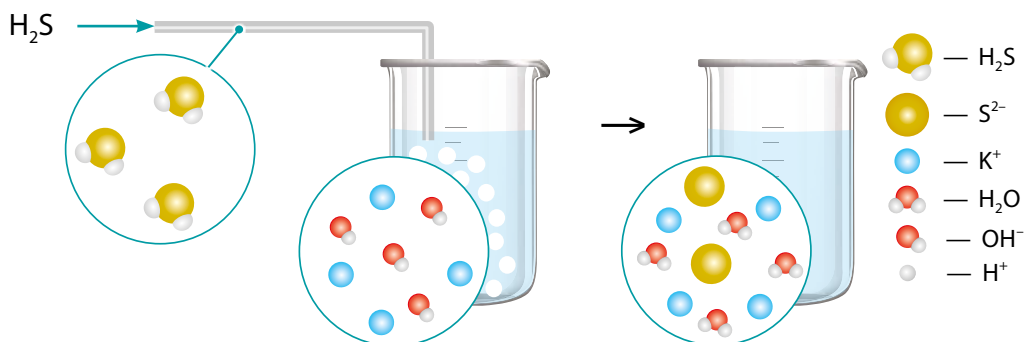
Розгляньмо ще приклади взаємодії основ із кислотами.

Реакція між сульфатною кислотою та нерозчинним купрум(2+) гідроксидом:



Взаємодія між слабкою сульфідною кислотою та калій гідроксидом:

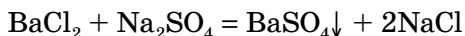




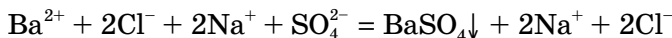
Зверніть увагу, у цих рівняннях формули слабких електролітів — $\text{Cu}(\text{OH})_2$ і H_2S — залишаються в молекулярному вигляді, оскільки вони майже не дисоціюють на йони в розчині.

13.3 Реакції обміну з утворенням осаду

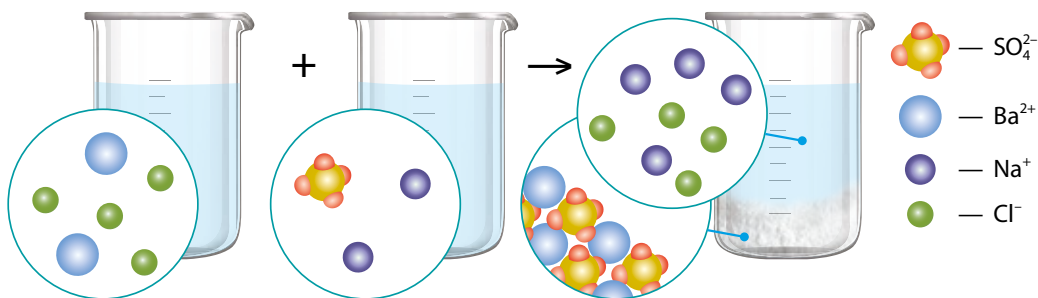
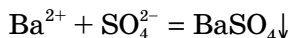
Розгляньмо реакцію обміну між розчинними солями:



Обидва реактанти й натрій хлорид — сильні електроліти, під час розчинення у воді вони повністю дисоціюють, а барій сульфат нерозчинний:

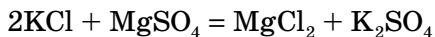


Скорочене йонно-молекулярне рівняння отримуємо після вилучення однакових йонів у лівій і правій частинах:

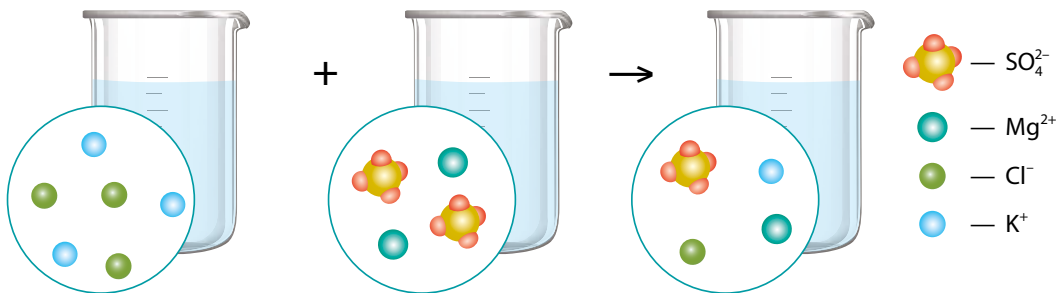
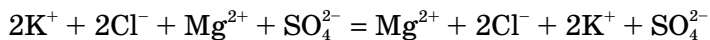


Отже, суть процесу полягає у взаємодії йонів Барію та сульфат-іонів з утворенням осаду барій сульфату.

Якщо внаслідок змішування розчинів двох розчинних солей осад не утворюється, то реакція не відбувається. Так, під час зливання розчинів калій хлориду й магній сульфату жодних видимих змін не спостерігається. Запишемо рівняння цієї реакції обміну:



Усі речовини — сильні електроліти:



Бачимо, що ліва й права частини рівняння однакові, тобто утворений розчин містить усі йони, що були в розчинах реагентів.

Очевидно, що в цьому разі жодні йони один з одним не сполучаються, змін у розчині не відбувається. Це означає, що реакція неможлива:



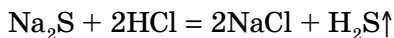
rnk.com.ua/
113536

Відеодослід «Реакції обміну
з утворенням осаду»

13.4 Реакції обміну з виділенням газу

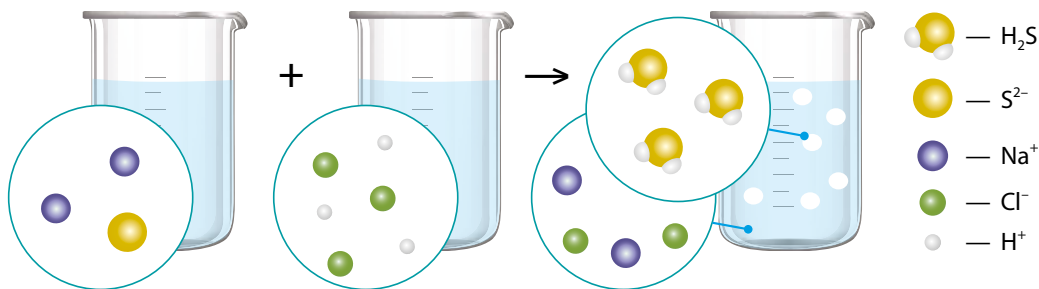
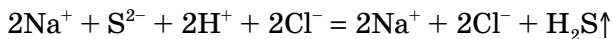
Газуваті речовини, що виділяються в реакціях обміну, зазвичай неелектроліти або слабкі електроліти. Тому під час складання йонно-молекулярних рівнянь їх формули залишають у молекулярній формі.

Розгляньмо реакцію натрій сульфідіду з хлоридною кислотою:



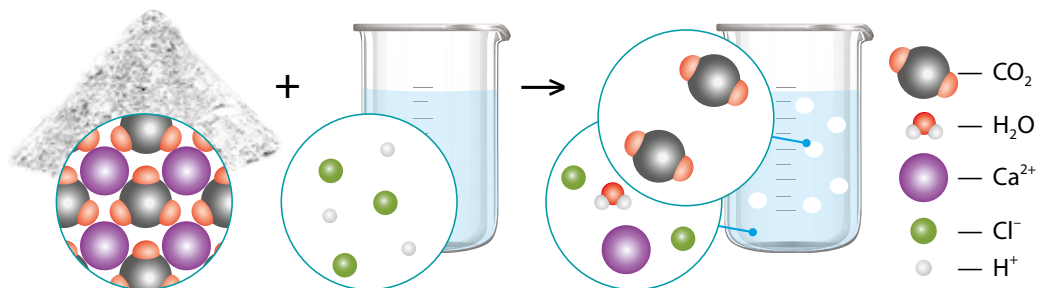
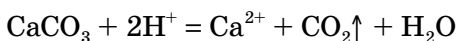
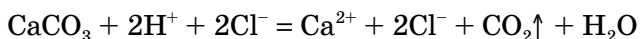
Гідроген сульфід, хоча і є кислотою, але дуже слабкою. До того ж гідроген сульфід погано розчиняється у воді, тому в разі утворення виділяється з розчину у вигляді газу, про що свідчить поява специфічного запаху сірководню — запаху тухлих яєць.

Йонно-молекулярні рівняння цієї реакції:



Реакції обміну можуть відбуватися навіть за участі нерозчинних у воді солей, якщо вони утворені слабкими кислотами: карбонатів, сульфідів і деяких сульфідів. Це можливо тому, що сильна кислота витісняє слабку з її солі, навіть з осаду.

Складімо рівняння реакції кальцій карбонату з хлоридною кислотою:



В усіх розглянутих прикладах у результаті реакції обміну деякі йони сполучаються між собою, водночас утворюються неелектроліти (гази) та слабкі електроліти (вода або нерозчинні речовини).



Відеодослід «Реакції обміну з виділенням газу»



Реакції йонного обміну в розчинах відбуваються, якщо продуктами реакції є слабкий електроліт або неелектроліт.

13.5 Відтворення молекулярних рівнянь за скороченим йонно-молекулярним рівнянням

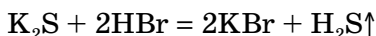
Часто трапляється, що нам відоме лише скорочене йонно-молекулярне рівняння, а необхідно визначити реактанти й скласти рівняння реакції в молекулярній формі.

До прикладу, нам необхідно здійснити хімічну реакцію, якій відповідає таке скорочене йонно-молекулярне рівняння:



Для відтворення молекулярного рівняння слід визначити речовини, унаслідок дисоціації яких утворюються йони з наведеного скороченого рівняння. Сульфід-іони S^{2-} утворюються під час дисоціації розчинних сульфідів: Na_2S , K_2S і BaS .

Другий реактант має дисоціювати з утворенням йонів H^{+} . Цій умові відповідає будь-яка сильна кислота. Отже, одним із варіантів молекулярного рівняння є:



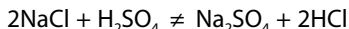
Звісно, що це не єдиний можливий варіант. Тому одному скороченому йонно-молекулярному рівнянню може відповідати кілька молекулярних. Таке вміння визначати реактанти стане вам у пригоді під час досліджень.



Дізнайтеся більше

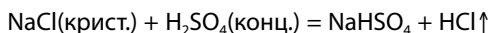
Реакції йонного обміну в розчинах відбуваються до кінця в бік зв'язування йонів, коли один із продуктів реакції виводиться з реакційного середовища.

Розгляньмо реакцію між розчинами натрій хлориду й сульфатної кислоти:



Оскільки всі реактанти й продукти реакції добре розчинні та є сильними електролітами, то в розбавлених розчинах ця реакція не відбуватиметься.

Але якщо реакцію проводити за умов нестачі розчинника, тобто натрій хлорид узяти не у вигляді розчину, а в сухому вигляді, і сульфатну кислоту взяти у вигляді концентрованого розчину, то реакція можлива. Гідроген хлорид, хоча й розчиняється у воді, але обмежено:





Дізнайтеся більше

Тетяна Леонідівна Ракитська (нар. 1945)

Українська хімікня, докторка хімічних наук, досліджувала кислотно-основний каталіз у розчинах. Працює в галузі фізичної та екологічної хімії. У своїх роботах досліджувала кислотно-основні каталізатори реакцій у розчинах.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 147.** Проаналізуйте лексичний зміст терміна «реакція нейтралізації».
- 148.** Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння для схем:
- | | |
|---|--|
| а) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{HCl} \rightarrow$ | ж) $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ |
| б) $\text{K}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ | и) $\text{Na}_2\text{S} + \text{HCl} \rightarrow$ |
| в) $\text{BaCl}_2 + \text{MgSO}_4 \rightarrow$ | к) $\text{AgNO}_3 + \text{AlCl}_3 \rightarrow$ |
| г) $\text{FeCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$ | л) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{HCl} \rightarrow$ |
| д) $\text{HNO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow$ | м) $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow$ |
| е) $\text{AgNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4 \rightarrow$ | н) $\text{NaOH} + \text{FeCl}_3 \rightarrow$ |
- 149.** Наведіть по два молекулярні рівняння реакцій, що відповідають таким скороченим йонно-молекулярним рівнянням:
- | | |
|--|--|
| а) $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ | г) $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$ |
| б) $2\text{H}^+ + \dots = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ | д) $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} = \text{PbS} \downarrow$ |
| в) $\dots + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3 \downarrow$ | е) $\text{Ba}^{2+} + \dots = \text{BaSO}_4 \downarrow$ |
- 150.** Наведіть по одному рівнянню реакції, що відповідає кожній схемі перетворень. Запишіть молекулярне та йонно-молекулярне рівняння:
- а) сіль + сіль $\rightarrow$ сіль $\downarrow$ + сіль;
б) сильна кислота + луг $\rightarrow$ сіль + вода;
в) слабка кислота + луг $\rightarrow$ сіль + вода;
г) сильна кислота + слабка основа $\rightarrow$ сіль + вода;
д) сильна кислота + луг $\rightarrow$ сіль $\downarrow$ + вода;
е) сіль + сильна кислота $\rightarrow$ сіль + слабка кислота.
- 151.** Із переліку випишіть формули речовин, із якими взаємодіє калій гідроксид у водному розчині: HCl , NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, MgCl_2 . Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.
- 152.** Із переліку випишіть формули солей, що взаємодіють із хлоридною кислотою: KBr , AgNO_3 , CaCO_3 , MgSO_4 . Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.
- 153.** До хлоридної кислоти додавали кальцій карбонат, аж поки не припинилося виділення газу. У результаті утворився розчин кальцій хлориду масою 500 г із масовою часткою солі 0,333 %. Обчисліть масу гідроген хлориду в початковому розчині.

- 154.** До розчину аргентум(1+) нітрату масою 200 г із масовою часткою солі 0,85 % додавали хлоридну кислоту, аж поки не припинилося утворення осаду. Обчисліть масу осаду, що утворився.
- 155.** Для проведення досліджень приготували розчин натрій гідроксиду розчиненням твердого лугу масою 30 г у воді масою 170 г. Одержаний розчин розлили навпіл у дві склянки (№ 1 і № 2 відповідно) й накрили їх фільтрувальним папером.
- Дослід 1.** До розчину сульфатної кислоти ($w = 10\%$) масою 80 г додали 3 краплі розчину лакмусу, перемішали й потім обережно за постійного перемішування додавали щойно одержаний розчин натрій гідроксиду зі склянки № 1 до зміни забарвлення.
- Дослід 2.** Його здійснили через два дні після досліду 1 за аналогічним планом, використовуючи розчин зі склянки № 2.
- Дайте відповіді на запитання.
1. Обчисліть масову частку ($y\%$) натрій гідроксиду в приготованому розчині.
 2. Зазначте початковий колір розчину в досліді 1 до та після додавання розчину лакмусу.
 3. Який колір розчину свідчатиме про завершення досліду 1? Чому?
 4. Запишіть рівняння реакції між розчинами за умов досліду 1 у молекулярній і йонно-молекулярній формах.
 5. Обчисліть масу використаного розчину лугу зі склянки № 1.
 6. Чи буде відрізнятися перебіг взаємодії між розчинами в досліді 2? Аргументуйте свою думку. За необхідності підтвердьте її рівняннями реакцій.
 7. Обчисліть масу розчину, який залишився в склянці № 2.
 8. Чи зміниться ваша відповідь на запитання 6 і 7, якщо дослід 2 тривав би не два дні, а, наприклад, тиждень? Аргументуйте свою думку.
- 156.** Софія та Андрій у лабораторії перевіряли один зі способів одержання літій гідроксиду LiOH. Вони взяли водний розчин літій карбонату масою 180 г із масовою часткою солі 1,233 % та змішали з водним розчином барій гідроксиду масою 150 г із масовою часткою лугу 3,42 %. Унаслідок реакції утворився білий осад, який відфільтрували, висушили та зважили. Маса осаду становила 5,91 г.
1. Запишіть молекулярне та повне й скорочене йонно-молекулярні рівняння цієї реакції.
 2. Софія переконувала Андрія, що всі речовини під час реакції витратилися практично повністю. Доведіть або спростуйте це твердження.
 3. Обчисліть масову частку літій гідроксиду в одержаному розчині.
- 157.** Для визначення залежності рН розчину від наявності речовин учні й учениці провели серію дослідів 1–5, під час яких до вмісту певної

склянки додавали іншу речовину. Уміст склянок весь час ретельно перемішували й вимірювали значення рН рідин.

Установіть відповідність між дослідami 1–5 і графіками зміни рН (А–Е), побудованими за результатами вимірювань. Поясніть свій вибір.

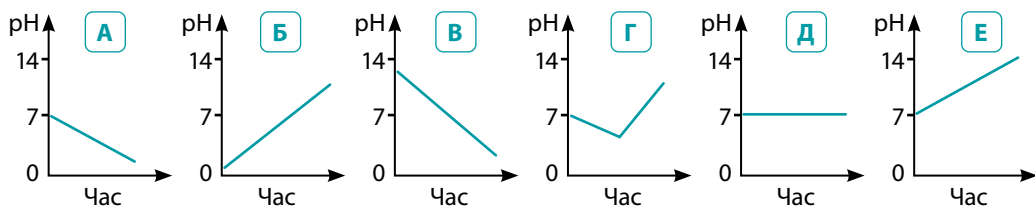
Дослід 1. До хлоридної кислоти об'ємом 50 мл із масовою часткою кислоти 10 % рівномірно додавали розчин калій гідроксиду.

Дослід 2. До свіжоотриманої дистильованої води об'ємом 100 мл рівномірно додавали розчин сульфатної кислоти.

Дослід 3. До свіжоотриманої дистильованої води об'ємом 90 мл додавали невеликими порціями твердий калій нітрат.

Дослід 4. До розчину барій гідроксиду об'ємом 75 мл рівномірно додавали розчин нітратної кислоти з масовою часткою 15 %.

Дослід 5. До свіжоотриманої дистильованої води об'ємом 50 мл додавали невеликими порціями твердий натрій гідроксид масою 0,04 г.



- 158.** Знайдіть інформацію, як реакції з утворенням осадів і зміною кольору застосовують у криміналістичній експертизі для розкриття злочинів. Наведіть приклад, коли хімічний аналіз допоміг розкрити злочин. Обговоріть, які знання з хімії необхідні для роботи криміналістів.



Ключова ідея

Реакції обміну між розчинами електролітів відбуваються, якщо в результаті реакції утворюються слабкий електроліт (вода або нерозчинна речовина) або неелектроліт (газ).

§ 14. Виявлення йонів у водних розчинах



rnk.com.ua/
114403



Мене ось що дивує: ми постійно говоримо про йони, ніби вони повсюди: у воді, напоях, клітинах. А як їх узагалі побачити? Я ж не маю мікроскопа, щоб дослідити розчин і сказати: «О, дивись, йон Кальцію!». І як хіміки/хімікині визначають, які саме йони є в різних рідинах?



Пригадайте

У який спосіб можна виявити крохмаль у харчових продуктах? Як ви вважаєте, чи можна назвати цей спосіб якісною реакцією на крохмаль?

14.1 Поняття про якісні реакції

Визначення складу речовин і розчинів — одне із завдань сучасної хімії. Якісні й кількісні характеристики складу речовин і їхніх сумішей — предмет вивчення аналітичної хімії.

Одним зі способів виявлення якісного складу розчинів є *якісні реакції*. Це такі реакції, що дають змогу відповісти на запитання: «Чи міститься певна речовина або йон у досліджуваному зразку?».

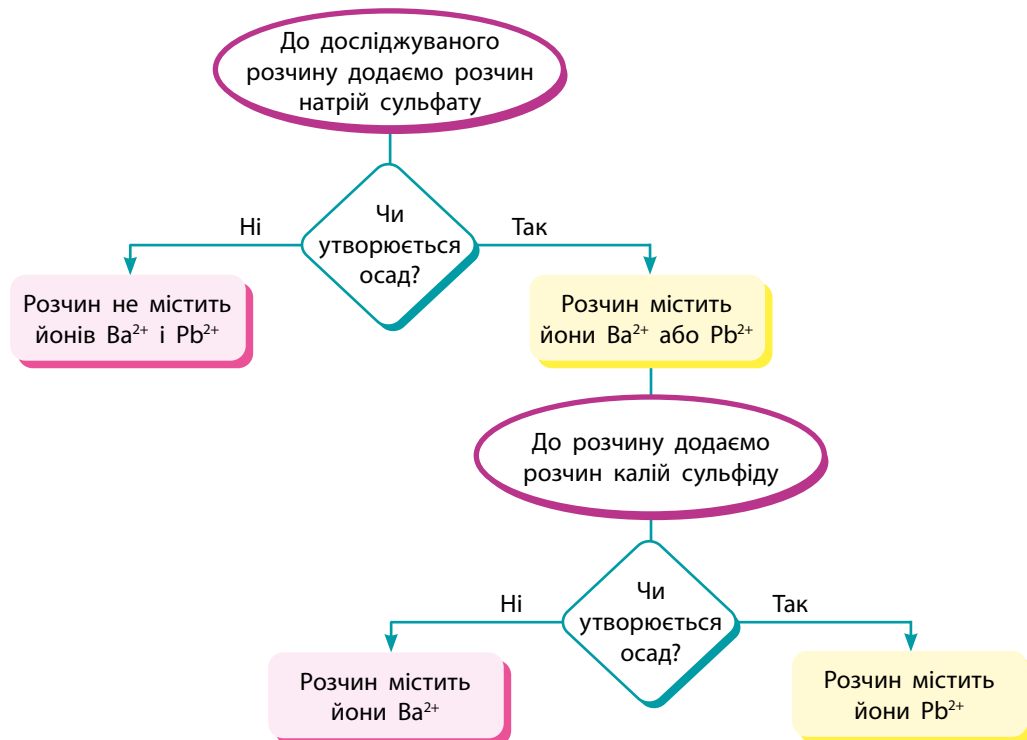
Якісні реакції — це звичайні хімічні реакції, що відбуваються досить швидко й перебіг яких супроводжується певними візуальними змінами: зміна забарвлення розчину, утворення осаду певного кольору або виділення газу, який також може мати (або не мати) характерне забарвлення або запах.

Існує багато якісних реакцій, які дають змогу виявити в розчинах певні йони, спирти, амінокислоти, білки й інші речовини. Із деякими якісними реакціями ви ознайомитеся в цьому параграфі, а з іншими — під час подальшого вивчення хімії.

14.2 Виявлення йонів у розчинах електролітів

Якісні реакції, якими можна виявити йони в розчині, у більшості випадків супроводжуються утворенням осаду певного кольору.

До прикладу, виявлення йонів Ba^{2+} і Pb^{2+} у розчині можна описати такою блок-схемою.



rnk.com.ua/
112426

**Лідія Павлівна
Логінова**

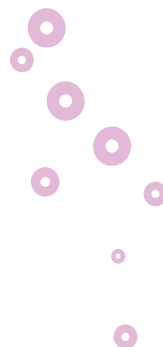
(нар. 1950)
Українська хімікня.
Досліджувала методи
виявлення йонів
у багатокомпонентних
сумішах



rnk.com.ua/
112427

**Микола Аркадійович
Ізмайлов**

(1907–1961)
Український фізико-хімік.
Зробив значний внесок
в електрохімію розчинів,
зокрема, розробив кількісну
теорію дисоціації електролітів



Найуживаніші в шкільному курсі хімії реактиви для якісного аналізу наведено в таблиці 4.

Таблиця 4. Реактиви для виявлення деяких аніонів

Йон	Реактив для якісного аналізу та приклад рівняння реакції	Ознака реакції
Cl^-	Розчин аргентум(1+) нітрату $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} = \text{AgCl} \downarrow + \text{KNO}_3$	Утворення білого сирнистого осаду AgCl , що зникає за додавання розчину амоніаку
Br^-	$\text{AgNO}_3 + \text{NaBr} = \text{AgBr} \downarrow + \text{NaNO}_3$	Утворення блідо-жовтого осаду AgBr , який зникає під час додавання розчину амоніаку
I^-	$\text{AgNO}_3 + \text{KI} = \text{AgI} \downarrow + \text{KNO}_3$	Утворення жовтуватого осаду AgI , який зникає під час додавання розчину амоніаку
PO_4^{3-}	$3\text{AgNO}_3 + \text{K}_3\text{PO}_4 = \text{Ag}_3\text{PO}_4 \downarrow + 3\text{KNO}_3$	Утворення яскраво-жовтого осаду Ag_3PO_4 , який зникає під час додавання розчину амоніаку
SO_4^{2-}	Розчин солі Барію $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$	Утворення білого осаду BaSO_4 , який не зникає під час додавання сильної кислоти (HCl)
SO_3^{2-}	Розчин солі Барію $\text{BaCl}_2 + \text{K}_2\text{SO}_3 = \text{BaSO}_3 \downarrow + 2\text{KCl}$	Утворення білого осаду BaSO_3 , який зникає під час додавання сильної кислоти (HCl)
	Розчин кислоти $\text{BaSO}_3 + 2\text{HCl} = \text{BaCl}_2 + \text{SO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Виділення сульфур(IV) оксиду (сірчастого газу), що має характерний різкий запах
CO_3^{2-}	Розчинна сполука Кальцію $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{KCl}$	Утворення білого осаду CaCO_3 , який зникає під час додавання сильної кислоти (HCl)
	Розчин кислоти $\text{K}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{KCl} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	Виділення вуглекислого газу



**rnk.com.ua/
113538**



Відеодосліди виявлення різних йонів у розчинах

Робота з інформацією

159. Як ви розумієте поняття «якісні реакції»?
160. Які хімічні реакції можна використовувати як якісні?
161. Проаналізуйте етикетки від доступних вам напоїв і харчових продуктів. Які йони є в їх складі? Чи можна лише за йонним складом визначити продукцію, з якою ви маєте справу?
162. У додаткових джерелах дізнайтеся, як якісні реакції на йони використовують для аналізу лікарських засобів і контролю їх якості. Підготуйте коротке повідомлення про одну з професій: фармацевт, хімік-аналітик, лаборант у клінічній лікарні.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

163. Чому для виявлення певних йонів використовують саме ті реагенти, що утворюють малорозчинні осадки? Чому не всі реакції за участю йонів придатні для їх виявлення?
164. Чи завжди колір осаду є унікальною ознакою для певного йона?
165. Як ви вважаєте, які розчини використовують для проведення якісних реакцій: концентровані чи розбавлені? Відповідь обґрунтуйте.
166. Чому інколи для виявлення йона проводять кілька різних реакцій, а не обмежуються однією?
167. Запропонуйте речовини, які можна використати для якісного виявлення йонів H^+ та OH^- .
168. Запропонуйте один реактив, додавання якого до обох речовин дасть змогу їх розрізнити.
а) MgCl_2 і MgSO_4 ; б) KNO_3 і K_2CO_3 ; в) BaCl_2 і BaBr_2 ; г) CaCO_3 і CaSiO_3 ;
д) HCl і H_2SO_4 ; е) HCl і NaCl ; ж) MgCl_2 і BaCl_2 ; и) K_2SO_4 і $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$.

- 169.** Сформулюйте гіпотезу щодо можливості виявлення йонів у водних розчинах: а) катіонів Ag^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ; б) аніонів F^- , S^{2-} , SiO_3^{2-} , PO_4^{3-} .
- 170.** У семи пробірках містяться розчини таких речовин: NaNO_3 , Na_2SO_4 , NaCl , KI , KBr , K_2SO_4 , Na_2CO_3 . Уміст кожної з пробірок розділили навпіл. До першої половини додали розчин аргентум(1+) нітрату, а до другої — розчин барій хлориду. Результати дослідження зафіксували в таблиці.

Зразок	Спостереження після додавання	
	AgNO_3	BaCl_2
1	Жовтуватий осад	Білий осад
2	Видимі зміни відсутні, забарвлює полум'я в жовтий колір	Білий осад
3	Видимі зміни відсутні	Видимі зміни відсутні
4	Жовтий осад	Видимі зміни відсутні
5	Видимі зміни відсутні, забарвлює полум'я у фіолетовий колір	Білий осад
6	Жовтуватий осад	Видимі зміни відсутні
7	Білий осад, який зникає під час додавання розчину NH_3	Видимі зміни відсутні

Проаналізуйте дані та дайте відповіді на запитання.

1. Яка сіль міститься в кожній пробірці?
2. У зразку 7 за додавання аргентум(1+) нітрату утворюється осад. Як ви вважаєте, чим можна пояснити його зникнення після додавання розчину амоніаку?
3. У природних водах іноді виявляють високий уміст сульфатів і галогенідів. Чому знання про якісні реакції може бути важливим для контролю якості природної води?

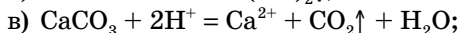
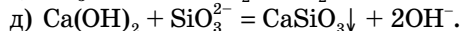
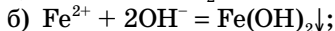
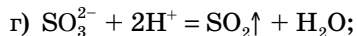
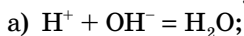


Ключова ідея

Якісна реакція — хімічна реакція, що дає змогу виявити певну речовину. Вона має відбуватися швидко й однозначно свідчити про наявність певної речовини.

Завдання для дослідження

Задача 1. Визначте необхідні реактиви та здійсніть реакції, яким відповідають такі йонно-молекулярні рівняння:



Для всіх проведених реакцій опишіть свої спостереження та запишіть хімічні рівняння.

Задача 2. Запропонуйте спосіб, яким можна довести наявність кожного з йонів у хлоридній кислоті. Визначте необхідні реактиви, здійсніть реакції та опишіть візуальні зміни, за якими можна дізнатися склад речовин. Для всіх проведених реакцій опишіть свої спостереження та запишіть хімічні рівняння.

Задача 3. У п'ятих пронумерованих пробірках містяться: хлоридна кислота, розчини: натрій хлориду, натрій сульфату, натрій гідроксиду та магній нітрату. Запропонуйте схему аналізу для визначення вмісту кожної пробірки, використовуючи не більше трьох реактивів. Здійсніть хімічні реакції та визначте, у якій пробірці міститься яка речовина. Запишіть відповідні хімічні рівняння.

Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками.

Реактиви: розчини HCl , H_2SO_4 , NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, FeSO_4 , Na_2SO_3 , Na_2SiO_3 , AgNO_3 , NaCl , $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, лакмусу або метилоранжу, порошок CaCO_3 .

Визначаємо небезпеки й оцінюємо ризики

Які небезпечні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами та обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Складіть план експерименту для розв'язування завдань.
3. За результатами дослідження зробіть висновки.

Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Чи може двом молекулярним рівнянням реакцій відповідати одне скорочене йонно-молекулярне рівняння? Відповідь поясніть.
2. Які реакції називають якісними? За якими ознаками виявляють різні йони в розчині?

§ 15. РЕАКЦІЇ ЙОННОГО ОБМІНУ В ПРИРОДІ. ВОДОПІДГОТОВКА



rnk.com.ua/
114404



Коли ми вивчали йонні реакції, усе здавалося лабораторним: формули, рівняння, дослідження. Але ж такі реакції — не лише шкільні вправи. Виявляється, використовуючи їх, очищують воду, якою щодня чищу зуби. Як це працює?

15.1 Йонний обмін у довкіллі



Поміркуйте

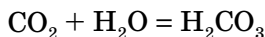
Як ви вважаєте, що відбувається з дощовою / річковою водою, коли вона просочується крізь ґрунт або товщу мінеральних порід?



Мал. 15.1. Сталактити на стелі печер, утворені кальцій карбонатом, осадженим із води

У природі реакції йонного обміну постійно відбуваються в ґрунтах, водоймах, надрах і навіть у печерах. Найбільш видовищними є наслідки таких реакцій у карстових печерах, де з'являються сталактити, сталагміти й інші мінеральні утворення (мал. 15.1).

Як це відбувається? Головною «діювою особою» тут є вуглекислий газ, який завжди наявний у повітрі. Він розчиняється в дощовій воді, утворюючи розбавлений розчин карбонатної кислоти:



Ця слабка кислота здатна реагувати з вапняком — гірською породою, унаслідок чого утворюється розчинна сіль — кальцій гідрогенкарбонат:



Такий розчин може проникати крізь тріщини в породах і потрапляти в печери. Коли вода випаровується, з розчину знову виділяється тверда нерозчинна сіль — кальцій карбонат:





Мал. 15.2. У воді Сиваських озер багато розчинених солей Магнію, Натрію, Калію тощо, які кристалізуються вздовж берегів у результаті випаровування води

Унаслідок цього на стелі печер ростуть сталактити, а на підлозі — сталагміти.

Аналогічні процеси відбуваються в морях, озерах і солоних водоймах. Наприклад, у спекотних кліматичних зонах, у яких вода інтенсивно випаровується, відбувається накопичення солей: сульфатів, хлоридів, карбонатів. Саме так утворюються соляні озера, шари кам'яної солі й мінерали, з яких згодом видобувають корисні копалини (мал. 15.2).

У довкіллі важливе значення мають реакції нейтралізації. Ці процеси відбуваються, зокрема, у ґрунтах, забезпечуючи підтримання їх кислотності на рівні, сприятливому для зростання рослин.

Одним із прикладів застосування реакцій нейтралізації є виправлення кислотності ґрунту. Унаслідок дощів (які часом бувають кислотними) або інших природних процесів і внесення мінеральних добрив ґрунти закислюються, тобто накопичують надлишок йонів Гідрогену H^+ . Це може пригнічувати розвиток рослин і знижувати врожайність.

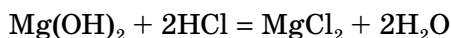
Аби нейтралізувати надлишок кислоти в ґрунті, фермери додають речовини основного характеру, як-от: вапняк $CaCO_3$, гашене вапно $Ca(OH)_2$, доломітове борошно $CaMg(CO_3)_2$.

Так само лужні ґрунти можна поліпшити додаванням речовин слабокислого характеру: амоній сульфату $(NH_4)_2SO_4$, торфу тощо.





Шлунковий сік містить хлоридну кислоту, яка необхідна для перетравлення та знезараження їжі. У нормі кількість кислоти «суворо» регулюється організмом. Але коли її стає надто багато, ми відчуваємо печію, дискомфорт і навіть біль. Це — наслідок підвищеної кислотності шлункового соку. Аби зменшити надлишок кислоти, застосовують антациди — лікарські засоби, які нейтралізують кислоту й нормалізують рН шлункового соку:



Призначати такі ліки може лише лікар / лікарка за результатами обстеження й певних аналізів. Самостійно вживати антациди вкрай небезпечно! Так, сода швидко зменшує кислотність, але спричиняє виділення великої кількості вуглекислого газу, що подразнює слизову оболонку й може сприяти зворотному ефекту — ще більшому утворенню кислоти.

Реакції йонного обміну відбуваються в кожній клітині, тканині, в усіх рідинах нашого організму. Насамперед — це процеси засвоєння різних йонів:

- фторид-іони важливі для формування тканин зубів;
- ортофосфат-іони є складниками кісткової тканини;
- йони Кальцію необхідні для утворення кісток, зсідання крові, скорочення м'язів;
- йони Калію регулюють водний баланс і роботу серця;
- йони Натрію підтримують кров'яний тиск і забезпечують передавання нервових імпульсів.

Кожна клітина містить багато йонів, які є «дійовими особами» різних фізіологічних процесів. Вони беруть участь в утворенні електричних сигналів у нервових і м'язових клітинах, забезпечують перенесення речовин крізь мембрани, активують роботу ферментів тощо.

Без процесів йонного обміну життя клітини, а отже, й організму, було б неможливим.



Дізнайтеся більше

Марина Віталіївна Ведь (1961–2021)

Українська хімікня, професорка кафедри загальної та неорганічної хімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», докторка технічних наук. Її наукова діяльність була спрямована на підвищення боєздатності ЗСУ. Працювала в напрямках наноматеріалознавства й електрохімічної інженерії.

15.3

Водопідготовка — застосування реакцій йонного обміну



Поміркуйте

Вода — одна з найважливіших речовин на Землі. Утім не вся природна вода придатна для пиття чи використання в побуті. Як ви вважаєте чому?

Природна вода (річкова, колодязна, озерна, навіть дощова) не є хімічно чистою. У ній завжди містяться розчинені йони солей, газів, залишки органічних речовин, мікроорганізми. Частина з них має природне походження, а інші потрапляють у воду внаслідок діяльності людини. Деякі домішки є корисними, але є й небезпечні (мал. 15.3).

Що може міститися у воді?

- Йони Кальцію та Магнію (Ca^{2+} , Mg^{2+}) — роблять воду «жорсткою», спричиняють накип у чайниках і трубах.
- Нітрати (NO_3^-) — надходять із добрив, небезпечні для здоров'я, особливо для дітей.
- Йони важких металів (Pb^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} тощо) — потрапляють у воду з промислових викидів, можуть накопичуватися в організмі.



А



Б

Мал. 15.3. Негативні наслідки надлишкового вмісту у воді йонів Кальцію та Магнію (А); корозія металу під впливом розчинів електролітів (Б)



Мал. 15.4. Наявність у воді ортофосфат- і нітрат-іонів порушує природний баланс у водних екосистемах

- Ортофосфати (PO_4^{3-}) — їх надлишок спричиняє цвітіння води й загибель водної фауни.
- Мікроорганізми — бактерії, віруси, паразити, які спричиняють захворювання.

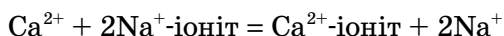
Забруднення води негативно впливає не лише на людей, а й на екосистеми річок, озер і морів (мал. 15.4). У техніці забруднена вода може призвести до корозії, пошкодження і зниження ефективності роботи обладнання.

Перед уживанням природну воду необхідно очистити. Комплекс таких робіт називають *водопідготовкою*. Для видалення мулу, крупних домішок і небажаних органічних речовин до води спочатку додають спеціальні речовини (коагулянти), які сприяють зсіданню зависі, а потім пропускають її крізь фільтри. Останнім етапом перед поданням води у водогін є знезараження її натрій гіпохлоритом або озоном, про що ви дізналися у 8-му класі.



Мал. 15.5. Іоніти

Для запобігання утворенню накипу на трубах, нагрівних котлах тощо з води треба видалити йони Кальцію та Магнію. Для цього під час водопідготовки застосовують іоніти — спеціальні речовини (синтетичні смоли), на поверхні яких є йони Натрію або Гідрогену (мал. 15.5). Коли жорстка вода проходить крізь шар іоніту, відбувається обмін:



Так у воді зменшують уміст йонів Кальцію та Магнію, а замість них з'являються нешкідливі йони Натрію. У такий спосіб пом'якшують воду на підприємствах: для підготовки води в тепломережах, харчовому виробництві, фармацевтиці.

У побуті іоніти дедалі частіше використовують у фільтрах-гличках, посудомийних і пральних машинах.

Робота з інформацією

- 171.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про значення різних йонів для біологічних процесів (наприклад, Кальцію, Калію, хлорид-йонів тощо). Результат пошуку оформте у вигляді порівняльної таблиці, у якій зазначте основні функції йонів в організмі людини та джерело надходження їх до організму.
- 172.** Дізнайтеся, як у фонтанах історичних міст (Рим, Париж, Львів тощо) у давнину використовували знання про очищення та циркуляцію води. Поясніть, як реакції йонного обміну застосовують для збереження пам'яток архітектури, пов'язаних із водою.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 173.** Чому вода з криниці може бути непридатною для пиття, навіть якщо вона на вигляд прозора й без запаху?
- 174.** Які зміни в живій природі можуть відбутися, якщо у водоймі значно підвищиться концентрація ортофосфатів чи нітратів?
- 175.** Чому йони Кальцію, необхідні для кісток, вважають небажаними в питній воді у великій кількості?
- 176.** Чому не можна без призначення лікаря/лікарки вживати харчову соду як засіб від печії, хоча вона справді знижує кислотність?
- 177.** Під час значного фізичного навантаження, деяких захворювань або за умов спекотної погоди може статися зневоднення організму, яке порушує

баланс електролітів. У такому разі лікарі можуть порадити «відновлювати електроліти». Висловіть гіпотезу: з яких причин відбувається зневоднення та як воно пов'язане з порушенням балансу електролітів. У який спосіб можна відновити цей баланс?

178. Чому накип найчастіше утворюється саме на нагрівних елементах?



179. Оцініть, як надлишок йонів Кальцію та Магнію у воді (жорстка вода) впливає на витрати домогосподарства щодо ремонту техніки, мийні засоби, енергію.



Ключова ідея

Реакції йонного обміну мають важливе значення в природі та житті людини — від утворення мінералів у печерах до очищення питної води й регуляції pH у живих організмах.

Самооцінювання за темою «Досліджуємо хімічні реакції в розчинах»

[rnk.com.ua/
112428](http://rnk.com.ua/112428)



Рефлексуємо щодо теми

ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ В РОЗЧИНАХ

- Поверніться на початок розділу (с. 68) і прочитайте перелік того, про що ви мали дізнатися.
- Визначте, чого ви навчилися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- що спільного між речовинами, з яких складаються живі організми, пальне, пластик і засоби для прання;
- як бродіння використовують у консервації, випічці та біотехнологіях;
- що полімерами можна замінити майже будь-який матеріал;
- чи всі жирні на дотик речовини є жирами;
- чому крохмаль і вата не солодкі та як їх зробити солодкими;
- як мийні засоби змушують жири «розчинятися» у воді;
- що їжа — це суміш органічних полімерів.

Теми довготривалих проєктів

1. БАДи: користь чи шарлатанство?
2. Органіка в моїй тарілці: що я їм насправді.
3. Мило й мийні засоби: хімія чистоти.
4. Досліджуємо бродіння: хліб, квас і силос.
5. *Транс*-жири: прихована загроза на кухні.

Створіть лепбук на одну з тем

1. Властивості органічної речовини (однієї на вибір).
2. Мило й ПАР: як «працюють» мийні засоби.
3. Органічна хімія на кухні.



§ 16. ОРГАНІЧНА ХІМІЯ ТА ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ



rnk.com.ua/
114405



Перше півріччя ми вивчали розчини, кислоти, солі. Але не розглядали такі важливі для життя речовини, як білки, жири, вуглеводи. Їх називають органічними речовинами. У чому їх особливість? І що ж це за хімія — органічна?

16.1 Виникнення органічної хімії

Ви вже знаєте, що хімічні речовини утворені атомами різних хімічних елементів. Окреме місце з-поміж них посідає Карбон, оскільки він є основою величезної кількості природних і синтетичних сполук. Карбон утворює понад 100 мільйонів речовин, які вивчає *органічна хімія*.



Органічна хімія — це розділ хімії, що вивчає сполуки Карбону, їх властивості та методи одержання.



Поміркуйте

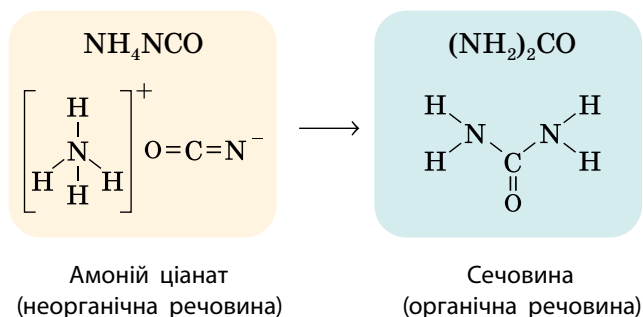
Пригадайте відомі вам сполуки Карбону. Чи всі з них можна вважати органічними?

Наведене визначення органічної хімії не є абсолютно точним, оскільки існують сполуки Карбону, які за властивостями належать до неорганічних, зокрема, вуглекислий і чадний гази, карбонатна кислота та її солі. Але це підкреслює, що принципової різниці між органічними та неорганічними речовинами не існує, оскільки органічні сполуки можуть перетворюватися на неорганічні й навпаки.

Органічні речовини відомі людству з давніх-давен — це олії, винний спирт, оцтова кислота, цукор, крохмаль тощо. Але тривалий час ці речовини могли виділяти лише із живих організмів (рослин і тва-

рин) або продуктів їх життєдіяльності. Науковці не могли їх синтезувати з простих чи неорганічних речовин. Це пояснювали теорією віталізму (від лат. *vita* — життя), згідно з якою органічні речовини можуть утворюватися лише в живих організмах під впливом якоїсь «життєвої сили». Саме тому 1807 року шведський хімік Йенс-Якоб Берцеліус запропонував назву «органічні» для позначення речовин, що одержують із живих організмів.

Переворот в уявленні про органічні речовини стався після відомого досліді Фрідріха Велера. 1828 року Велер із неорганічної сполуки одержав сечовину, яку до того часу виділяли лише із сечі, а отже, вважали виключно органічною речовиною.



І хоча сечовина була не такою вже й важливою речовиною, але дослід Велера довів, що органічні речовини можуть утворюватися й без «життєвої сили». Це було крахом теорії віталізму. Після повідомлення Велера багато хіміків/хімікинь почали здійснювати досліді з одержання органічних речовин. Розпочався бурхливий розвиток нового напрямку — органічної хімії.



rnk.com.ua/
113539

Фрідріх Велер
(1800–1882)

Німецький хімік, один із засновників органічної хімії

16.2 Поняття про органічні речовини

Сьогодні органічними називають як природні, так і синтетичні сполуки Карбону. Органічні речовини мають важливе значення в природі. Ба більше, вони є основою життя на Землі.



Органічні речовини є головним складником харчових продуктів.



Вони містяться в складі різних видів палива.



Органічні речовини є основними компонентами ліків.



Більшість мийних засобів містить органічні сполуки (як природні, так і синтетичні).

Органічні речовини здавна застосовують як сировину для виготовлення тканин. А сучасні синтетичні органічні високомолекулярні сполуки є надійними конструкційними матеріалами, основою для виготовлення полімерного волокна тощо. Багато з них за своїми властивостями перевершують природні аналоги.



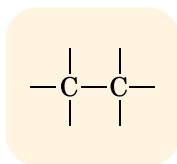
Поміркуйте

Чому саме Карбон є основою органічних сполук?

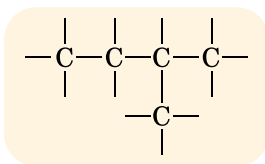
На відміну від інших хімічних елементів, Карбон може утворювати величезне число сполук, що зумовлене двома важливими властивостями його атомів:

- атоми Карбону можуть утворювати між собою міцні хімічні зв'язки та сполучатися в досить довгі карбонові ланцюги: нерозгалужені, розгалужені та циклічні;

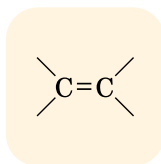
- атоми Карбону можуть утворювати між собою та з атомами інших елементів зв'язки різної кратності: одинарні, подвійні й потрійні.



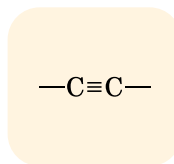
Нерозгалужений ланцюг



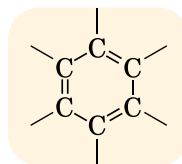
Розгалужений ланцюг



Ланцюг із подвійним зв'язком



Ланцюг із потрійним зв'язком



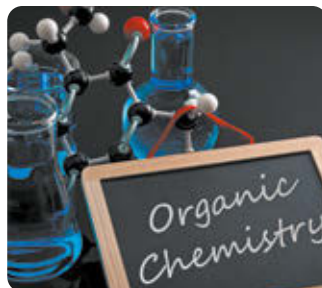
Циклічний ланцюг

Попри велике різноманіття, органічні сполуки мають певні спільні властивості:

- складаються з атомів Карбону, Гідрогену, часто містять Нітроген, Оксиген, хоча можуть містити й атоми інших хімічних елементів;
- атоми Карбону в молекулах сполучені в різноманітні ланцюги;
- між атомами в молекулах переважно неполярні або слабополярні ковалентні зв'язки;
- більшість мають молекулярну будову, тому для них характерні порівняно низькі температури плавлення й кипіння;
- більшість не розчиняється у воді, є леткими рідинами або легкоплавкими твердими речовинами, багато з них газуваті за кімнатної температури;
- розчинні у воді органічні сполуки зазвичай є неелектролітами;
- переважно є горючими речовинами;
- за нагрівання вище за 300 °С зазвичай розкладаються.

Робота з інформацією

180. Знайдіть у додаткових джерелах різні визначення органічної хімії. Чим вони відрізняються від того, що наведено в параграфі? Яке з них, на вашу думку, найточніше?
181. Поясніть погляди прихильників теорії віталізму щодо одержання органічних речовин.
182. Дізнайтеся про дослідження Ф. Велера та його колег щодо спростування теорії віталізму й підготуйте коротке повідомлення.



183. Знайдіть на пакованні харчових продуктів, у рекламі або соціальних мережах приклади вживання слова «органічний». Проаналізуйте, чи завжди це слово використовують у хімічному значенні. Зробіть висновок: чим відрізняються наукове й побутове тлумачення терміна «органічний».



184. Створіть таблицю або інфографіку з прикладами речовин зі щоденного життя. Поділіть їх на органічні та неорганічні. Зробіть висновок, які речовини переважають навколо вас.

185. Знайдіть інформацію про одну з професій, що потребує знань з органічної хімії. Опишіть, де й над чим працює такий фахівець/фахівчиня, які знання й навички потрібні для роботи. Дізнайтеся, які професії обрали для дослідження ваші однокласники / однокласниці.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

186. Пригадайте органічні речовини, відомі вам з уроків хімії або щоденного життя. Наведіть аргументи «за» і «проти», якими можна довести, що вони належать / не належать до органічних.

187. Хімічні елементи, які переважно містяться в органічних речовинах, також називають елементами-органогенами. Дізнайтеся про походження цього терміна й поясніть його зміст.

188. Кухонна сіль, питна сода та багато інших солей добре розчинні у воді, тоді як більшість органічних речовин (жир, бензин тощо) у воді не розчиняються. Зважаючи на хімічні зв'язки, які найчастіше трапляються в органічних сполуках, запропонуйте гіпотезу, яка пояснювала б цю властивість.



Ключова ідея

Предметом вивчення органічної хімії є органічні сполуки, їх перетворення та способи одержання. До органічних належать природні й синтетичні речовини, утворені на основі атомів Карбону.

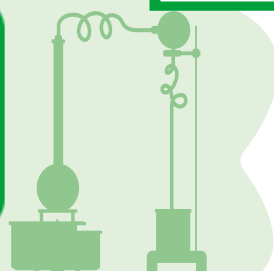
§ 17. ГОМОЛОГИ МЕТАНУ — НАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ



rnk.com.ua/
114406



Метан ми вже вивчали минулого року — тоді я вперше почув, що органічна речовина може бути газом. У його молекулах немає карбонових ланцюгів. Чи існують інші подібні речовини, але з ланцюгами?



17.1 Гомологи та гомологічний ряд метану

Метан — найпростіша органічна речовина. Він також є найпростішим представником алканів. *Алкани* — досить великий ряд сполук зі спільною ознакою: їх молекулярні формули відповідають загальній формулі:

C_nH_{2n+2} , де n — число атомів Карбону в молекулі.

Якщо замість n поставити будь-яке ціле число, то отримаємо молекулярну формулу алкану. Наприклад, якщо припустити $n = 1$, то маємо формулу метану CH_4 . Формули та назви перших десяти представників алканів наведено в таблиці 5.

Таблиця 5. Перші десять представників алканів

Число атомів Карбону (n)	Молекулярна формула	Назва	Число атомів Карбону (n)	Молекулярна формула	Назва
1	CH_4	Метан	6	C_6H_{14}	Гексан
2	C_2H_6	Етан	7	C_7H_{16}	Гептан
3	C_3H_8	Пропан	8	C_8H_{18}	Октан
4	C_4H_{10}	Бутан	9	C_9H_{20}	Нонан
5	C_5H_{12}	Пентан	10	$C_{10}H_{22}$	Декан



Поміркуйте

Проаналізуйте назви алканів у таблиці 5 на с. 129. Чи є в них щось спільне? Під час міркувань пригадайте також ваші знання з теорії музики (сольфеджіо), якщо ви її вивчали.

Зверніть увагу, що перші чотири представники алканів — метан, етан, пропан і бутан — мають історично сформовані назви. Назви наступних алканів утворюють від грецьких або латинських числівників додаванням суфікса *-ан-*: пентан, гексан тощо.



Поміркуйте

Проаналізуйте молекулярні формули сполук у таблиці 5. Як відрізняється склад молекул метану й етану?

Формула метану — CH_4 , а етану — C_2H_6 . Їх формули відрізняються одним атомом С та двома атомами Н, тобто на групу атомів CH_2 . Як відрізняється склад молекул етану й бутану? Вони відрізняються двома атомами С й чотирма атомами Н, тобто на дві групи атомів CH_2 .



Сполуки одного класу, що мають подібну будову, але відрізняються за складом числом груп CH_2 , називають **гомологами**.

Групу CH_2 називають **гомологічною різницею**.

Сукупність усіх гомологів утворює **гомологічний ряд**.

Метан і його гомологи утворюють гомологічний ряд алканів. Перших представників цього ряду з невеликим числом атомів Карбону в молекулі називають *нижчими* алканами, а з великим числом — *вищими*. Утім чіткої межі між ними немає.



Поміркуйте

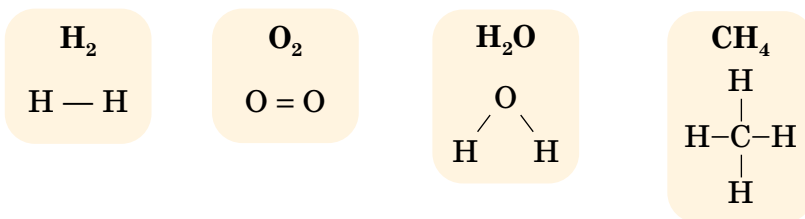
Проаналізуйте склад молекул алканів. Зважаючи на елементний склад, сформулюйте гіпотезу, чому алкани належать до вуглеводнів.



Як можна помітити, молекули алканів складаються лише з атомів Карбону та Гідрогену. Таким сполукам дали назву *вуглеводні* (від «вугілля» й «водень»). Вуглеводнями є не лише алкани, а й інші ряди органічних речовин, про які ви дізнаєтеся в подальшому.

17.2 Валентність елементів в органічних сполуках

Приблизно 200 років тому було введено поняття валентності як здатності атомів сполучатися з іншими атомами. Ви пам'ятаєте, що атоми Гідрогену завжди утворюють лише один ковалентний зв'язок, тобто вони одновалентні, а атоми Оксигену — двовалентні. Грунтуючись на цьому, зображають *структурні формули* молекул:



Поняття про валентність застосовне лише для ковалентного зв'язку. Оскільки в органічних сполуках переважає ковалентний зв'язок, то варто пам'ятати валентності, які виявляють в органічних речовинах деякі елементи.

В органічних сполуках:

- атом Карбону завжди утворює чотири хімічні зв'язки, отже, Карбон — чотири-валентний;
- атоми галогенів — одновалентні;
- Сульфур — двовалентні;
- Нітрогену й Фосфору — тривалентні.



rnk.com.ua/
113540

Фрідріх Август Кекуле фон Штрадониц
(1829–1896)
Німецький хімік-органік,
заклав поняття
про валентність

17.3 Структурні формули й будова молекул гомологів метану

Ще на початку розвитку органічної хімії науковці з'ясували, що переважна більшість органічних сполук є речовинами молекулярної будови. Але під час визначення формул органічних речовин постала проблема щодо будови молекул цих сполук.

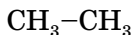
Саме тому для розуміння хімічної будови органічних сполук часто використовують структурні формули, а молекулярні формули — лише для розв'язування розрахункових задач, оскільки за ними легше обчислювати молярну масу.

Під час складання структурних формул слід пам'ятати, що атоми Карбону в молекулах органічних речовин сполучені один з одним і утворюють ланцюг, який також називають карбоновим скелетом.

Алгоритм Складання структурних формул на прикладі етану

1. Зображуємо карбоновий ланцюг — в етану він складається з двох атомів Карбону, сполучених одинарним зв'язком	$\text{C}-\text{C}$
2. Карбон чотиривалентний (утворює чотири ковалентні зв'язки), тому від кожного атома зображуємо по чотири риси	$\begin{array}{c} \quad \\ -\text{C}-\text{C}- \\ \quad \end{array}$
3. Допишуємо символи атомів Гідрогену й отримуємо структурну формулу етану	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$

Часто структурні формули записують у скороченому вигляді, не зображуючи зв'язки С–Н. Скорочені структурні формули набагато компактніші, ніж розгорнуті. Наприклад, для етану:



Структурні формули показують послідовність сполучення атомів, але не відображають просторової будови молекул. Усі хімічні зв'язки від кожного атома Карбону в алканах спрямовані до вершин тетраедра, й молекула етану має такий просторовий вигляд:



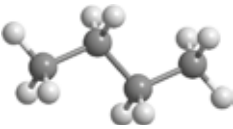
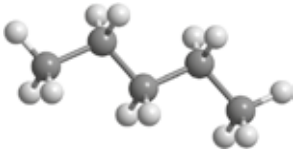
Поміркуйте

За наведеним алгоритмом складіть структурні формули пропану, бутану й пентану.

[rnk.com.ua/
113906](http://rnk.com.ua/113906)



Відео «Створення моделей молекул алканів»

	Пропан C_3H_8	Бутан C_4H_{10}	Пентан C_5H_{12}
Структурні формули	$ \begin{array}{c} H & H & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ H-C & -C & -C & -C-H \\ & & & \\ H & H & H & H \end{array} $	$ \begin{array}{c} H & H & H & H & H \\ & & & & \\ H-C & -C & -C & -C & -C-H \\ & & & & \\ H & H & H & H & H \end{array} $
Скорочені структурні формули	$CH_3-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Моделі молекул			

Під час складання структурних формул сполук інших класів також слід дотримуватися таких принципів і, головне, пам'ятати й правильно враховувати валентність хімічних елементів.

Проаналізуйте всі структурні формули, наведені в цьому підрозділі. Видно, що атоми Карбону чотиривалентні і кожен атом Карбону сполучається із чотирма іншими атомами (Карбону чи Гідрогену). Отже, усі валентні можливості атомів Карбону «насичені» і вони вже не здатні приєднати жодного іншого атома. Такі вуглеводні називають *насиченими*. Головною ознакою насичених сполук є те, що в їх молекулах усі зв'язки між атомами Карбону є одинарними.



Насичені сполуки — це органічні речовини, у молекулах яких атоми Карбону сполучені один з одним лише одинарними ковалентними зв'язками.

Метан і його гомологи (алкани) — це насичені вуглеводні.



Дізнайтеся більше

- Назва першого члена гомологічного ряду алканів «метан» походить від назви відповідного йому спирту — метилового. Цей спирт здавна називали деревним, оскільки одержували його з деревини. Слово «метил» походить від грецьких *methy* — вино і *hyle* — ліс (буквально — «вино з лісу»).
- Алкан із найдовшим карбоновим ланцюгом — нонаконтатриктан $C_{390}H_{782}$ — синтезували 1985 року англійські хіміки І. Бідд і М. Вайтинг.

17.4 Фізичні властивості гомологів метану



Поміркуйте

Зважаючи на будову молекул алканів і беручи до уваги, що більшість органічних сполук є молекулярними речовинами, сформулюйте гіпотезу щодо фізичних властивостей гомологів метану (температури кипіння, розчинність у воді тощо).

Оскільки речовини гомологічного ряду метану мають подібну до нього будову й відрізняються лише довжиною карбонового ланцюга, то їхні фізичні властивості також подібні.

Залежність агрегатного стану алканів (за кімнатної температури) від довжини карбонового ланцюга

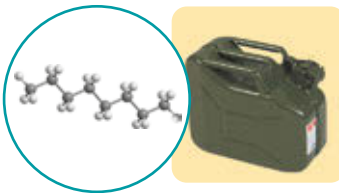
від CH_4 до C_4H_{10}

Гази



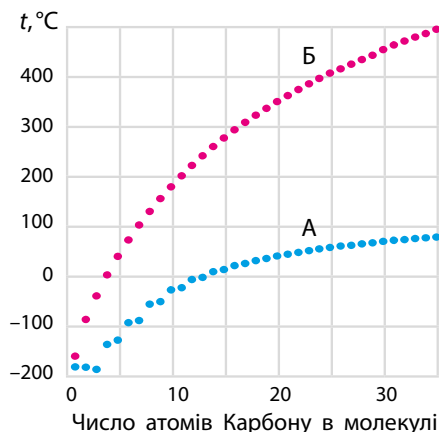
від C_5H_{12} до $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$

Рідини



$\text{C}_{17}\text{H}_{36}$ і більше

Тверді речовини



Мал. 17.1. Температури плавлення (А) і кипіння (Б) алканів із нерозгалуженим карбоновим ланцюгом

Різні фізичні властивості алканів пояснюються тим, що зі збільшенням довжини карбонового ланцюга збільшується молекулярна маса речовин, а отже, зростає кількість енергії, необхідної для плавлення або випаровування речовин. Тому для будь-якого гомологічного ряду справедливим є правило: зі збільшенням числа атомів Карбону підвищуються температури плавлення й кипіння речовин (мал. 17.1).

Усі гомологи метану — безбарвні речовини. На відміну від газуватих і твердих алканів, рідкі мають специфічний вуглеводневий або квітковий запах.



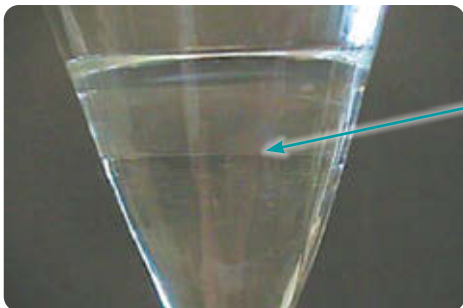
Пропан і бутан, хоча й газуваті, але добре скраплюються за невеликого охолодження та підвищеного тиску. У побуті й промисловості частіше використовують скраплену суміш пропану й бутану.

Гомологи метану є неполярними сполуками, тому вони майже нерозчинні у воді, а тверді — жирні на дотик. Саме тому алкани й інші нециклічні вуглеводні також називають аліфатичними сполуками (від грец. *aleiphar* — жир).

Парафін — біла жирна речовина, суміш твердих алканів.



Рідкі алкани легші за воду, у разі змішування з водою суміш розшаровується: алкан збирається зверху, а вода — знизу.



Октан не розчиняється у воді, а збирається над шаром води (чітко видно межу поділу).

Нафта, що складається переважно з рідких алканів, у разі потрапляння у воду розтікається тонким шаром по поверхні, що становить велику загрозу для довкілля.



Оскільки алкани є неполярними речовинами, вони добре змішуються один з одним і розчиняють інші неполярні сполуки.



Розчинник для фарби — уайт-спірит — це суміш рідких вуглеводнів.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть розчинність алканів один в одному та в інших розчинниках. Уайт-спірит і бензин переважно складаються з алканів. У чотири пробірки налейте по 1 мл: води, етилового спирту, бензину та соняшникової олії. До кожної пробірки додайте по 2–3 краплі уайт-спіриту та занотуйте спостереження. Зробіть висновок щодо розчинності алканів у різних розчинниках. Чи зміняться результати дослідів, якщо замінити уайт-спірит бензином?

17.5 Хімічні властивості метану та його гомологів



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть взаємодію насичених вуглеводнів із лугами й кислотами (демонстраційно або віртуально). У пробірки з розчинами натрій гідроксиду та сульфатної кислоти помістимо невеликий шматочок парафіну й струсимо. Жодних видимих змін не фіксуємо, оскільки хімічні реакції не відбуваються. Алкани не реагують із кислотами й лугами в розчинах.

rnk.com.ua/
113541

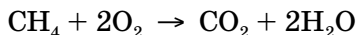


Відеодослід «Дослідження взаємодії насичених вуглеводнів із лугами й кислотами»

Алкани є хімічно неактивними речовинами, тому в XIX столітті їх називали «хімічними мерцями». До початку XX століття для алканів не було відомо інших реакцій, крім горіння.

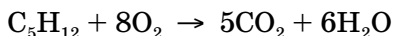
1. Горіння. Алкани активно реагують із киснем.

Метан після підпалювання згоряє блідо-синім полум'ям, ледь помітним на яскравому сонячному світлі:

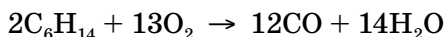


Зверніть увагу! У рівняннях реакцій за участю органічних речовин знак «дорівнює» замінюють на стрілку, щоб не сплутати його з подвійним хімічним зв'язком.

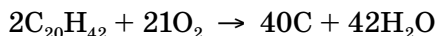
Гомологи метану також окиснюються киснем повітря, але повне окиснення до вуглекислого газу відбувається лише під час горіння в надлишку кисню. Наприклад, для пентану:



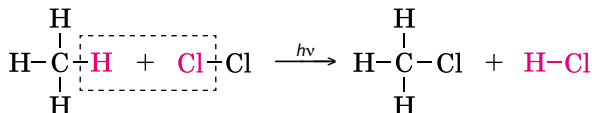
Якщо кисню недостатньо, то разом із вуглекислим газом утворюється також отруйний чадний газ:



Унаслідок горіння вищих гомологів метану — алканів із великим числом атомів Карбону — може утворюватися також вуглець. Так, наприклад, звичайні парафінові свічки складаються із суміші твердих алканів. Під час їх горіння разом із вуглекислим газом утворюється також кіптява — частинки сажі (вуглецю), що не встигли згоріти:

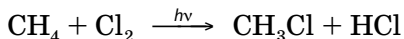


2. Галогенування — реакції з галогенами. Крім кисню, алкани реагують лише з дуже активними речовинами, зокрема галогенами. Взаємодія алканів із хлором або бромом відбувається лише за освітлення або нагрівання. У цій реакції один атом галогену заміщає атом Гідрогену в складі органічної молекули, а інший — з'єднується зі звільненим атомом Гідрогену й утворює молекулу гідроген галогеніду (реакція заміщення):

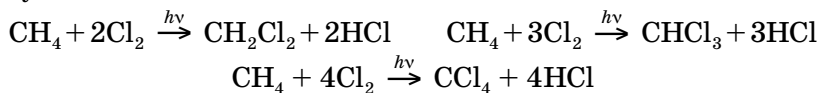


(символом $h\nu$ в рівняннях реакцій позначають, що реакція відбувається за освітлення)

Із використанням молекулярних формул це рівняння записують так:



У разі надлишку галогену можуть заміщуватися кілька атомів Гідрогену:



17.6 Застосування метану та його гомологів



Поміркуйте

Зважаючи на фізичні та хімічні властивості алканів, спрогнозуйте галузі їхнього застосування.

Насичені вуглеводні — важливі речовини в нашому житті. Великі обсяги вуглеводнів використовують як пальне: бензин, гас, дизельне пальне, авіаційний бензин, мазут (його спалюють на теплових електростанціях і кораблях). Із алканів у результаті хімічних перетворень одержують багато цінних речовин: синтетичні мийні засоби, розчинники, холодоагенти, пластмаси, каучуки тощо (мал. 17.2).



У газових лампах



У газових плитах



Виготовлення
парафінових свічок



Виготовлення вазелі-
ну й вазелінової олії



Пропан-бутанова
суміш для автоном-
ного опалення



Рідкі алкани —
основа моторного
пального



Одержання
холодоагентів для хо-
лодильних пристроїв



Одержання речовин
для мийних
засобів

Мал. 17.2. Застосування алканів



Дізнайтеся більше

Газову лампу було винайдено у Львові працівниками аптеки «Під золотою зіркою» Ігнатієм Лукасевичем і Яном Зегом 1853 року. Того ж року у львівському шпиталі було проведено першу хірургічну операцію за газового освітлення. Згодом газова лампа була представлена на міжнародній виставці в Мюнхені й відзначена спеціальною грамотою.



Пам'ятник винахідникам газової лампи, м. Львів

Робота з інформацією

189. За матеріалом параграфу сформулюйте визначення алканів.
190. Зважаючи на принципи утворення числівників в англійській, німецькій мовах тощо, запропонуйте назви для алканів із числом атомів Карбону в молекулі від 15 до 19. Перевірте свої відповіді за додатковими джерелами.
191. Латиною *parum* означає «мало» або «незначно», а *affinis* — «споріднений». Чому, на вашу думку, у XIX столітті алкани називали парафінами?
192. Знайдіть у додаткових джерелах інформацію про застосування алканів. Якими фізичними або хімічними властивостями алканів зумовлене їхнє застосування?
- Оформте інформаційну картку для однієї речовини-алкана:
- які має властивості;
 - де застосовується;
 - яких заходів безпеки слід дотримуватися під час роботи з нею.
193. Із додаткових джерел дізнайтеся про властивості та застосування можливих продуктів хлорування метану.
194. Чому метан і його гомологи називають насиченими вуглеводнями?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

195. Порівняйте будову та склад двох гомологів метану (на вибір), створивши для них діаграму Венна.
196. Запишіть повну й скорочену структурні формули гомологів метану із числом атомів Карбону 6 і 8.
197. Доведіть, що бутан і гептан є гомологами.
198. Скільки хімічних зв'язків у молекулі пропану? Скільки з-поміж них зв'язків C—C і скільки — C—H?
199. Із наведеного переліку формул вуглеводнів випишіть формули гомологів метану: C_3H_6 , C_4H_{10} , C_6H_6 , $C_{14}H_{30}$, C_8H_8 .

- 200.** Обчисліть масові частки Карбону в метані та пропані. У якій речовині масова частка Карбону більша? Чи можна за цими результатами зробити висновок щодо зміни масової частки Карбону в алканах зі збільшенням числа атомів Карбону в молекулі? Чи можна дійти такого самого висновку без обчислень масових часток?
- 201.** Спрогнозуйте спільні та відмінні фізичні й хімічні властивості бутану й гексану. За потреби складіть рівняння реакцій.
- 202.** Як розрізнити дві рідини — гексан і воду — за їх фізичними властивостями? Запропонуйте не менше трьох способів.
- 203.** Зразок парафіну масою 1 г повністю спалили в кисні. Обчисліть масу осаду, що виділиться під час пропускання утвореного вуглекислого газу крізь вапняну воду за умови утворення лише осаду кальцій карбонату. Припустіть, що в парафіні молекули містять у середньому по 24 атоми Карбону.
- 204.** Обчисліть масу хлорометану, який можна одержати з метану об'ємом 7,84 л (н. у.).
- 205.** Обчисліть масу продуктів реакцій, що можуть утворитися внаслідок реакції метану кількістю речовини 0,15 моль із хлором об'ємом (н. у.): а) 3,36 л; б) 6,72 л; в) 10,08 л; г) 13,44 л.
- 206.** Унаслідок згоряння однакових об'ємів якого газу — метану, етану чи пропану — виділиться більший об'єм вуглекислого газу?
- 207.** Запишіть формулу газуватого гомологу метану, під час згоряння якого утворюється вуглекислий газ у чотири рази більшого об'єму, ніж об'єм початкового вуглеводню.
- 208.** Обчисліть об'єм кисню, необхідного для повного згоряння суміші, що складається із 40 л метану та 20 л етану.
- 209.** У багатьох оселях в Україні користуються газовими плитами. Обчисліть частку від теплоти згоряння природного газу, яка витрачається на нагрівання, а яка — розсіюється. Необхідна інформація для обчислень: на середній конфорці газової плити спалюється $0,25 \text{ м}^3$ газу за годину, вода масою 1 кг на такій конфорці нагрівається від кімнатної температури (20°C) до кипіння за 8 хвилин, теплоємність води $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, під час згоряння природного газу кількістю 1 моль виділяється приблизно 760 кДж теплоти, молярний об'єм газу за таких умов дорівнює 24 л/моль.



Ключова ідея

Для кожного класу органічних сполук характерний свій гомологічний ряд, що описується загальною формулою. Для алканів — це $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Метан і його гомологи — неполярні та хімічно малоактивні речовини.

§ 18. НЕНАСИЧЕНІ ВУГЛЕВОДНІ



rnk.com.ua/
114407

Якщо всі зв'язки між атомами Карбону одинарні, то такі вуглеводні насичені. А якщо в молекулах будуть подвійні або потрійні зв'язки, то що, будуть ненасиченими? І в чому ця ненасиченість виявляється?



18.1 Молекулярна і структурна формули етену й етину



Ненасичені вуглеводні — це вуглеводні, у молекулах яких між атомами Карбону є кратні зв'язки: подвійні або потрійні.

Етен (етилен) — ненасичений вуглеводень, перший представник гомологічного ряду *алкенів*, головною ознакою яких є наявність у молекулі одного подвійного зв'язку між атомами Карбону.

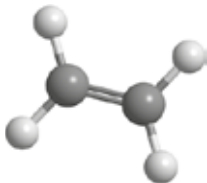
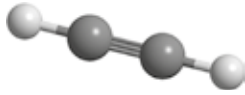
Етин (ацетилен) — ненасичений вуглеводень, перший представник гомологічного ряду *алкінів*, у молекулах яких обов'язково є один потрійний зв'язок між атомами Карбону.

У молекулах обох цих вуглеводнів є по два атоми Карбону, про це свідчать їх назви: «етен» і «етин» походять від назви алкану етану, у молекулі якого також є два атоми Карбону.

Складімо структурні формули етену й етину. Як і в прикладі з алканами, спочатку запишемо карбоновий ланцюг:



В етені кожний атом Карбону вже утворює по два зв'язки ($C=C$), отже, для сполучення з Гідрогеном лишається також по два зв'язки. В етині кожний атом Карбону утворює по три $C-C$ зв'язки й може приєднати лише по одному атому Гідрогену.

Структурні формули	$\begin{array}{c} \text{H} & & \text{H} \\ & \diagdown & / \\ & \text{C} = \text{C} \\ & / & \diagdown \\ \text{H} & & \text{H} \end{array}$	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
Скорочені структурні формули	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$\text{CH}\equiv\text{CH}$
Моделі молекул		

Тепер ми можемо полічити атоми в молекулах і отримати молекулярні формули: етен — C_2H_4 , етин — C_2H_2 .

Порівняйте структурні й молекулярні формули етену й етину з відповідними формулами етану: у молекулі етену на два атоми Гідрогену менше, ніж у молекулі етану, а в молекулі етину — на чотири атоми менше. Отже, атоми Карбону в молекулах етену й етину не повністю насичені атомами Гідрогену, тому етен і етин — це *ненасичені вуглеводні*.

Етен і етин — найпростіші ненасичені вуглеводні, вони є першими представниками двох гомологічних рядів: алкенів і алкінів. Зверніть увагу на подібність загальних назв вуглеводнів і назв конкретних представників: за номенклатурою IUPAC, наявність у молекулі подвійного зв'язку $\text{C}=\text{C}$ у назві позначають суфіксом *-ен-(-єн-)*, як в етену.



Відео «Створення моделей молекул алкенів і алкінів»



Алкени — ненасичені нециклічні вуглеводні, у молекулах яких є один подвійний зв'язок між атомами Карбону.

У молекулі етину наявний потрібний зв'язок $\text{C}\equiv\text{C}$, який у назві, за номенклатурою IUPAC, позначають суфіксом *-ин- (-ін-)*.



Алкіни — ненасичені нециклічні вуглеводні, у молекулах яких є один потрібний зв'язок між атомами Карбону.

Назви алкенів і алкінів легко складати за назвами відповідних алканів заміною суфікса **-ан-** на суфікс **-ен-** (**-єн-**) для алкенів і на суфікс **-ин-** (**-ін-**) для алкінів (табл. 6).



Поміркуйте

Зважаючи на відмінності складу молекул етену й етину від молекули етану, запропонуйте загальні формули для гомологічних рядів алкенів і алкінів.

Таблиця 6. Гомологічні ряди алкенів і алкінів

Алкени (C_nH_{2n})		Алкіни (C_nH_{2n-2})	
Молекулярна формула	Назва	Молекулярна формула	Назва
C_2H_4	етен (етилен)	C_2H_2	етин (ацетилен)
C_3H_6	пропен (пропілен)	C_3H_4	пропін

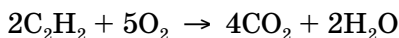
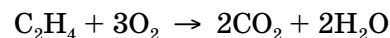
18.2 Фізичні властивості етену й етину

Фізичні властивості ненасичених вуглеводнів подібні до властивостей насичених вуглеводнів. Етен і етин за кімнатної температури газуваті, безбарвні, погано розчиняються у воді (розчинність етену становить 22,6 мл, а етину — 137 мл у 100 мл води за 0 °С), добре розчиняються в органічних розчинниках, не мають запаху, температура плавлення етену — -169,2 °С, етину — -80,8 °С; температура кипіння етену — -103,7 °С, етину — -83,8 °С. Технічний етин, який одержують карбідним методом, має специфічний різкий запах.

18.3 Хімічні властивості етену й етину

1. Горіння. Етен і етин активно реагують із киснем, вони є дуже вибухонебезпечними речовинами. Етин на повітрі займається від найменшої іскри (навіть від статичної електрики пальців руки), тому його зазвичай одержують безпосередньо перед використанням.

Продуктами згоряння етену й етину, як і метану, є вуглекислий газ і вода:

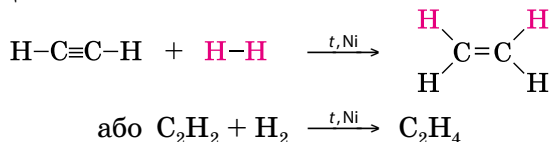




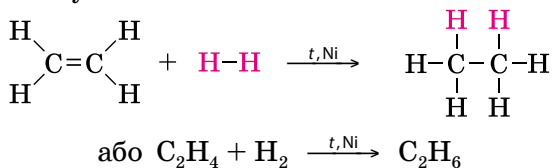
Мал. 18.1. А — полум'я ацетиленокисневого пальника;
Б — генератор ацетилену з кальцій карбиду CaC_2 перед поданням у пальник

Горіння етину широко використовують у техніці для зварювання й різання металів, оскільки етин (ацетилен) — один із рекордсменів за температурою полум'я. Сконструйовано спеціальні ацетиленові пальники, у яких за правильно дібраного режиму подання етину й кисню температура полум'я сягає майже 3000°C (мал. 18.1).

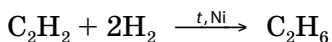
2. Гідрогенізація (гідрування) — реакції приєднання водню. Етин реагує з воднем за нагрівання та за наявності нікелевого каталізатора. Продуктом реакції є етен:



Етен також є ненасиченим вуглеводнем і може сполучатися з воднем за таких самих умов:

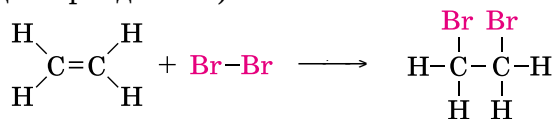


За достатньої кількості водню та за наявності нікелевого каталізатора етин може одразу сполучатися з максимальною кількістю водню та перетворюватися на етан:



На відміну від алканів, ненасичені вуглеводні хімічно дуже активні. До того ж через ненасиченість найбільш характерними для них є реакції *приєднання*, під час яких до кожного атома Карбону в разі подвійного або потрійного зв'язку приєднується атом або група атомів.

3. Галогенування. Якщо алкани з галогенами вступають у реакцію заміщення, то ненасичені вуглеводні реагують із галогенами, як із воднем (реакція приєднання):



Для цієї реакції каталізатор не потрібний. Вона відбувається навіть у водному розчині бромів. У разі пропускання етену або етину крізь бромну воду (розчин бромів у воді) її жовто-коричневе забарвлення зникає. Цю реакцію використовують як якісну для виявлення ненасичених сполук.

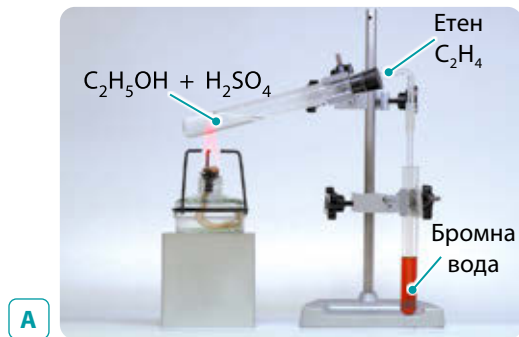
Цікавою особливістю ненасичених сполук є те, що вони можуть приєднувати молекули не лише інших речовин, а й подібні до себе молекули, про що йдеться в наступному параграфі.



Досліджуємо, моделюємо, проектуємо

Дослідіть дію етену на бромну воду (демонстраційно або віртуально).

Через хімічну активність етен у лабораторії зазвичай не зберігають. У невеликому обсязі його простіше одержати дією концентрованої сульфатної кислоти на етанол (мал. А). Одержаний етен пропустили крізь бромну воду. Спостерігаємо знебарвлення бромної води (Б), що доводить ненасичений характер етену.



18.4 Застосування ненасичених вуглеводнів



Поміркуйте

Зважаючи на фізичні та хімічні властивості етену й етину, спрогнозуйте галузі їх застосування.



Виробництво
пластмас



Виготовлення
вибухових речовин



Виготовлення
антифризів



Для дозрівання
овочів і фруктів



Одержання
технічного
етилового спирту



Одержання
високоякісного
пального



Виробництво
синтетичного
каучуку



Одержання
органічних
розчинників

Мал. 18.2. Застосування етену

Етен у чистому вигляді майже не застосовують, із нього одержують інші цінні продукти хімічної промисловості (мал. 18.2).

Одна з найцінніших властивостей етену — здатність полімеризуватися, про що дізнаємося в наступному параграфі. Завдяки цій властивості з нього одержують різноманітні пластмаси.

Етен має цікаву властивість: він є фітогормоном, що прискорює дозрівання плодів. Зазвичай овочі та фрукти, які потребують тривалого транспортування, наприклад, із країн Африки чи Південної Америки, зривають іще зеленими: якщо їх зірвати стиглими, вони швидко зіпсуються. А вже на місці фрукти й овочі поміщають у спеціальну камеру з невеликим умістом етену (приблизно 2 мл етену на 1 л повітря), де впродовж 1–2 діб вони дозрівають.

Про використання етину в ацетиленових пальниках для зварювання й різання металів ви вже дізналися.

Етин також є сировиною для синтезу цінних речовин і матеріалів (мал. 18.3).



Виробництво
лікарських речовин



В ацетиленових
пальниках



Одержання синте-
тичного каучуку



Виробництво
штучних волокон



Виготовлення
лакофарбових
матеріалів



Виробництво
синтетичних
барвників



Одержання
полівінілхлориду
(ПВХ)



Одержання
запашних речовин
для парфумів

Мал. 18.3. Застосування етину



Дізнайтеся більше

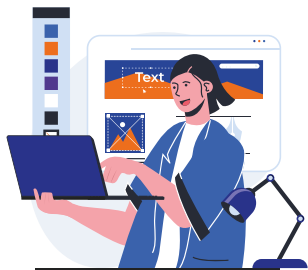
Етен для дозрівання плодів використо-
вували ще в Давньому Єгипті. Єгиптяни
трохи м'яли фініки, інжир та інші плоди:
пошкодження тканин стимулює утворення
етилену рослинами й пришвидшує дозрівання.



Робота з інформацією

- 210.** Схарактеризуйте одну з галузей застосування етену або етину.
Оформте інформаційну картку для цієї речовини:
- де застосовується;
 - на яких властивостях ґрунтується застосування;
 - яких заходів безпеки слід дотримуватися під час роботи.
- 211.** Які вуглеводні називають ненасиченими? У чому їх голов-
на відмінність від насичених вуглеводнів?





- 212.** Уявіть, що ви — дизайнер / дизайнерка навчального постера для кабінету хімії. Зберіть найважливішу інформацію про етен або етин, яку можна відобразити як інфографіку. Запропонуйте назву, колірну гаму, ключові блоки (наприклад: «Будова», «Властивості», «Використання», «Правила безпеки»). Створіть і презентуйте свій постер.

- 213.** Порівняйте реакції горіння, гідрогенізації та галогенування етену (етину), склавши для них діаграми Венна.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 214.** Зобразіть молекулярну й структурну формули пропену та пропіну. Схарактеризуйте їх хімічні властивості, склавши для них рівняння реакцій горіння, гідрогенізації та галогенування.
- 215.** У якого вуглеводню — етену чи етину — більша густина? Порівняйте їх густину з густиною повітря.
- 216.** Порівняйте об'єми вуглекислого газу, який утвориться внаслідок повного згоряння однакових об'ємів етану, етену й етину.
- 217.** На згоряння однакових об'ємів якого вуглеводню — етану, етену чи етину — витрачається менше кисню?
- 218.** За матеріалом параграфа обчисліть масову частку етену й етину в їх насичених за температури $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ розчинах у воді.
- 219.** Як змінюється розчинність етену й етину у воді за підвищення температури? Чи спостерігатимуться видимі ознаки під час нагрівання насиченого за певної температури розчину: а) етену; б) етину?
- 220.** Обчисліть об'єм водню (н. у.), з яким реагує: а) етен масою 7 г; б) етин об'ємом 5,6 л (н. у.).
- 221.** Обчисліть об'єм етену (н. у.), необхідного для знебарвлення бромної води масою 400 г, у якій масова частка броду становить 2 %.
- 222.** Обчисліть, як зміниться об'єм суміші етену з киснем, у якій відношення об'ємів газів становить 1 : 3, за умови повної взаємодії речовин і утворення води: а) рідкої; б) газуватої.



Ключова ідея

Етен і етин подібно до алканів є неполярними речовинами, але, на відміну від алканів, вони набагато хімічно активніші через ненасиченість.

§ 19. ПОЛІЕТИЛЕН



rnk.com.ua/
114408



Я завжди думав, що хімічні речовини взаємодіють тоді, коли сполучаються різні частинки, ніби одне доповнює інше. Але ж однакові молекули етену теж можуть приєднуватися одна до одної: молекула до молекули, ще одна, і ще... Як це можливо? І ось назва параграфа: «Поліетилен». Щось дуже знайоме....

19.1 Реакція полімеризації

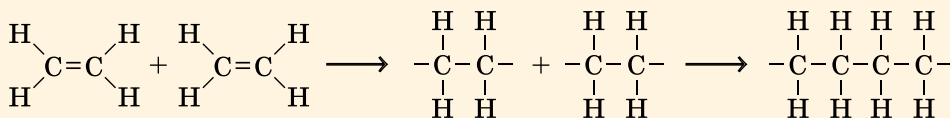


Поміркуйте

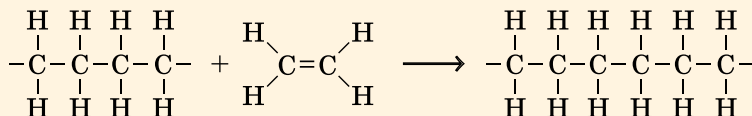
Висловіть аргументи «за» та «проти» щодо можливості молекул етену приєднувати одна одну.

Етен — це ненасичений вуглеводень. Отже, атоми Карбону в його молекулах можуть приєднувати інші атоми. Однією з хімічних реакцій, у яких реалізується така властивість етену, є *реакція полімеризації* (від грец. *polymeres* — той, що складається з багатьох частин).

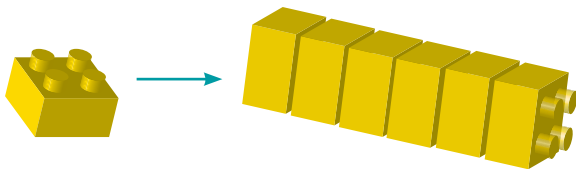
Під дією певних речовин (ініціаторів) подвійний зв'язок у молекулі етену розривається й атоми Карбону можуть приєднувати інші атоми, зокрема атоми Карбону іншої молекули етену:



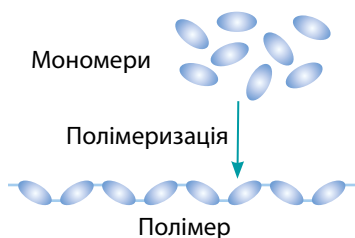
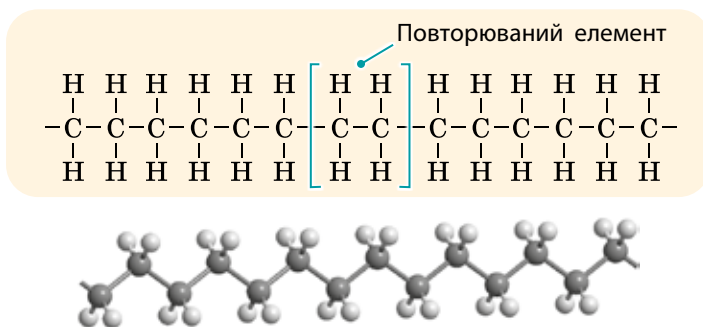
Частинка, що утворилася, також здатна приєднати молекулу етену:



Молекула поліетилену починає збиратися, як у конструкторі Lego.

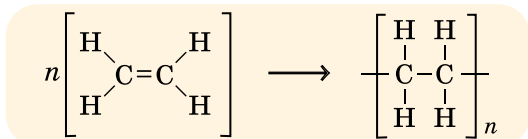


І так може тривати, допоки за певних причин приєднання не зупиниться. Продуктом реакції є дуже великі молекули, у яких однаковий фрагмент повторюється багато разів:



Мал. 19.1. Молекули мономеру об'єднуються в молекулу полімеру

Умовно рівняння реакції полімеризації записують так:



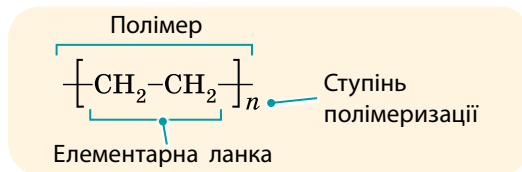
Сутність реакції полімеризації полягає в об'єднанні великого числа молекул ненасичених вуглеводнів — *мономерів* — один з одним (мал. 19.1).

Продукти реакції полімеризації називають *полімерами*, у їх молекулах багато разів повторюється фрагмент, утворений із молекули мономеру, але внаслідок приєднання подвійний зв'язок перетворився на одинарний.



Полімеризація — процес сполучення багатьох молекул низькомолекулярної речовини (мономеру) в молекулу полімеру.

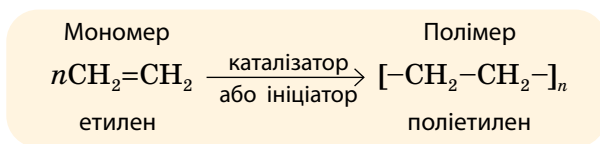
Фрагмент молекули полімеру, що повторюється, називають *елементарною ланкою*, число n — *ступенем полімеризації*:



Ступінь полімеризації показує число молекул мономеру, що об'єдналися в одну молекулу полімеру. Він може бути від тисячі до сотень тисяч. Оскільки молекули полімерів складаються з великої кількості фрагментів, вони мають дуже великі молекулярні маси. Саме тому інша назва полімерів — *високомолекулярні сполуки*.

У формулах полімерів не зазначено, чим закінчується карбоновий ланцюг. На кінцях молекули полімеру перебувають фрагменти молекул розчинника або ініціатора полімеризації. Ці атоми майже не впливають на властивості полімеру.

Назви полімерів походять від назв мономерів. У нашому прикладі в реакцію полімеризації вступив етилен (етен), тому продукт реакції називають поліетиленом:



Поміркуйте

Зважаючи на будову молекули поліетилену, спрогнозуйте його фізичні та хімічні властивості. До речовин якого гомологічного ряду вони будуть подібні?

Зверніть увагу, що етилен і поліетилен мають однаковий якісний склад. Їх можна описати формулою CH_2 : обидва складаються з атомів Карбону й Гідрогену, до того ж в обох речовинах співвідношення атомів Карбону й Гідрогену 1:2. Важливою відмінністю між ними є те, що в молекулі етену є подвійний зв'язок — це ненасичений вуглеводень, а в поліетилені всі зв'язки одинарні. Фактично поліетилен — це алкан із великою молекулярною масою, тому хімічно він досить інертний (як усі алкани). Поліетилен не взаємодіє ні з кислотами, ні з лугами, стійкий до дії окисників. Саме хімічною стійкістю поліетилену пояснюється його широке застосування.



Поміркуйте

Елементарна ланка поліетилену $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ складається з двох однакових груп атомів $-\text{CH}_2-$. Чому формулу поліетилену не записують у спрощеному вигляді $[-\text{CH}_2-]_n$?

Формула полімеру має відображати його зв'язок із початковою речовиною — мономером, для поліетилену — з етиленом $\text{CH}_2=\text{CH}_2$.



Дізнайтеся більше

Більшість полімерів (окрім деяких біополімерів) відрізняються від низькомолекулярних речовин тим, що полімери не мають визначеної відносної молекулярної маси. У кожному зразку поліетилену в молекул різні довжини й маси, тому, коли говорять про полімери, використовують поняття середньої відносної молекулярної маси.

19.2 Властивості й застосування поліетилену



Поміркуйте

Зважаючи на будову молекул поліетилену, спрогнозуйте його фізичні властивості.

Найпоширенішим із полімерів є поліетилен. Це малопрозора речовина, яка погано проводить теплоту й електричний струм, жирна на дотик і нагадує парафін. Іноді в побуті його неправильно називають целофаном (целофан — це зовсім інший матеріал, що виготовляють із целюлози, він лише зовні нагадує поліетиленову плівку).

Чисті полімери на практиці зазвичай не використовують. Вони є основою для виготовлення різноманітних матеріалів, які називають *пластмасами*, або *пластиками*. У процесі їх виробництва до полімерів додають різні речовини: стабілізатори, пластифікатори, барвники, спінювачі тощо. Із досить невеликого числа полімерів можна одержати велику кількість різних пластмас.



Мал. 19.2. Гранули поліетилену

У промисловості поліетилен виготовляють у вигляді гранул, які потім піддають термічній обробці (мал. 19.2).

Відносна молекулярна маса поліетилену може бути від 30 тис. до 3 млн залежно від тиску й інших умов, за яких відбувається реакція полімеризації (табл. 7).

Таблиця 7. Порівняння найпоширеніших видів поліетилену

Ознака для порівняння	Поліетилен низької густини LDPE (одержаний за тиску при бл. 2000 атмосфер)	Поліетилен високої густини HDPE (одержаний за тиску при бл. 40 атмосфер)
Відносна молекулярна маса	80–500 тис.	300–400 тис.
Температура розм'якшення	Вища за 100 °С	Вища за 120 °С
Температура плавлення	Вища за 120 °С	Вища за 125 °С
Густина	Приблизно 0,90 г/см ³	Приблизно 0,95 г/см ³
Характеристика	Досить пластичний, м'який, пакети, виготовлені з нього, глянцеві, воскоподібні, не шарудять	Більш жорсткий, міцніший, стійкіший до високих температур і дії хімікатів, має кращі механічні властивості
Застосування	Пакувальні матеріали: плівка для обгортання, контейнери, пакети, що витримують навантаження до 4 кг	Труби великого діаметра, каністри, посудини для розчинників, пакети, що витримують навантаження до 20 кг



Поміркуйте

Зважаючи на властивості поліетилену, спрогнозуйте галузі його застосування.



Каністри та посуд для реактивів



З'єднувальні елементи



Контейнери для харчових продуктів



Тонка плівка для обгортання



Міцна плівка для теплиць



Пакети для харчових продуктів



Труби



Пакети для сміття

Мал. 19.3. Застосування поліетилену

Недоліками більшості полімерів є термічна нестійкість, горючість і хрупкість, але останнім часом створюють нові полімерні матеріали з кращими властивостями. Можливо, незабаром пластмаси стануть єдиним матеріалом людства, що зменшить використання природних матеріалів.



Дізнайтеся більше

1823 року шотландський хімік Чарлз Макінтош під час дослідів із натуральним каучуком необережно пролив на халат розчин каучуку в бензині. Через деякий час він помітив, що бризки води стікають по халату, а не просочують його. Халат став водонепроникним. За рік Макінтош організував виробництво дощових плащів, що дістали назву «макінтош» — на честь їх розробника.



Робота з інформацією

223. Порівняйте фізичні й хімічні властивості алкенів і поліетилену, склавши діаграму Венна.
224. За таблицею 7 на с. 153 обґрунтуйте різне застосування поліетилену високої та низької густини.
225. За матеріалом параграфа сформулюйте визначення понять «реакція полімеризації», «мономер», «полімер», «ступінь полімеризації» та «елементарна ланка».
226. Порівняйте терміни, склавши для них діаграми Венна:
 - а) «полімери» й «високомолекулярні сполуки»;
 - б) «мономер» і «елементарна ланка».
227. Знайдіть інформацію про те, скільки часу потрібно для повного розкладання в природних умовах поліетиленового та паперового пакетів. Порівняйте з тривалістю використання поліетиленового пакета в побуті. Зробіть висновок про раціональність використання поліетилену.
228. Знайдіть щонайменше два приклади, як поліетиленові відходи шкодять тваринам (морським і наземним). Поясніть, чому тварини можуть сприймати поліетилен за їжу. Які наслідки це має для тварин і екосистем?



- 229.** Прочитайте й проаналізуйте три фрагменти тексту. Один із них розміщений на офіційному сайті підприємства «Водоканал», інші — з телеграм-каналу та науково-популярного журналу. Визначте джерело кожного з фрагментів і дайте відповіді на запитання.

1. Вода з пластикових пляшок — під мікроскопом науки

Нове дослідження вразило наукову спільноту: у воді з пластикових пляшок виявлено мільйони наночастинок пластику (мікропластик), здатних проникати в клітини тіла людини. За науковими даними, тривале споживання такої води може підвищувати ризик серцево-судинних захворювань і порушувати обмін речовин.

Пластик — не лише проблема довкілля, а й потенційна загроза нашому здоров'ю. Якщо ви дбаєте про своє серце, варто замислитися: яку воду ви п'єте щодня.

#наука #здоров'я #довкілля #вода #пластик

2. Якість питної води — під постійним контролем

Вода, що подається в міську мережу, проходить багатоетапну систему очищення та знезараження, відповідає державним стандартам і регулярно перевіряється в сертифікованих лабораторіях. За основними показниками — мікробіологічними, хімічними, фізичними — вона є безпечною для споживання.

Водночас сучасні дослідження свідчать, що мікропластик дедалі частіше трапляється навіть у природних джерелах води в усьому світі. Ми уважно стежимо за науковими даними й поступово впроваджуємо нові технології, здатні зменшити вміст таких мікрочастинок у питній воді.

Довіряйте воді з крана — вона контролювана й безпечна.

3. Мікропластик у пляшковій воді: наукові докази, механізми потрапляння й інформаційні маніпуляції

Дослідження останніх років довели, що вода з пластикових пляшок може містити пластикові мікро- та наночастинок, які потрапляють у воду внаслідок контакту зі стінками пляшки, нагрівання або тривалого зберігання. Ці частинки здатні проходити крізь стандартні фільтрувальні системи та, ймовірно, накопичуватись у тканинах живих організмів, зокрема людини.

У науковій спільноті триває дискусія щодо масштабів і біологічних наслідків такого впливу. Тому важливо покладатися лише на результати досліджень, опублікованих у рецензованих наукових виданнях, а не на неперевірені повідомлення в соціальних мережах чи медіа. Науковий підхід передбачає обережність у висновках і верифікацію кожного факту.



- Висловіть судження про те, яким джерелам інформації можна довіряти, яким — ні.
- Якщо вам потрібно дізнатися інформацію про стан води у водогоні вашого поселення, то до яких джерел інформації ви будете звертатися? Обґрунтуйте свою думку.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 230.** Поясніть, чому хімічні властивості поліетилену відрізняються від властивостей етилену.
- 231.** Пригадайте особливості фізичних властивостей аморфних і кристалічних речовин. За фізичними властивостями поліетилену зробіть висновок, до яких речовин він належить: кристалічних чи аморфних.
- 232.** Як ви вважаєте, чи є виправданою заміна природних матеріалів на поліетилен? Наведіть аргументи «за» і «проти».
- 233.** Середня відносна молекулярна маса поліетилену, одержаного за низького тиску, дорівнює 280 тис. Скільки молекул етилену витрачається в середньому на утворення однієї молекули полімеру?
- 234.** Обчисліть і порівняйте масові частки Карбону й Гідрогену: а) в етені; б) у поліетилені складу $[-CH_2-CH_2-]_{1000}$.
- 235.** Як ви вважаєте, чи може людство повністю відмовитися від використання природних матеріалів на користь пластмас? Наведіть аргументи «за» і «проти» такої заміни.
- 236.** Дізнайтеся про способи утилізації поліетилену, що існують у вашій громаді (спалювання, захоронення, вторинна переробка). Обговоріть: які з них найбільш доцільні з погляду охорони довкілля. Створіть пам'ятку «Що робити з поліетиленовими пакетами після використання?».



Ключова ідея

Поліетилен — синтетична органічна сполука, що не трапляється в природі. Він є основою багатьох цінних матеріалів, які замінили природні матеріали.



rnk.com.ua/
114409

Ми звикли чути про нафту в новинах: то ціна зросла, то видобуток зменшився. Але що це за речовина й чому вона настільки важлива, що через неї навіть трапляються війни? І якщо вона утворювалася мільйони років, а ми її витратимо за кілька десятиліть, що буде далі?



Пригадайте

Якими способами можна виділяти чисті речовини із сумішей?

20.1 Нафта — джерело вуглеводнів

Багато органічних речовин, із якими ми маємо справу в щоденному житті (мийні засоби, ліки, пластмаси, фарби, лаки, розчинники), синтезовані з вуглеводнів. Основними природними джерелами вуглеводнів є нафта, природний газ і кам'яне вугілля.

Нафта — одна з найважливіших корисних копалин. Неможливо уявити сучасне суспільство без нафти й продуктів її переробки. Недарма країни, багаті на нафту, впливають на світову економіку.

Нафта — темна олієподібна рідина, що залягає в земній корі на різній глибині (мал. 20.1). Це суміш із кількох сотень речовин, із-поміж яких значна частка — це насичені вуглеводні із числом атомів Карбону в молекулі від 1 до 40. Для переробки цієї суміші використовують як фізичні, так і хімічні методи.



Мал. 20.1. Така на вигляд нафта

rnk.com.ua/
114142



Дізнайтеся більше про джерела вуглеводнів: природний газ і кам'яне вугілля

Україна досить багата на запаси нафти. Основні родовища зосереджені в трьох нафтогазоносних регіонах: східному (Сумська, Полтавська, Чернігівська та Харківська обл.), західному (Львівська й Івано-Франківська обл.) і південному (Причорномор'я, шельфи Азовського й Чорного морів). Запаси нафти України оцінюють у майже 2 млрд тонн, але вони переважно зосереджені на значних глибинах (5–7 км).

20.2 Перегонка нафти



Пригадайте

Дистиляція (перегонка) — спосіб розділення суміші летких рідин методом поступового випарювання з подальшою конденсацією.

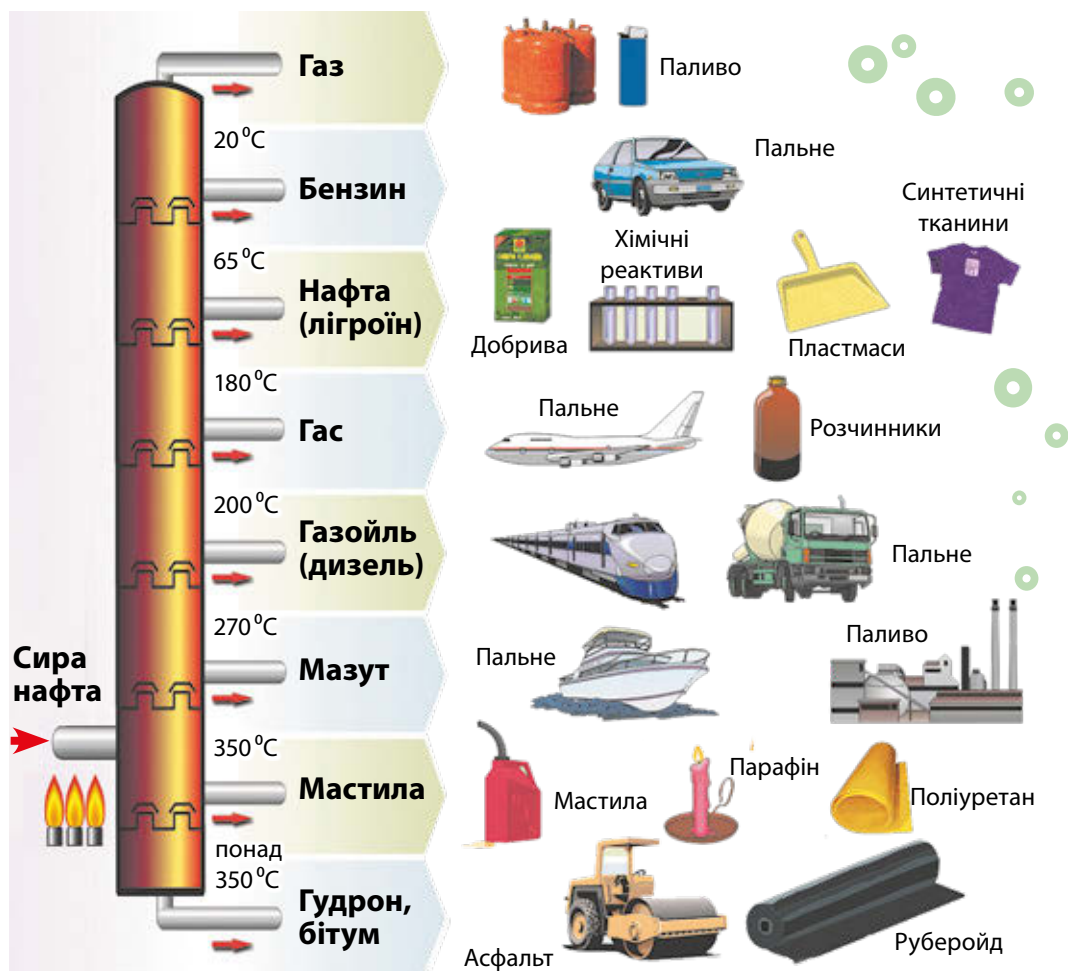
Спочатку нафту розділяють на простіші суміші — *фракції* — шляхом *перегонки* (дистиляції або ректифікації), яка ґрунтується на тому, що різні речовини в складі нафти киплять за різних температур (табл. 8).

Таблиця 8. Фракції перегонки нафти

Фракція	Число атомів Карбону в молекулах	Температура кипіння, °С	Застосування
Газова фракція	1–4	Менша за 20	Паливо
Бензин	5–10	20–180	Автомобільне пальне
Лігроїн (нафта)	6–12	160–200	Паливо, сировина для синтезу
Гас	10–16	180–250	Авіаційний бензин
Газойль (дизель)	13–25	220–350	Дизельне пальне
Важкий газойль (мазут)	26–30	350–430	Паливо для теплоелектростанцій
Важкий мазут, мастила, гудрон	Понад 30	За нагрівання розкладається, переганяють за зниженого тиску	Виробництво асфальту, бітуму, парафіну, мастильних матеріалів, паливо для котелень

Перегонка відбувається в ректифікаційній колоні за нагрівання (мал. 20.2). Фракції з найбільшими температурами кипіння (які за високої температури розкладаються) переганяють за зниженого тиску.

Різні фракції нафти мають різне застосування.



Мал. 20.2. Промислова ректифікація сирової нафти

20.3 Найпоширеніші нафтопродукти

Продукти перегонки нафти мають величезне значення для життя людини й економіки. Нафтопродукти — це широкий спектр речовин (від газів до твердих матеріалів), які є ключовими енергоносіями та сировиною для сучасної промисловості. Їх властивості (густина, леткість, температура кипіння, горючість) визначають способи використання кожного з них.



- **Бензин** — легка, безбарвна або світло-жовта летка рідина з характерним запахом. Він легко випаровується та спалахує, тому бензин використовують переважно як паливе для двигунів внутрішнього згоряння. Через легке займання бензин потрібно зберігати подалі від відкритого вогню.



- **Гас** має вищу температуру кипіння, ніж бензин, і гас менш леткий. Його застосовують як паливе для реактивних двигунів, освітлювальних ламп, а також як сировину для хімічної промисловості.



- **Дизельне паливе** має більшу густину, ніж бензин. Дизельні двигуни економніші за бензинові та потужніші, тому їх застосовують у вантажних автомобілях, поїздах і морських суднах.



- **Мазут** — темна в'язка рідина, що залишається після відгонки легших фракцій. Його спалюють у котельнях і теплових електростанціях, а також використовують для подальшої переробки.

- **Парафін** — тверда біла речовина, яка добре плавиться й не змочується водою. З парафіну виготовляють свічки, ізоляційні матеріали, упаковки тощо.



- **Вазелінову олію** застосовують у медицині, косметичі, техніці.

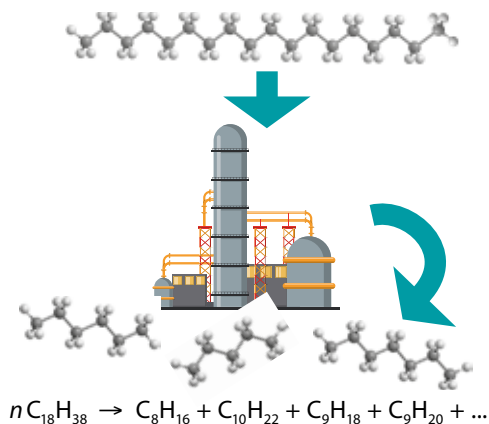


- **Бітум** — чорна в'язка маса, яку використовують у будівництві доріг і для гідроізоляції.



20.4 Хімічна переробка нафтопродуктів

Деякі продукти перегонки нафти можна застосовувати одразу, без подальшої переробки. Це бензин і гас, але вони становлять лише 20–30 % нафти. До того ж після перегонки бензин виходить низької якості (під час стискання у двигуні він вибухає, а не згоряє). Двигун, що працює на такому пальному, видає характерний стукіт і швидко виходить із ладу. Для підвищення якості бензину та збільшення його виходу нафту піддають хімічній переробці.



Мал. 20.3. Схема крекінгу нафти

Завдяки цьому збільшується вихід бензину й гасу. Такий бензин іноді називають крекінг-бензином.

Переробка нафти відбувається на спеціальних підприємствах — нафтопереробних заводах (мал. 20.4). Там здійснюють як ректифікацію сирової нафти, так і хімічну переробку одержаних нафтопродуктів.

Нафта є сировиною для створення багатьох матеріалів, без яких складно уявити сучасне життя. Із нафтопродуктів отримують поліетилен, поліпропілен, нейлон, поліестер, синтетичний каучук, фарби, косметику, мастила, синтетичні волокна для тканин. Із цих речовин виготовляють легкі, міцні та довговічні матеріали, які використовують у медицині, електроніці, транспорті, побуті.



Мал. 20.4.
Нафтопереробний завод



Мал. 20.5. Наслідки потрапляння нафти в довкілля

20.5 Екологічні аспекти використання нафти

Видобуток, транспортування й переробка нафти негативно впливають на довкілля.

Однією з найбільших небезпек є розлив нафти під час аварій на нафтоналивних танкерах або бурових платформах. Тонкий шар нафти вкриває поверхню моря, перешкоджаючи газообміну, що спричиняє загибель риб, морських птахів і інших живих організмів (мал. 20.5).

Під час спалювання нафтопродуктів у повітря потрапляють вуглекислий газ, чадний газ, оксиди Сульфуру та Нітрогену, які спричиняють парниковий ефект, кислотні дощі та смог у містах.

Запаси нафти обмежені, адже вона утворюється в надрах Землі надзвичайно повільно — упродовж мільйонів років. Тому науковці й науковиці вважають, що спалювати нафту як паливо не раціонально.

Саме тому у світі зростає потреба у відновлюваних джерелах енергії — сонячній, вітровій, водневій — і розвитку технологій переробки нафти з мінімальним впливом на довкілля.

Уважають, що в найближчому майбутньому видобуток нафти скоротиться в 10 разів, і цю нафту використовуватимуть лише для виготовлення цінних матеріалів.

Робота з інформацією

237. Грецькою *pyr* означає «вогонь», а *lysis* — «розкладання». Як ви вважаєте, чому терміни «крекінг» і «піроліз» часто використовують як синоніми?

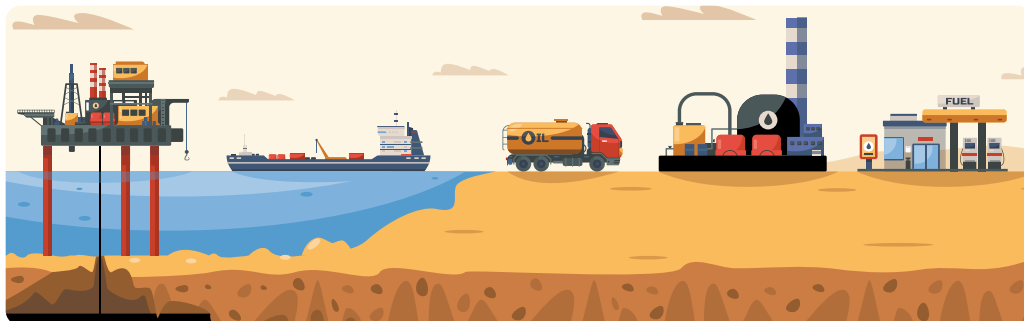
- 238.** За малюнком 20.2. на с. 159 схарактеризуйте перегонку нафти (розділення її на фракції). Порівняйте цей процес із класичним методом дистиляції.
- 239.** Підготуйте коротку доповідь або інформаційну картку щодо:
- а) одного з нафтопродуктів. Зазначте його склад, властивості, застосування, значення для суспільства;
 - б) одного з матеріалів, сировиною для виготовлення якого є нафта. Зазначте властивості, застосування, значення для суспільства. Чи можна його виготовити без використання нафти та чи можна сьогодні прожити без цього матеріалу? Відповідь обґрунтуйте.
- 240.** За додатковими джерелами інформації та знаннями з уроків географії схарактеризуйте діючі та перспективні басейни й райони видобутку нафти в Україні.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 241.** Під час крекінгу вуглеводню $C_{20}H_{42}$ утворюються два продукти з однаковим числом атомів Карбону в молекулах. Запишіть рівняння цієї реакції.
- 242.** У чому принципова відмінність крекінгу нафти від ректифікації?
- 243.** Як ви вважаєте, чому під час прямої перегонки нафти не вдається переробити на бензин більше ніж 20 % від її початкового об'єму?
- 244.** Під час згоряння бензину в надлишку кисню у двигунах утворюються вуглекислий газ і вода. Запишіть рівняння реакції згоряння бензину, якщо вважати, що він складається з вуглеводню, формула якого C_8H_{18} .
- 245.** У вихлопних газах автомобілів містяться отруйні речовини: карбон(II) оксид і нітроген(IV) оксид. Зважаючи на те, що у двигун потрапляє паливно-повітряна суміш, поясніть, під час яких хімічних реакцій вони утворилися.
- 246.** Бензин, який продають у країнах із теплим кліматом, складається з вуглеводнів із більшою молекулярною масою, ніж бензин, що продають у країнах із холодним кліматом. Висловіть припущення, з якою метою нафтопереробники варіюють бензин у такий спосіб.
- 247.** Про нафту кажуть: «Топити нафтою — це все одно, що топити грюшима». Розкрийте суть цього вислову. Чи погоджуєтесь ви з ним? Чи має людство обмежити використання нафти як пального? Яку альтернативу ви вважаєте прийнятною? Наведіть аргументи «за» і «проти».



248. На малюнку зображено «шлях» нафти від нафтовидобувної платформи до автозаправки.



Проаналізуйте малюнок і обговоріть аспекти видобування, транспортування та переробки нафти.

- Чому розлив нафти в морі завдає більшої шкоди холодним водам, ніж теплим?
- Як зміна тиску й температури повітря під час видобутку впливає на швидкість випаровування легких фракцій і формування токсичних випарів над поверхнею моря?
- Які природні чинники та як саме зумовлюють напрям і масштаб поширення нафтової плями (вітри, течії, хвилі, солоність тощо)?
- Поясніть зв'язок між фізичними властивостями нафтопродуктів (леткість, розчинність, густина тощо) та впливом їх на ґрунтові й підземні води в разі витоків із нафтопроводів.
- Чому доцільніше використовувати частину нафти на виготовлення матеріалів тривалого користування, а не на спалювання палива? Обґрунтуйте з огляду на колообіг Карбону в природі.
- Як температура навколишнього середовища впливає на випаровування бензину під час транспортування? Чи має значення клімат у певному регіоні (холодний чи спекотний) на температуру кипіння бензину, який варто використовувати в цьому регіоні?
- Порівняйте екологічні ризики транспортування нафти танкерами й трубопроводами. Які природні фактори посилюють ці ризики?



Ключова ідея

Нафта — це складна природна суміш органічних речовин. Вона є цінною сировиною для одержання пального, мастил, пластмас, волокон, лікарських і побутових речовин і має велике економічне значення. Раціональне використання нафти полягає не в спалюванні, а в перетворенні її на нові матеріали, необхідні для розвитку цивілізації.

§ 21. СПИРТИ



rnk.com.ua/
114410



Я завжди думав, що спирт буває одного виду: рідина з різким запахом, яку використовують у медицині для дезінфекції. Але чому до його назви додають «етиловий»? Чи існують інші спирти?

21.1 Поняття про спирти



Спирти — це похідні вуглеводнів, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені на гідроксильну групу $-\text{OH}$.

Гідроксильна група $-\text{OH}$ є в складі молекул усіх спиртів. У назвах її наявність позначають суфіксом *-ол-*.

Складімо формули й назви найпростіших спиртів:

Алкан	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$ метан	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ етан
Спирт	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{H} \end{array}$ або CH_3-OH метанол (метиловий спирт) 	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{OH} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$ або $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) етанол (етиловий спирт) 

Спирти, що містять одну групу $-\text{OH}$, називають *одноатомними*, а ті, що містять дві або більше, — *багатоатомними*.

rnk.com.ua/
113908



Відео «Створення моделей молекул спиртів»

21.2 Фізичні властивості метанолу й етанолу



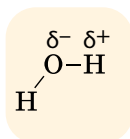
Пригадайте

Сутність водневого зв'язку та його вплив на фізичні властивості речовин (за § 3).

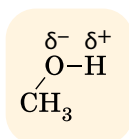
Спирти метанол і етанол:

- леткі безбарвні рідини зі специфічним запахом, пекучі на смак;
- легші за воду (густина метанолу — $0,792 \text{ г/см}^3$, етанолу — $0,789 \text{ г/см}^3$);
- легко випаровуються (у метанолу $t_{\text{пл.}} = -97,6^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = 64,7^\circ\text{C}$, а в етанолу $t_{\text{пл.}} = -114,2^\circ\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = 78,4^\circ\text{C}$);
- необмежено розчиняються у воді, а також добре змішуються з іншими органічними речовинами (бенzenом, хлороформом, ацетоном тощо).

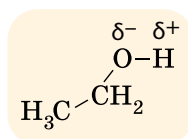
За складом і будовою спирти подібні до води, їх можна назвати похідними води, у яких один атом Гідрогену замінений органічним замісником:



вода

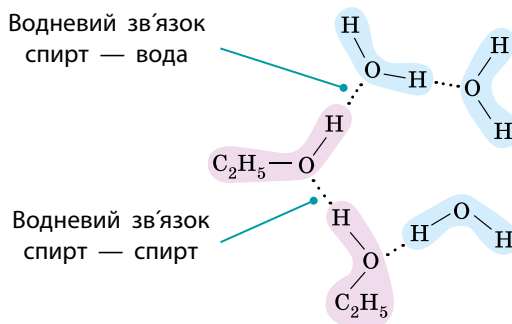


метанол



етанол

Це зумовлює можливість утворення водневого зв'язку як між молекулами спиртів, так і між молекулами спиртів і молекулами води:



Через таку властивість температура кипіння етанолу набагато вища за температуру кипіння відповідного йому алкану (етану). А ще, на відміну від алканів, етанол добре змішується з водою.



Дізнайтеся більше

Групова назва спиртів «алкоголі» походить від арабського *al-kohol* — «порошок, пудра, пил». Від найменшого подуву пил здіймається в повітря так само, як і винні випари під час нагрівання. А слово «спирт» походить від латинського *spiritus* — «подув, дух, душа». Отже, «винний спирт» (*spiritus vini*) означає «дух вина». Алхіміки спиртами називали всі леткі речовини (соляний, нашатирний спирти тощо).



Мал. 21.1. Етанол використовують у лабораторних спиртівках

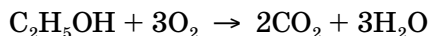


21.3

Хімічні властивості спиртів. Горіння етанолу

Етанол, як і більшість інших одноатомних спиртів, є вибухо- та пожежонебезпечною речовиною через його леткість і здатність легко займатися. Тому етанол належить до групи легкозаймистих рідин (ЛЗР).

Етанол горить на повітрі ледь помітним полум'ям (мал. 21.1). Продуктами реакції є вуглекислий газ і вода:



21.4

Застосування етанолу й метанолу



Поміркуйте

Зважаючи на фізичні й хімічні властивості, спрогнозуйте застосування етанолу й метанолу.

Етанол — найпоширеніший спирт у природі. З-поміж усіх спиртів він набув найбільшого застосування в побуті й техніці.

Етанол є важливим промисловим продуктом: у світі виробляють майже 700 млрд літрів спирту щорічно. У побуті етанол зазвичай називають просто спиртом, або медичним спиртом.

Спирт, який хіміки/хімікині називають «чистий спирт», насправді містить 95,6 % етанолу

й 4,4 % води. Абсолютно чистий спирт без домішок води (його називають «абсолютний етанол») одержати дуже складно.

Метанол утворюється під час нагрівання деревини без доступу повітря, тому його також називають деревним спиртом.

Метанол — хімічно досить активна речовина, тому його використовують для органічного синтезу та як розчинник. Із метилового спирту в промисловості одержують формальдегід, потрібний для виробництва пластмас і фенолоформальдегідних смол.

- У **побуті** чистий етанол зазвичай не застосовують. Здебільшого ми маємо справу зі спиртотмісними засобами: рідинами для миття вікон, склоочисними рідинами й антифризами для автомобілів, лосьйонами, парфумами тощо.
- У **медицині** використовують великі обсяги спирту, як у чистому вигляді для дезінфекції, так і в складі деяких розчинів: йодної настоянки, брильянтового зеленого тощо.
- **Фармацевтична промисловість** випускає багато лікарських препаратів на основі розчинів етанолу: це настоянки лікарських рослин (глоду, календули, валеріани тощо), лікарські препарати (корвалол тощо).
- У **хімічних лабораторіях** етанол є важливим розчинником, його використовують для дослідів і проведення органічного синтезу.





- **Хімічна промисловість** використовує великі обсяги етанолу як розчинника, особливо в лакофарбовій галузі, а також для синтезу речовин.
- Автовиробники поступово переходять на виробництво «спиртових» автомобілів, оскільки вони екологічно значно чистіші. Сьогодні до бензину додають 5–10 % спирту.
- Спирт — ефективний **антисептик**. Це дає змогу тривалий час зберігати в музеях і шкільних кабінетах біології різні анатомічні та зоологічні препарати.



Дізнайтеся більше

У побуті часто можна почути вираз «сухий спирт», і де-хто вважає, що це — етиловий спирт, певним чином переведений у твердий стан. Насправді вираз «сухий спирт» є неправильним, якщо уважно прочитати етикетку, на ній написано «сухе пальне». До того ж речовина, яку використовують для виготовлення сухого пального, жодного відношення до спиртів не має.



Робота з інформацією

249. За матеріалом параграфа схарактеризуйте вплив наявності гідроксильної групи в молекулі на фізичні властивості спиртів.
250. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про одержання етанолу в промисловості. У чому відмінність біоетанолу від звичайного етанолу? У чому переваги використання біоетанолу порівняно з традиційними видами палива?

- 251.** Знайдіть етикетки від різних антисептиків або інших спиртовмісних засобів. Визначте: а) який спирт у складі продукту; б) масову частку спирту; в) які попереджувальні позначки / символи є на пакованні. Обговоріть, чому навіть етанол потребує обережного поводження.
- 252.** Підготуйте коротку доповідь або інформаційну картку щодо п'яти напрямів застосування етанолу. У кожному описі зазначте: яке значення має етанол; чому саме він підходить для такого застосування; для якого застосування потрібен чистий спирт чи його розчин.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 253.** За структурними формулами доведіть, що метанол і етанол — насичені органічні речовини.
- 254.** Які фізичні властивості етанолу свідчать про його молекулярну будову?
- 255.** Розчини спиртів у воді не проводять електричний струм, тоді як розчини лугів, що також містять гідроксильну групу, проводять. Чим це можна пояснити?
- 256.** Етиловий спирт використовують для виготовлення парфумів. На якій властивості етанолу ґрунтується таке його застосування?
- 257.** За значеннями електронегативностей хімічних елементів порівняйте полярність зв'язків С–Н, С–О і О–Н. Молекули яких речовин — спиртів чи вуглеводнів — більш полярні? Як це позначається на фізичних властивостях цих речовин?
- 258.** На етикетці лікарського препарату написано: «Склад: фенобарбітал 20 г, ізобутиловий ефір валеріанової кислоти 40 г, спирт етиловий 480 г, вода 520 г». Обчисліть масову частку етанолу в цьому препараті.
- 259.** Обчисліть масу етанолу, для згоряння якого достатньо кисню об'ємом 6,72 л (н. у.).
- 260.** Обчисліть об'єм кисню, необхідного для повного згоряння випарів метанолу об'ємом 3 л. Який об'єм вуглекислого газу утвориться за таких умов?
- 261.** Спалили метиловий спирт масою 8 г. Вуглекислий газ, що утворився, пропустили крізь надлишок вапняної води. Обчисліть масу утвореного осаду.



Ключова ідея

Заміна атома Гідрогену у вуглеводнях на гідроксильну групу зумовлює суттєві зміни у фізичних і хімічних властивостях речовин.

§ 22. ОТРУЙНІСТЬ МЕТАНОЛУ Й ЕТАНОЛУ



rnk.com.ua/
114411



Мене завжди дивувало, як те, що продається в магазинах і виставляється на святкових столах, може бути шкідливим для здоров'я.

22.1 Отруйність метанолу



Токсично!
Уражає
зоровий
нерв!

Усі одноатомні спирти — отруйні речовини. І зі збільшенням числа атомів Карбону в молекулі спирти стають більш токсичними.

Проте, хоча в молекулі метанолу число атомів Карбону найменше, він є найотруйнішим із-поміж спиртів. Уживання лише 25 мл метанолу може спричинити смерть людини, а менша кількість — до ураження зорового нерва та, як наслідок, — сліпоти.

Токсичність метанолу зумовлена тим, що, потрапляючи в організм людини, метанол окиснюється в печінці до формальдегіду.

Метанол → Формальдегід → Мурашина кислота



Етанол

Метанол

Більшість отруйних речовин у разі окиснення стають безпечними, але токсичність формальдегіду набагато вища за будь-який спирт. Потрапляючи з кров'ю в мозок, він насамперед уражає нервову тканину. Це призводить до розвитку сліпоти, а згодом — і смерті.

Небезпека полягає в тому, що за запахом і виглядом метанол і етанол майже не відрізняються, тож їх можна сплутати.

Дія метанолу на організм людини



Запаморочення

Головний біль

Порушення зору

22.2 Згубна дія етанолу на організм людини

Етанол — головний компонент алкогольних напоїв, саме він є причиною небезпечних наслідків їх споживання. У різних сортах пива міститься від 4 до 9 % етанолу, у вині — від 10 до 15 %, у міцних спиртних напоях — 40 % і більше. Уживання їх навіть у невеликій кількості зумовлює зміну поведінки.

Дія етанолу на організм людини



Сонливість
і непритомність



Запаморочення



Тремтіння рук,
проблеми з ко-
ординацією рухів



Нудота,
блювання



Пітніння

Етанол, як і всі одноатомні спирти, є отруйною речовиною. Потраплення в організм людини великої кількості етанолу або алкогольних напоїв може призвести до гострого алкогольного отруєння. Залежно від дози та концентрації, етанол виявляє наркотичну (або токсичну) дію. Під наркотичною (токсичною) дозою розуміють мінімальну дозу, за якої виникають симптоми отруєння: ступор, знеболення, пригнічення діяльності центральної нервової системи. Наркотична доза етанолу

становить 1–4 г на 1 кг маси тіла. Як і будь-яку отруту, організм намагається знешкодити етанол, але під час цього спирт перетворюється на ацетальдегід, який має набагато сильнішу токсичну дію й ушкоджує ДНК. Велика кількість випитого алкоголю може спричинити смерть (смертельна разова доза становить 4–12 г спирту на 1 кг маси тіла).

**Етанол (етиловий спирт) → Ацетальдегід (оцтовий альдегід) →
→ Етанова (оцтова) кислота (метаболізується організмом)**

Постійне вживання алкогольних напоїв призводить до важкого захворювання — алкоголізму, що є причиною соціальної деградації особистості й ураження внутрішніх органів: цирозу печінки, виразки шлунка тощо.

**rnk.com.ua/
113542**



Скрайбінг «Дія етанолу
на організм людини»

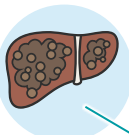
Мозок:

- зниження координації
- утрата пам'яті



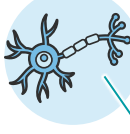
Печінка:

- алкогольний гепатит
- цироз



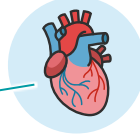
Нервова система:

- перепади настрою
- депресія
- пригнічення ЦНС



Серцево-судинна система:

- підвищення кров'яного тиску
- аритмія
- кардіоміопатія



Шлунок:

- подразнення слизової оболонки
- печія
- гастрит



Підшлункова залоза:

- алкогольний панкреатит
- порушення гормонального балансу



Найбільш уразливим до дії алкоголю є організм підлітків, оскільки у віці 12–17 років завершують формуватися основні органи і вживання алкоголю (передовсім вина й пива) може спричинити патології різних органів.

У підлітковому віці активно розвивається психіка, і навіть одно-разове вживання алкоголю порушує її нормальний розвиток: посилюється агресивність, погіршуються пам'ять і здатність виконувати елементарні арифметичні дії, утрачається здатність переказати прочитаний текст. Алкоголь пригнічує процеси гальмування нервової системи, тому людина втрачає контроль над поведінкою. Перебуваючи під дією алкоголю, людина здатна на вчинки, наслідки яких можуть бути жахливими.

Токсична дія алкоголю на організм підлітка в кілька разів сильніша, ніж на організм дорослої людини, через інтенсивніший обмін речовин. За концентрації алкоголю в крові 0,5–0,6 % (відповідає 0,5 л горілки) у підлітка може настати смерть.



Пам'ятайте, що алкоголь є реальною небезпекою для вашого здоров'я й майбутнього в цілому!



Дізнайтеся більше

Етиловий спирт — наркотична речовина, тобто він виявляє певну знеболювальну дію. У часи Другої світової війни етанол використовували як наркоз під час хірургічних операцій. Однак це було дуже небезпечним. У будь-якої наркотичної речовини є як знеболювальна, так і смертельна доза, але для етанолу різниця між цими дозами дуже незначна: якщо пацієнт вип'є трохи менше, буде боляче, а якщо трохи більше — помре.



Робота з інформацією

- 262.** Проведіть соціологічне опитування з-поміж однолітків стосовно їхнього ставлення до алкогольних напоїв.
- 263.** Підготуйте плакат про небезпечність надмірного споживання алкогольних напоїв.

- 264.** Прочитайте фрагмент розмови журналістки з хіміком. Визначте, про який спирт ідеться в розмові (метанол чи етанол). Поясніть значення хімічних знань для збереження здоров'я та життя.



— Пане хіміку, вітаю! — журналістка розгорнула блокнот. — Ми готуємо матеріал про користь спирту. Скажіть, якщо спирту так багато в продуктах і навіть у косметиці, то вони, мабуть, безпечні?

— Користь спирту? — перепитав хімік і усміхнувся. — Ви говорите так, ніби слово «спирт» — це гарантія користі. Але насправді це лише назва великої групи речовин.

— Але ж спирт — це просто спирт? Вони всі однакові?

— Зовсім ні, — відповів хімік. — Їх об'єднує схожа будова молекул, а от властивості можуть бути різними. Деякі спирти такі токсичні, що навіть кілька ковтків можуть спричинити сліпоту або смерть людини.

— Але ж спирти додають у ліки, у засоби для дезінфекції...

— Так, проте жоден із них не є «корисним» для організму. Спирти ушкоджують клітини, зневоднюють тканини, руйнують білки. Навіть якщо їх використовувати ззовні. Адже мікроби гинуть саме від руйнівної дії спиртів.

Журналістка замислилася, переглядаючи свої записи.

— Тобто виходить, слово «спирт» не має нічого спільного з безпекою?

— Саме так, — сказав хімік. — Науковець чує в цьому слові не обіцянку користі, а попередження. Іноді один атом Карбону в складі робить з антисептика отруту. Тому краще не довіряти знайомим словам, а розуміти їх зміст.

Журналістка зітхнула й закрила блокнот.

— Доведеться змінити заголовок. Мабуть, буде так: *«Спирти: знайомі слова — небезпечна хімія»*.

- 265.** Створіть постер або інфографіку «Метанол і етанол» із простими поясненнями: які на вигляд ці речовини (зауважте, що їх майже неможливо розрізнити за виглядом і запахом); як відрізняються за густиною та температурною кипіння; чим небезпечні та як їх маркують.

- 266.** Прочитайте фрагмент новини про отруєння підробленим алкоголем. За цим фрагментом назвіть симптоми, характерні для отруєння метанолом. Як ви вважаєте, чому для виготовлення підробок часто використовують саме метанол? Запропонуйте заходи для запобігання таким ситуаціям.

Трагедія через підроблений алкоголь: десятки постраждалих

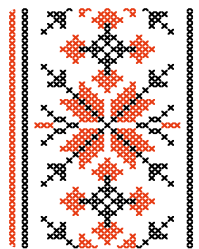
Увага! Зафіксовані масові отруєння після вживання нелегального алкоголю! За попередніми даними, рідина, яку продавали під виглядом горілки, містила високу концентрацію токсичного спирту — метанолу.

Лікарі повідомляють, що перші симптоми з'являлися через кілька годин після вживання: різке погіршення зору, запаморочення, нудота, судороги. Декого в тяжкому стані госпіталізовано в реанімацію.

Поліція з'ясовує джерело походження сурогату. Фахівці закликають громадян не купувати алкогольні напої в невідомих продавців і пам'ятати: навіть невелика кількість метанолу є смертельно небезпечною.

267. В українській культурі пияцтво засуджується. Прокоментуйте українські народні вислови.

- Горілку полюбив — родину розорив.
- Що у тверезого на думці, те в п'яного на язиці.
- П'яному море по коліна, а калюжа — по вуха.
- П'яний храбриться, а як проспиться, то й свині боїться.
- Де чарка, там і сварка.



268. Адріан Брауер (1605–1638) — фламандський живописець із бідної родини. У своїх картинах він відображав життя простих селян. Утім деякі персонажі не викликають ані співчуття, ані поваги. Це — п'яниці, які марнують власне життя в шинках. Ви бачите обличчя людей, психіка яких зазнала руйнівної дії алкоголю.

У додаткових джерелах знайдіть інформацію та схарактеризуйте соціальні наслідки надмірного вживання алкогольних напоїв. Проілюструйте її прикладами з творів мистецтва (літератури, кінофільмів тощо).



269. За додатковими джерелами дослідіть, як змінювалося ставлення суспільства до вживання спиртів упродовж історії людства. Як хіміки й медики вплинули на це ставлення? Зробіть висновок про значення наукової інформації у формуванні культури споживання алкоголю.



Ключова ідея

Спирти, зокрема етиловий спирт, виявляють дуже сильну наркотичну й токсичну дію на організм людини й спричиняють ураження багатьох органів і систем, а іноді — й смерть. Особливо небезпечний алкоголь у підлітковому віці.

§ 23. ГЛІЦЕРОЛ



rnk.com.ua/
114412



Коли я чую слово «спирт», одразу уявляю щось пекуче, їдке й отруйне. А тут — гліцерол, про який часто можна прочитати на етикетках. Теж спирт, але його додають у креми для рук, зубні пасти й навіть у сиропи від кашлю як підсолоджувач. Чому так?

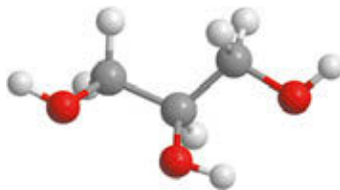
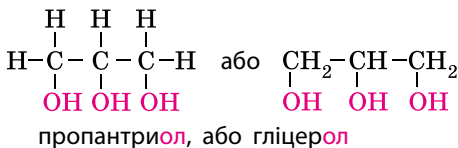
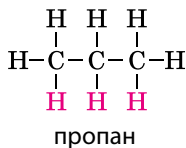


Пригадайте

Чим відрізняються одно- та багатоатомні спирти?

23.1 Формула гліцеролу

У природі існують спирти, молекули яких містять більше однієї гідроксильної групи $-OH$. У їх назвах наявність груп $-OH$ також позначають суфіксом *-ол-*, але частіше для них використовують традиційні назви. Найпоширеніший у природі багатоатомний спирт — гліцерол (або гліцерин). Це — найпростіший триатомний спирт, молекули якого містять три гідроксильні групи. За хімічною номенклатурою його називають пропантриол:



Зверніть увагу, що в молекулі гліцеролу гідроксильні групи сполучені з різними атомами Карбону. Дві гідроксильні групи не можуть сполучатися з одним атомом Карбону — такі речовини нестабільні й розкладаються під час утворення.

Молекулярна формула гліцеролу — $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$, але її зазвичай не використовують, оскільки вона не відображає хімічної сутності речовини. Іноді молекулярну формулу гліцеролу записують так: $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$.

23.2 Фізичні властивості гліцеролу



Гліцерол:

- безбарвна сиропоподібна, дуже в'язка рідина (з-поміж усіх відомих рідин у гліцеролу в'язкість найбільша);
- дуже гігроскопічний (поглинає водяну пару з повітря);
- необмежено розчиняється у воді;
- $t_{\text{пл.}} = 18,2\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{кип.}} = 290\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- густина 1,26 г/мл;
- солодкий на смак, за що й отримав свою назву (від грец. *glykos* — солодкий);
- не отруйний.

Подібно до одноатомних спиртів, молекули гліцеролу також утворюють водневі зв'язки, але кожна молекула гліцеролу здатна утворити по дев'ять таких зв'язків, що позначається на його фізичних властивостях: надзвичайна в'язкість, необмежена розчинність. Температура кипіння гліцеролу така висока, що дістає межі можливості існування органічних сполук: за такої температури органічні речовини розкладаються, і гліцерол — не виняток: під час сильного нагрівання він починає диміти й виділяти отруйні продукти розкладання.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Складіть план експерименту щодо того, як стікають по склу краплі води та гліцеролу за однакових умов. Порівняйте ці явища. Запропонуйте пояснення спостережень на основі міжмолекулярних взаємодій.



rnk.com.ua/
113543

Олександр Павлович Ельтеков

(1846–1894)

Український хімік-органік, досліджував властивості спиртів





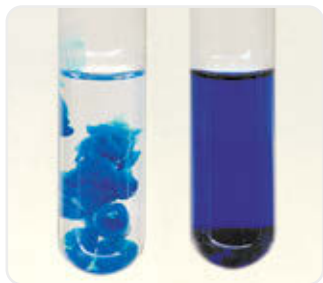
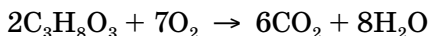
Мал. 23.1. Гліцерол горить ясним полум'ям



Мал. 23.2. Прозорі свічки, основним компонентом яких є гліцерол

23.3 Хімічні властивості гліцеролу

1. Горіння. Як і більшість органічних речовин, гліцерол горить у повітрі (мал. 23.1). Через велику кількість водневих зв'язків між молекулами гліцерол нелеткий, тож для горіння рідина має спочатку випаритися. Тому гліцерол горить після підігріву:



Мал. 23.3. Свіжоосаджений купрум(2+) гідроксид (ліворуч) і після додавання гліцеролу (праворуч)

У разі нагрівання вище 300 °С гліцерол спалахує. Здатність гліцеролу горіти використовують для виготовлення прозорих свічок (мал. 23.2).

2. Якісна реакція на гліцерол. Відрізнити гліцерол, як і інші багатоатомні спирти від одноатомних, можна якісною реакцією — взаємодією зі свіжоосадженим (щойно одержаним) купрум(2+) гідроксидом. Атоми Купруму заміщають атоми Гідрогену в гідроксильних групах. Унаслідок додавання до синього осаду купрум(2+) гідроксиду розчину гліцеролу утворюється прозорий темно-синій розчин сполуки Купруму з гліцеролом (мал. 23.3).

Спрощено утворення такої сполуки можна записати так:



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть якісну реакцію на багатоатомні спирти. Для роботи знадобляться: штатив із пробірками, пробіркотримач, пальник, розчини купрум(2+) сульфату CuSO_4 , натрій гідроксиду NaOH (або калій гідроксиду KOH), гліцеролу ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$).

Для одержання купрум(2+) гідроксиду налейте в пробірку надлишок розчину лугу об'ємом 1–2 мл й додайте кілька крапель розчину купрум(2+) сульфату.

До утвореного осаду додавайте краплинами розчин гліцеролу до зникнення осаду купрум(2+) гідроксиду. Перемішайте суміш. Що відбувається? У який колір забарвлюється розчин?

Отриманий розчин обережно нагрійте в полум'ї пальника. Що відбувається? Сформулюйте ознаку якісної реакції на гліцерол.

rnk.com.ua/
113544



Відеодослід «Взаємодія гліцеролу з купрум(2+) гідроксидом»

23.4 Застосування гліцеролу

Застосування гліцеролу ґрунтується насамперед на його гігроскопічності: він пом'якшує шкіру, що використовують у шкіряному виробництві та для виготовлення косметичних засобів. Гліцерол додають до кондитерських виробів, щоб вони довше не черствіли, та до газованих напоїв як підсолоджувач. Через в'язкість і низьку температуру плавлення гліцерол використовують для виготовлення гальмівних рідин і антифризів. Із гліцеролу одержують тринітрогліцерол, який є основою вибухівки та препарату для лікування серцево-судинних захворювань.



Виготовлення прозорих свічок



Одержання динаміту



У шкіряному виробництві



Виготовлення кремів і мазей



У кондитерських виробках (харчова добавка E422)



Кріоконсервування живих тканин



Препарат для лікування серцевих захворювань



Виготовлення гальмівних рідин і антифризів

Мал. 23.4. Застосування гліцеролу



Дізнайтеся більше

Під час вивчення властивостей щойно відкритого гліцеролу Карл Шеєле вирішив подіяти на нього концентрованою сульфатною кислотою. Під час реакції кімнатою поширився різкий запах, від якого в науковця сталася рясна сльозотеча. Так було отримано акролеїн (у перекладі з грецької «гостра олія»).

Робота з інформацією

270. За якою ознакою сполуки належать до багатоатомних спиртів?



271. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про склад і галузі застосування антифризів. На яких властивостях гліцеролу ґрунтується його використання в таких сумішах?

272. Порівняйте етанол, метанол і гліцерол, склавши таблицю, у якій зазначте: молекулярну формулу, число груп $-OH$, запах, токсичність і приклади використання.



273. Знайдіть приклади застосування гліцеролу в медицині або фармації. На одному з прикладів поясніть, чому гліцерол придатний для такого використання (в'язкість, гігроскопічність, нетоксичність тощо). Створіть інформаційну картку, у якій зазначте: назву препарату / засобу, форму застосування, значення гліцеролу в ньому.



274. Знайдіть кілька прикладів харчових продуктів або добавок, у яких міститься гліцерол (позначений E422). Схарактеризуйте його значення в складі продукту (зволожувач, розчинник, підсолоджувач тощо). Висловіть думку про доцільність використання гліцеролу в харчовій промисловості.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

275. Поясніть вплив водневих зв'язків на подібність і відмінність фізичних властивостей гліцеролу й етанолу.

276. Доведіть, що гліцерол — насичена сполука.

277. Порівняйте об'єми кисню, необхідні для спалювання етанолу й гліцеролу масою по 1 г. У якому разі кисню витратиться більше?

- 278.** Після нанесення гліцеринових кремів шкіра інколи здається трохи липкою. Поясніть це явище з погляду гігроскопічності гліцеролу й утворення ним водневих зв'язків.
- 279.** Косметичні препарати для зволоження шкіри на основі гліцеролу рекомендують застосовувати за вологості повітря понад 65 %, оскільки за меншої вологості такі препарати, навпаки, висушують шкіру. Поясніть цей факт.
- 280.** Багато сиропів від кашлю містять гліцерол. Поясніть, як його в'язкість і гігроскопічність впливають на відчуття зволоження й «обволікання».
- 281.** У випічці гліцерол утримує вологу й сповільнює черствіння. Поясніть механізм утримання води гліцеролом і вплив на текстуру продуктів.
- 282.** Іноді можна почути, що мило з умістом гліцеролу «м'якше» для шкіри. Як ви вважаєте, чи впливає наявність гліцеролу в складі мила на збереження вологості шкіри після миття?
- 283.** Для приготування зволожувального розчину рекомендують змішати одну чайну ложку гліцеролу з трьома столовими ложками води. Обчисліть масову частку гліцеролу в такому розчині, якщо в чайну ложку вміщується приблизно 5 мл рідини, у столову — 15 мл. Інші необхідні дані знайдіть у тексті параграфа.



Ключова ідея

Збільшення числа гідроксильних груп у молекулі добре ілюструє закон переходу кількісних змін у якісні. Наприклад, гліцерол і етанол подібні за властивостями, а відмінності зумовлені числом гідроксильних груп у їх молекулах.

§ 24. КАРБОНОВІ КИСЛОТИ. ЕТАНОВА КИСЛОТА



rnk.com.ua/
114413



Етанова кислота — це оцет? Справді? Ми ж ним салат поливаємо, маринуємо овочі, навіть чистимо накип у чайнику. Та й інші кислоти можна знайти не лише на кухні, а й у живих організмах, у природі, у промисловості. І що саме робить їх кислотами?

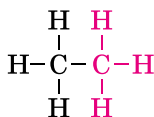
24.1 Поняття про карбонові кислоти

Більшість органічних кислот становлять клас карбонових кислот.

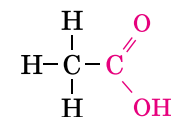


Карбовими кислотами називають похідні вуглеводнів, у молекулах яких міститься карбоксильна група $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$, або $-\text{COOH}$.

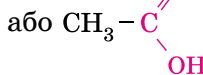
Карбоксильна група наявна в молекулах усіх карбонових кислот. Належність сполуки до карбонових кислот у назві позначають закінченням *-ова кислота*, наприклад:



етан



етан**ова** кислота



Молекулярна формула етанової кислоти CH_3-COOH . У молекулі цієї кислоти містяться два атоми Карбону, отже, назва кислоти походить від назви етану: етанова кислота. За таким принципом можна скласти формули майже будь-якої карбонової кислоти. Більшість карбонових кислот мають традиційні назви, до прикладу, назва етанової кислоти — оцтова.

rnk.com.ua/
113909



Відео «Створення моделей молекул карбонових кислот»

24.2 Фізичні властивості етанової кислоти



Етанова (оцтова) кислота:

- безбарвна летка рідина з характерним різким запахом;
- гігроскопічна, необмежено розчинна у воді;
- трохи важча за воду (густина 1,05 г/мл);
- чисту (безводну) етанову кислоту називають крижаною, тому що у твердому стані вона нагадує лід (мал. 24.1), а температура її плавлення 16,8 °С;
- температура кипіння 118 °С.

Як і спирти, молекули етанової кислоти утворюють водневі зв'язки між молекулами кислоти, а також із молекулами води, що позначається на фізичних властивостях кислоти.

Із чистою етановою кислотою слід поводитися обережно. Вона дуже летка, а її випари подразнюють слизові оболонки дихальних шляхів і спричиняють задуху. Не лише чиста кислота, а і її концентрований розчин (оцтова есенція, $w = 70\%$) спричиняє значні хімічні опіки шкіри.



Мал. 24.1. Крижана етанова кислота

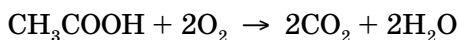
24.3 Хімічні властивості етанової кислоти



Пригадайте

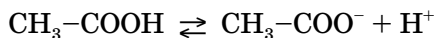
Кислоти в розчині дисоціюють з утворенням катіонів Гідрогену.

1. Горіння. Чиста етанова кислота є легкозаймистою рідиною та дуже легко спалахує. Вона горить ледь помітним блакитним полум'ям з утворенням вуглекислого газу й води:



Розбавлені розчини етанової кислоти (столовий оцет) не горять.

2. Електролітична дисоціація. Етанова кислота виявляє кислотні властивості й у водному розчині дисоціює з утворенням катіона Гідрогену, змінюючи забарвлення індикаторів, як неорганічні кислоти:



3. Кислотні властивості. Усі карбонові кислоти слабкі, їх електролітична дисоціація є оборотною. У розчині об'ємом 1 л, що містить 0,1 моль етанової кислоти, на йони дисоціює лише 1,8 % молекул. Тому етанова кислота виявляє всі відомі вам загальні властивості слабких кислот: реагує з активними металами, основними оксидами, лугами й солями слабкіших кислот:

- з металами: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Zn} \rightarrow \text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\uparrow$
- з основними оксидами: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{MgO} \rightarrow \text{Mg}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{H}_2\text{O}$
- з основами: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$
- із солями: $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

Зверніть увагу, що формули солей етанової кислоти з однозарядними катіонами записують трохи незвично: символ катіона записують замість символу Гідрогену, який він замінив (CH_3COONa , CH_3COOK , CH_3COOLi). Солі етанової кислоти називають *етаноатами*, або *ацетатами*: CH_3COONa — натрій етаноат (натрій ацетат).

24.4 Поширеність органічних кислот

Карбонові кислоти дуже поширені в природі. Назви деяких кислот вказують на ті продукти, з яких вони були вперше виділені (мал. 24.2).



Яблучна кислота (яблука, горобина, малина тощо)



Щавлева кислота (щавель, помідори, ревень тощо)



Лимонна кислота (цитрусові, хвоя, китайський лимонник)



Мурашина кислота (залози мурах і бджіл, кропива, хвоя)



Молочна кислота (кисломолочні продукти, накопичується в м'язах)



Винна кислота (виноградний сік, вино, кислий сік фруктів)

Мал. 24.2. Найвідоміші карбонові кислоти

24.5 Застосування етанової кислоти



Поміркуйте

Зважаючи на фізичні й хімічні властивості етанової кислоти, спрогнозуйте галузі її застосування.

Етанова кислота — найвідоміша з органічних кислот. Її запах знайомий кожному й кожній, хто хоч раз використовував столовий оцет (6%-й або 9%-й водний розчин оцтової кислоти). Концентрований розчин етанової кислоти (70–80 %) називають оцтовою есенцією.

Етанова кислота утворюється під час скисання вина, яблучного й іншого соків (мал. 24.3). Етанову кислоту широко застосовують у різних галузях промисловості та в побуті (мал. 24.4).



Мал. 24.3. Виготовлення яблучного оцту бродінням



Виготовлення кіноплівки



Виробництво ацетатного волокна



Виготовлення фруктових есенцій



Виробництво барвників для тканин



Виготовлення засобів боротьби з комахами



Синтез лікарських препаратів



Видалення вапняного накипу



Консервування продуктів (харчова добавка E260)

Мал. 24.4. Застосування етанової кислоти



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Запропонуйте план експерименту з виявлення органічних кислот у харчових продуктах. Дослідіть доступні зразки продуктів на вміст кислот. Висловіть гіпотезу щодо того, які саме кислоти містяться в досліджених продуктах.

rnk.com.ua/
113572



Відеодослід «Виявлення органічних кислот у харчових продуктах»



Дізнайтеся більше

Традиційна назва етину — ацетилен — походить від латинського слова *acetum* — «оцет», оскільки у дві стадії з ацетилену можна одержати оцтову кислоту. Від назви цієї кислоти також походить назва ацетону, який із неї раніше одержували.

Робота з інформацією

284. Порівняйте хімічні властивості етанової та хлоридної кислот, склавши для них діаграму Венна.
285. Схарактеризуйте поширеність карбонових кислот у природі.
286. Латиною *formica* означає «мураха», а грецькою *oksos* — «кислота» або «кислий». Поясніть походження традиційних назв метанової та етанової кислот і їх солей.
287. Назвіть сфери застосування етанової кислоти. Для кожного прикладу поясніть, на яких властивостях ґрунтується її застосування.
288. Знайдіть на етикетці харчового оцту: масову частку етанової кислоти, походження (синтетичний / натуральний), наявність Е-коду (E260), дату придатності. Зробіть висновок: чим відрізняються 6 % -й і 9 % -й оцет для використання на кухні? Які попереджувальні піктограми мають бути на етикетці есенції (70–80 %) ?
289. Проаналізуйте твердження та визначте їх правдивість. Відповідь обґрунтуйте інформацією з додаткових джерел.
 - Увесь оцет є синтетичним.
 - Етанова кислота — це токсин із кодом E260, тому її не можна вживати з їжею.
 - Оцет підвищує рН шлунка.
290. У додаткових джерелах знайдіть три лайфхаки з використанням оцту: для прибирання, догляду за одягом, лікувальні поради тощо. Для кожної поради перевірте її наукове підґрунтя, оцініть ризики використання та сформулюйте вердикт «працює / обережно / міф».

291. Порівняйте два тексти. Визначте правила безпечного застосування оцтової кислоти.

Видалення накипу оцтом

Накип — це переважно карбонати Кальцію та Магнію. Оцет (розчин CH_3COOH) реагує з ними, утворюючи розчинні солі.

Для видалення накипу змішайте столовий оцет із водою у співвідношенні 1:1 (для 9%-го оцту) або використовуйте 6%-й без розбавлення.

У чайник або кавоварку залийте розчин оцту до рівня накипу, трохи прогрійте (без кип'ятіння!), залиште на 15–30 хвилин, потім злийте. Добре прополощіть 2–3 рази чистою водою. Для пральної машини зробіть цикл із чистою водою. За потреби повторіть.

Де доцільно застосувати: скляні чайники, вироби з нержавійки, кераміки, душові лійки, крани (замочити знімні частини).

Увага!

- Не застосовуйте на натуральному камені (мармур, вапняк), цементних швах, чавуні з покриттям, деяких алюмінієвих деталях — кислота може пошкодити поверхню.
- Не змішуйте з вибілювачами / хлоровмісними засобами.
- Працюйте в провітрюваному місці, використовуйте рукавички.
- Після обробки металевих поверхонь сполосніть і витріть їх насухо.
- Порада: для кранів і ліжок зручно надіти пакет із розчином оцту й зафіксувати його гумкою — накип видалиться без розбирання.

Оцтова кислота: ризики для металів і кам'яних поверхонь

Метали. Наявність кислот прискорює корозію сталі та чавуну, на них з'являються іржаві плями. Алюміній і цинк активно реагують із кислотами — можливе «травлення» (матування, утворення ямок). Мідь / латунь тьмяніють, утворюючи темні оксиди й солі. Нержавійка стійкіша, але за тривалого контакту чи нагрівання з'являються плями через пошкодження поверхневої оксидної плівки.

Камінь і мінеральні матеріали. Мармур, вапняк, бетон, цементні шви містять карбонати. Оцет їх розчиняє, з'являються «вибілені» матові плями й шорсткість. Граніт і кераміка стійкіші, але їх теж не варто довго обробляти кислотою через ризик пошкодити полірування та шви.

Як мінімізувати ризики? Не застосовуйте оцет на натуральному карбонатному камені, бетоні, цементних швах, «м'яких» металах (Al, Zn). Якщо чистите метал, використовуйте розбавлені розчини, дійте швидко, потім ретельно промийте водою та висушіть. Але спершу зробіть пробу на непомітній ділянці. Для кам'яних поверхонь використовуйте рН-нейтральні засоби або спеціальні очисники для каменю.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 292.** Опишіть характерні ознаки карбонових кислот. За аналогією з етановою кислотою складіть структурні формули кислот, які походять від метану й пропану.
- 293.** Доведіть, що етанова кислота є насиченою сполукою.
- 294.** Складіть схему утворення водневих зв'язків між: а) двома молекулами етанової кислоти; б) молекулою етанової кислоти та молекулами води. Поясніть вплив водневого зв'язку на фізичні властивості етанової кислоти.
- 295.** Як відрізнити розчин оцтової кислоти від: а) розчину етанолу; б) хлоридної кислоти?
- 296.** Для видалення плям іржі з одягу їх можна обробити розчином етанової кислоти. Запишіть молекулярне та йонно-молекулярне рівняння цієї реакції (іржу можна описати формулою ферум(3+) гідроксиду).
- 297.** Для маринування огірків вам потрібно 750 мл столового оцту (масова частка кислоти 6 %, густина розчину дорівнює густині води), але у вас є лише оцтова есенція (масова частка кислоти 70 %). Обчисліть масу оцтової есенції та об'єм води, яку до неї необхідно додати, для приготування потрібного вам об'єму оцту.
- 298.** Ферум(2+) етаноатом обробляють залізні поверхні для запобігання корозії. Одержати його можна реакцією металу з кислотою. Обчисліть масу заліза, необхідного для одержання цієї солі масою 26,1 г.
- 299.** Кальцій карбонат — основний компонент накипу в чайнику. Для очищення чайника від накипу його залили столовим оцтом. Після завершення хімічної реакції виділився газ об'ємом 336 мл. Обчисліть масу накипу, що була в чайнику.
- 300.** Взаємодія соди з оцтом — один із процесів, необхідних для випікання тістечок (гасіння соди). Обчисліть масу столового оцту (масова частка кислоти 6 %), необхідного для взаємодії з натрій гідрокарбонатом (NaHCO_3) масою 5 г.



Ключова ідея

Карбонові кислоти виявляють усі загальні властивості неорганічних кислот, але в хімічних реакціях поведуться, як слабкі кислоти.

«Властивості етанової кислоти»

Завдання для дослідження

Пригадайте характерні властивості неорганічних і карбонових кислот. Порівняйте властивості хлоридної кислоти та розчину етанової кислоти. Зробіть висновки щодо подібності властивостей органічних і неорганічних кислот.

Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками, пробіркотримач, шпатель, піпетки.

Реактиви: порошок магнію, гранули цинку, магній оксид (або інший основний оксид), натрій карбонат (кристалічний або його розчин), хлоридна кислота, розчини етанової кислоти, лугу (наприклад, NaOH), індикатору (або індикаторний папір).

Визначаємо небезпеки та оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами й обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Складіть план дослідження.
3. Виконайте експеримент відповідно до складеного плану.
4. Результати оформте у вигляді таблиці, запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння відповідних хімічних реакцій.
5. За результатами дослідження зробіть висновки.

Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. У який спосіб можна виявити етанову кислоту?
2. Які властивості етанової кислоти характеризують подібність властивостей органічних і неорганічних кислот?
3. Чи можна за результатами дослідження зробити висновок щодо сили етанової та хлоридної кислот?

§ 25. ВИЩІ КАРБОНОВІ КИСЛОТИ. МИЛО



rnk.com.ua/
114414



Я думала, що кислоти — це ті, що все роз'їдають. А виявляється, що й у милі є кислоти. Тобто я щодня мию руки... кислотами? І чому тоді вони піняться, а не дірки в умивальнику роблять?

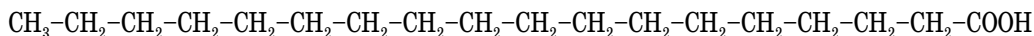
25.1 Вищі карбонові кислоти

Вищими карбоновими кислотами (скорочено **ВКК**) називають карбонові кислоти, у молекулах яких міститься від 12 до 22 атомів Карбону.

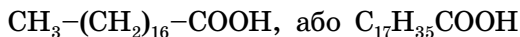
Як і вуглеводні, вищі карбонові кислоти можуть бути насиченими (усі зв'язки С-С одинарні) й ненасиченими (наявні подвійні зв'язки С=C).

Із-поміж *насичених вищих карбонових кислот* найчастіше трапляються стеаринова й пальмітинова кислоти.

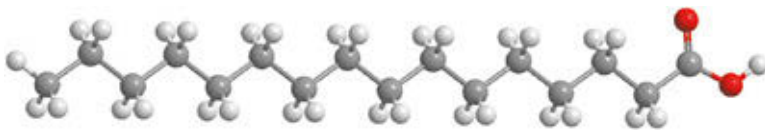
- **Стеаринова кислота:**



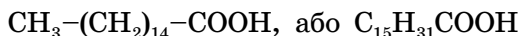
Оскільки у формулі багато разів повторюється група CH_2 , то формулу стеаринової кислоти можна скоротити так:



- **Пальмітинова кислота:**



У її молекулах на два атоми Карбону менше, ніж у стеаринової:

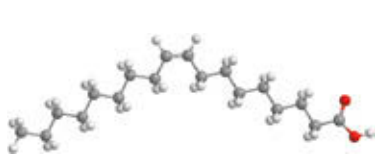


Стеаринова та пальмітинова кислоти — тверді білі воскоподібні речовини без запаху, жирні на дотик, нерозчинні у воді, але добре розчинні в органічних розчинниках, легкоплавкі (у стеариновій кислоті $t_{\text{пл.}} = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, у пальмітиновій $t_{\text{пл.}} = 63\text{ }^{\circ}\text{C}$).

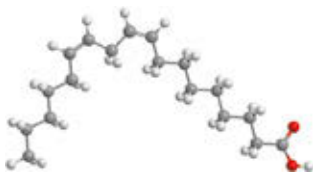
Їх використовують для виготовлення свічок, мастил, косметичних засобів і різних сортів мила.

Ненасичених вищих карбонових кислот існує набагато більше, ніж насичених. Із-поміж них найпоширенішими є:

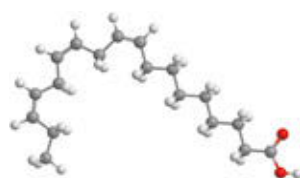
- олеїнова: $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, або $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
- лінолева: $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$, або $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$
- ліноленова: $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$, або $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$



Олеїнова



Лінолева



Ліноленова

Ненасичені вищі карбонові кислоти — безбарвні або світло-жовті олієподібні рідини без запаху, нерозчинні у воді, але добре розчинні в багатьох органічних розчинниках. Їх застосування в техніці принципово не відрізняється від насичених кислот, але вони набагато цінніші для людини як поживні речовини в складі жирів, про що ви дізнаєтеся в наступному параграфі.

[rnk.com.ua/
113926](http://rnk.com.ua/113926)



Відео «Створення моделей молекул вищих карбонових кислот»

25.2 Мило



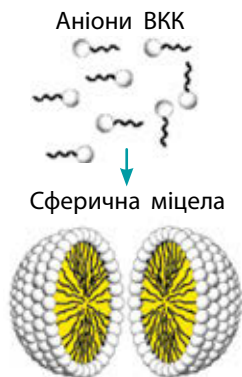
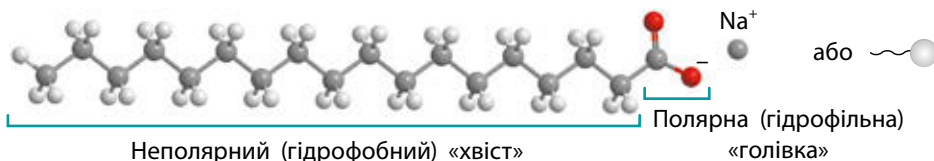
Пригадайте

Пригадайте значення термінів «гідрофільний» і «гідрофобний».

Вищі карбонові кислоти у воді не розчиняються, проте їх солі з лужними елементами добре розчинні у воді. До того ж ці солі виявляють мийну дію.

Мийна дія солей ВКК зумовлена тим, що:

- солі мають йонну будову, а йонні сполуки краще розчиняються у воді, ніж молекулярні;
- в аніонів ВКК можна виділити сильнополярну «голівку» та неполярний «хвіст» (карбоновий ланцюг):



Мал. 25.1. Утворення міцел аніонами ВКК в розчині

Полярна частина аніона гідрофільна, тобто «прагне» до водного оточення. Вуглеводневий ланцюг, навпаки, є гідрофобною частиною, тобто намагається «втєкти» з водного оточення. Через це у водному розчині солі ВКК утворюють специфічні частинки — *міцели*: аніони ВКК орієнтуються так, щоб гідрофобні хвости були спрямовані всередину частинки, а гідрофільні «головки» — назовні, тобто до води (мал. 25.1).

Через утворення міцел солі ВКК мають досить велику розчинність у воді й виявляють мийну дію. Такі речовини називають *поверхнево-активними речовинами* (скорочено ПАР).

Поверхнево-активними є всі солі ВКК із йонами лужних елементів, зокрема, натрій стеарат $C_{17}H_{35}COONa$, калій пальмітат $C_{15}H_{31}COOK$ тощо.



Солі ВКК використовують для виготовлення мила. Звичайне господарське мило на 72 % складається із солей ВКК, усе інше в складі мила — це вода, залишки натрій гідроксиду й натрій карбонату (які використовують для одержання солей ВКК) й інші домішки.

Для виготовлення туалетного мила із солей ВКК видаляють небажані домішки та додають барвники, ароматизатори й інші речовини для поліпшення товарного вигляду.





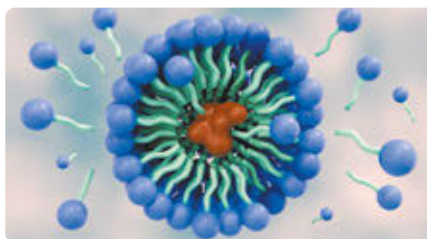
Солі Натрію є основою
твердого мила, а солі
Калію — рідкого.



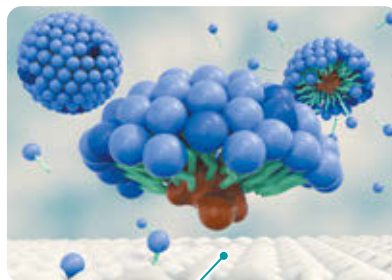
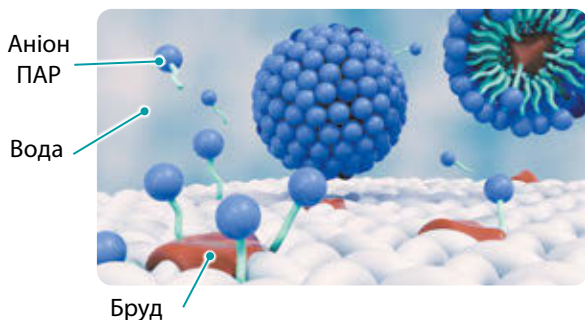
25.3 Мийна дія мила

Поверхнево-активні речовини виявляють мийну дію через можливість утворення міцел. Краплини жиру й інші часточки бруду є гідрофобними: якщо вони перебувають поблизу міцел, то «ховаються» від води всередині міцел і в такому вигляді плавають у воді. У такий спосіб жир стає «розчинним» у воді (мал. 25.3).

Якщо бруд прилип до якоїсь поверхні, дія ПАР буде такою самою: частинки ПАР оточують бруд, відривають його від поверхні й оточують з усіх боків, у результаті чого частинки бруду стають водорозчинними. Якщо промити поверхню водою, то бруд змиється з милом і поверхня буде чистою (мал. 25.4).



Мал. 25.3. Міцела ПАР із гідрофобною речовиною (брудом) усередині



Мал. 25.4. Мийна дія поверхнево-активних речовин

25.4 Мило та якість води



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть мийну дію мила в різних водах.

У три склянки до половини висоти налейте воду: у першу — водопровідну, у другу — дистильовану, у третю — дистильовану з додаванням кальцій хлориду. У кожній склянці розчиніть по 0,5 г твердого мила, після чого ретельно струсіть уміст кожної склянки. За якою ознакою можна зробити висновок щодо мийної дії мила?

У мила є один суттєвий недолік: ефективність його застосування залежить від жорсткості води. Водопровідна вода в більшості регіонів України є *жорсткою*, тобто містить у значній концентрації йони Кальцію Ca^{2+} і Магнію Mg^{2+} , з якими аніони ВКК утворюють осад. Тому під час використання мила в жорсткій воді вона стає каламутною (мал. 25.5А). У деяких регіонах України вода *м'яка*, тобто містить незначну кількість йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} і не заважає використанню мила (мал. 25.5Б). Хоча в такій воді є інший недолік: якщо ви намилили руки, то змити з них мило дуже складно, довго відчувається милкість.

Під час використання мила в жорсткій воді в посудині утворюється непривабливий на вигляд осад, і багато хто вважає, що це відмитий бруд (мал. 25.6). Звісно, що цей осад не додає чистоти, але і брудом він не є, — це нерозчинні солі ВКК. Під час прання в жорсткій воді нерозчинні у воді солі осідають на волокнах тканин. Тому після прання такі тканини на дотик жорсткіші, ніж до прання. Через це й воду почали називати жорсткою.



А

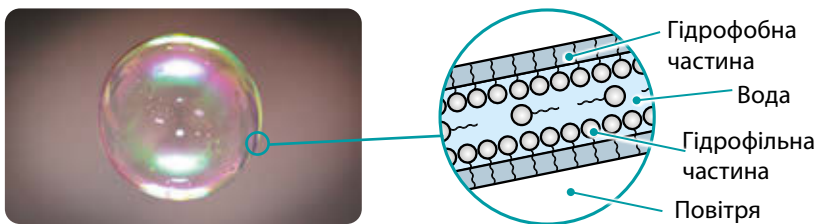


Б

Мал. 25.5. Розчин мила: А — каламутний у жорсткій воді; Б — прозорий у м'якій воді



Мал. 25.6. Утворення осаду під час використання мила в жорсткій воді



Мал. 25.7. Плівка мильної бульбашки складається з тонкого шару води між двома шарами молекул ПАР

Мильні бульбашки також утворюються завдяки ПАР, їх певною мірою можна назвати велетенськими міцелами. Мильна бульбашка — це тоненька плівка води, на поверхні якої щільно один до одного розташовані аніони ПАР, спрямовані гідрофобною частиною в бік повітря (мал. 25.7). Вода всередині плівки досить швидко стікає в нижню частину бульбашки, унаслідок чого плівка тоншає та згодом лопається.



Досліджуємо, моделюємо, проектуємо

Порівняйте мийну дію мила й інших мийних засобів. Для цього повторіть дослід, описаний на с. 196, але замість твердого мила використовуйте рідкий засіб для миття або пральний порошок. Чи впливає якість води на мийну дію цих засобів?



Досліджуємо, моделюємо, проектуємо

Брусок твердого мила зважте й розчиніть у достатній кількості води. Якщо утворився осад через жорстку воду, видаліть його фільтруванням. Із цього розчину треба осадити вищі карбонові кислоти. Для цього додавайте до розчину мила столовий оцет (обчисліть самостійно об'єм оцту за умови, що мило складається лише з натрій стеарату). Утворений осад відфільтруйте та висушіть. Ви одержали стеаринову кислоту. Із неї можна виготовити свічку, додавши гніт і сформувавши циліндр (для еластичності матеріал можна трохи підігріти гарячою водою).

Робота з інформацією

- 301.** Грецькою *hydro* означає «вода», *philia* — «любов», *phobos* — «жах, страх». Поясніть значення термінів «гідрофільний» і «гідрофобний».
- 302.** Які речовини є милом? Чим вони відрізняються від ВКК?
- 303.** З етикетки твердого або рідкого мила / засобу для прання випишіть 5–7 інгредієнтів. З'ясуйте, які з них є солями вищих карбонових кислот / ПАР і яку функцію вони виконують.

- 304.** Поясніть, чому ВКК нерозчинні у воді, а їх солі — розчинні.
- 305.** Проаналізуйте три рекламні слогани щодо мила або мийних засобів, на кшталт «100 % натуральне», «Без хімії», «Гіпоалергенне». Перевірте, що саме стоїть за цими словами. Сформулюйте обґрунтований вердикт: «коректно / частково / маніпуляція».
- 306.** Підготуйте коротку доповідь про вплив мийних засобів на довкілля. Сформулюйте для однокласників / однокласниць три поради, на що слід дивитися на етикетках, аби зменшити забруднення довкілля мийними засобами.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 307.** Поясніть, чому аніонам ПАВ «вигідно» утворювати міцели у водних розчинах.
- 308.** Порівняйте будову мильної бульбашки з будовою клітинної мембрани, склавши діаграму Венна.
- 309.** Як, на вашу думку, впливає насиченість органічних сполук на їх температуру плавлення? Проілюструйте це на прикладі вищих карбонових кислот, описаних у параграфі.
- 310.** Позначивши атом Карбону в складі карбоксильної групи молекули олеїнової кислоти номером один, пронумеруйте атоми Карбону всього ланцюга за порядком. Між якими (за номером) атомами Карбону утворений подвійний зв'язок у цій молекулі? Виконайте це для інших ненасичених вищих карбонових кислот, описаних у параграфі.
- 311.** Чи можуть частинки бруду бути гідрофільними? Відповідь поясніть.
- 312.** Солі вищих карбонових кислот із лужними хімічними елементами розчинні у воді, а з йонами Кальцію або Магнію — нерозчинні. Запишіть молекулярне та йонно-молекулярне рівняння реакції калій стеарату з кальцій хлоридом.



Ключова ідея

Наявність у частинки великого гідрофобного фрагмента та невеликого гідрофільного фрагмента зумовлює можливість виявлення речовинами поверхневої активності та мийної дії.

§ 26. ЖИРИ



rnk.com.ua/
114415

У магазині на етикетках бачимо: «без *транс*-жирів», «омега-3», «рафінована олія», «насичені жири». Звучить важливо, але що це реально означає? Чому одні жири тверді, а інші — рідкі?

26.1 Поняття про жири, склад жирів



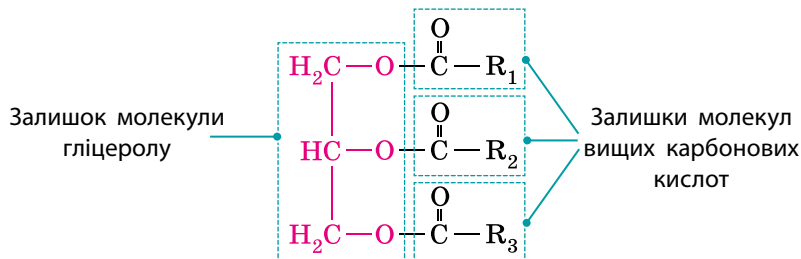
Поміркуйте

Що в побуті ви називаєте жиром? Чи завжди це стосується їжі?



Жири — це органічні сполуки, молекули яких складаються із залишків молекул триатомного спирту гліцеролу та вищих карбонових кислот.

Загальну формулу жирів можна записати так:



де R_1 , R_2 , R_3 — вуглеводневі ланцюги в складі молекул вищих карбонових кислот. Залежно від жиру, вони можуть бути однаковими або різними. Наприклад, тристеарат — жир, молекули якого складаються із залишку молекули гліцеролу й залишків трьох молекул стеаринової кислоти $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$. У стеаринової кислоти вуглеводневий



rnk.com.ua/
113545

Мішель Ежен Шеврель

(1786–1889)

Французький хімік,
установив склад
жирів нагріванням їх
із розчином лугу



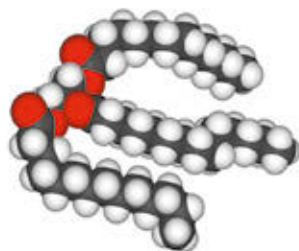
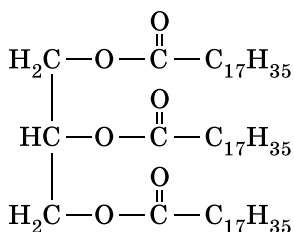
rnk.com.ua/
113546

П'єр Ежен Марселен Бертло

(1827–1907)

Французький хімік,
установив склад
жирів, синтезувавши їх
із гліцеролу та ВКК

ланцюг — це група атомів $C_{17}H_{35}$. Отже,
у формулі тристеарату $R_1 = R_2 = R_3 = C_{17}H_{35}$:



Для розрахунків і полегшення запису
рівнянь реакцій можна скласти молекуляр-
ну формулу жиру, у якій бажано окремо
виділяти формулу залишку гліцеролу й за-
лишків ВКК. Наведений тристеарат мати-
ме молекулярну формулу $C_3H_5O_3(C_{17}H_{35}CO)_3$,
або $C_{57}H_{110}O_6$.

Склад жирів установили французькі на-
уковці Мішель Шеврель і Марселен Бертло.
1811 року Шеврель визначив, що під час
нагрівання жиру з водним розчином лугу
утворюються гліцерол і карбонові кислоти.
А 1854 року Бертло здійснив зворотну ре-
акцію й синтезував жир нагріванням глі-
церолу з карбоновими кислотами.

26.2 Фізичні властивості та класифікація жирів



Поміркуйте

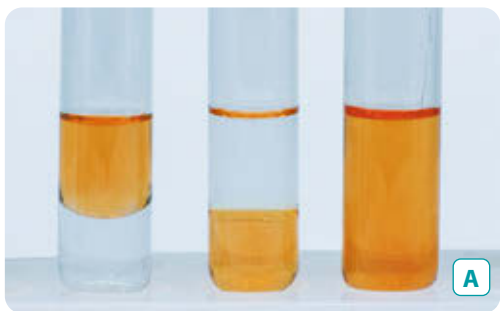
Зважаючи на молекулярну будову жирів, спрогнозуйте їх можливість розчинятися у воді та в органічних розчинниках.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть розчинність жирів.

У три пробірки налейте по 2–3 мл таких речовин: у першу — води, у другу — етанолу, у третю — гексану (можна замінити іншим неполярним розчинником, наприклад, очищеним бензином). У кожну пробірку додайте по 2–3 мл соняшникової олії. У перших двох пробірках рідини розшаровуються (мал. А, с. 201).



Струсіть пробірки. Пробірка із сумішшю олії та води стає каламутною внаслідок утворення емульсії, яка із часом розшаровується на шари води й олії (мал. Б). У другій пробірці теж спостерігаємо два шари, але верхній має виразне забарвлення за рахунок часткового розчинення олії. У третій пробірці навіть без струшування спостерігаємо однорідну суміш (мал. А та Б) унаслідок того, що органічні розчинники добре розчиняють жири. Схарактеризуйте здатність жирів розчинятися.

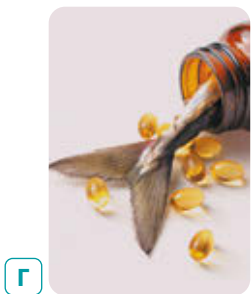
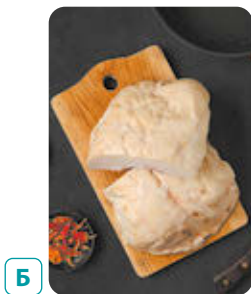
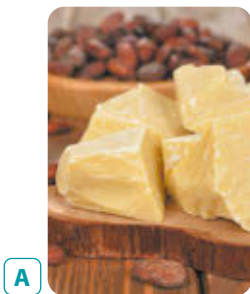
rnk.com.ua/
113547



Відеодослід «Розчинення жирів у воді й органічних розчинниках»

Жири — безбарвні в'язкі рідини або тверді речовини, легші за воду (густина $0,9\text{--}0,95\text{ г/см}^3$), нерозчинні у воді, але розчинні в багатьох органічних розчинниках.

Агрегатний стан жирів залежить від їх складу. Що більше залишків молекул насичених кислот у молекулі жиру, то вища його температура плавлення. Жири, які за кімнатної температури *тверді*, містять переважно залишки молекул насичених кислот (стеаринової чи пальмітинової): 45–70 % від усіх залишків залежно від походження жиру.



Мал. 26.1. Природні жири: А — какао-масло; Б — бараний жир; В — лляна олія; Г — риб'ячий жир

Тверді жири — це жири тваринного походження (яловичий, баранячий, свинячий), за винятком кокосового та какао-масла. До твердих жирів часто застосовують слова «сало» або «масло», наприклад, «вершкове масло».

У молекулах *рідких жирів* містяться переважно залишки молекул ненасичених кислот (олеїнової, лінолевої та ліноленової): 65–85 % залежно від походження. Рідкі жири — це жири рослинного походження (лляна, соняшникова, оливкова олії тощо), за винятком риб'ячого жиру. До рідких жирів частіше застосовують слово «олія».

Тверді жири:

- містять переважно залишки молекул насичених кислот;
- мають тваринне походження (виняток — кокосове та какао-масло).

Рідкі жири:

- містять переважно залишки молекул ненасичених кислот;
- мають рослинне походження (виняток — риб'ячий жир).



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть ненасиченість жирів (демонстраційно або віртуально).

Жири, як і інші ненасичені сполуки, приєднують галогени, що можна довести реакцією жирів із бромною водою (розчином броду у воді). У першу пробірку наливаємо рослинну олію (мал. А ліворуч), а в другу — розтоплений свинячий смалець (мал. А праворуч). До обох пробірок додаємо по 1 мл бромної води, яка збирається внизу пробірки окремим шаром бурого кольору (мал. Б). Обидві пробірки струшуємо й залишаємо на декілька хвилин. За певний час уміст пробірок розшаровується, і видно, що в пробірці з олією забарвлення бромом майже зникло, а в пробірці зі смальцем майже не змінилося (мал. В). Зробіть висновок щодо насиченості рослинних і тваринних жирів.

rnk.com.ua/
113548



Відеодослід «Доведення ненасиченого характеру рідких жирів»



26.3 Жири в природі. Біологічне значення жирів



Пригадайте

Пригадайте з курсу біології значення жирів і ліпідів для живих організмів, зокрема людини.

Жири — поширені в природі речовини. Разом із вуглеводами й білками вони є складниками всіх рослинних і тваринних організмів.

Жирова тканина тварин виконує також захисну функцію — захищає внутрішні органи від ударів і переохолодження, а також виконує роль мастила для м'язових волокон. Жири зазвичай становлять 10–20 % від загальної маси тіла людини.

Жири розчиняють деякі вітаміни: А, D, Е тощо. Тому, вживаючи в їжу жири, ми отримуємо необхідні нам жиророзчинні вітаміни.

Жири — цінне джерело вищих карбонових кислот. Організм людини може синтезувати насичені вищі карбонові кислоти й олеїнову кислоту. А ось лінолева та ліноленова кислоти (вітамін F) є незамінними, тобто тими, що не синтезуються в організмі. Тому жири, що містять залишки цих кислот, обов'язково мають бути в нашому раціоні. На такі жири багаті соєва, бавовняна, соняшникова, лляна, конопляна, обліпихова олії (мал. 26.2А) та свиняче сало й китовий жир (мал. 26.2Б).



А



Б



Мал. 26.2. Джерела незамінних кислот: А — рослинні олії; Б — тваринні жири

26.4 Чи існують жири, небезпечні для людини?



Поміркуйте

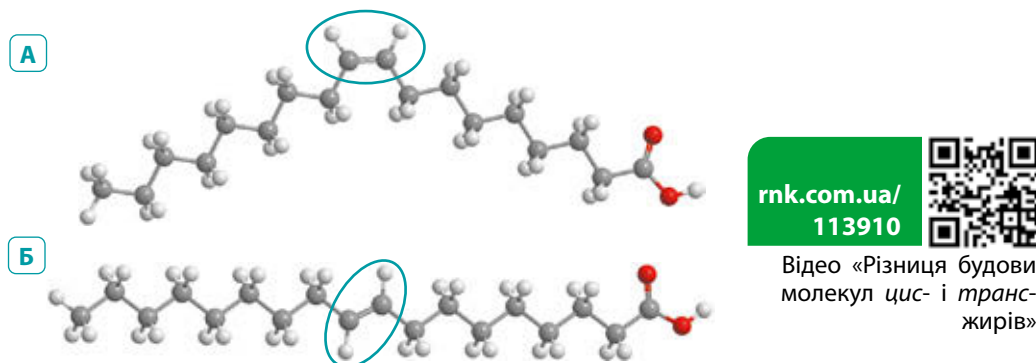
Чи чули ви про *транс*-жири? Які емоції у вас виникають від цього слова: позитивні чи негативні?

Дехто з дієтологів рекомендує відмовитися від уживання жирів. Але це хибна думка, оскільки жири є джерелом незамінних для людини

речовин. У певних кількостях жири необхідні й дуже корисні, але бажано обмежити в раціоні тваринні жири й додати більше рослинних.

Утім деякі жири можуть бути шкідливими для нашого організму. Це так звані *транс*-жири, про які останнім часом багато говорять у медіа. Їх також іноді називають *штучними жирами*. Що це таке?

Транс-жирами можуть бути лише ненасичені жири. Щоб розібратися у відмінностях між звичайними та *транс*-жирами, за малюнком 26.3 порівняймо, у якій формі можуть існувати ненасичені жири. На обох малюнках (А та Б) наведено модель молекули олеїнової кислоти. Але зверніть увагу на форму карбонового ланцюга поблизу подвійного зв'язку. Модель А — це *цис*-форма (природна форма) олеїнової кислоти, а модель Б — *транс*-форма (модифікована).



Мал. 26.3. Різні форми олеїнової кислоти:
А — *цис*-форма (природна); Б — *транс*-форма
(модифікована)



Мал. 26.4. Напис на упаковці, що попереджає покупців про харчові продукти з умістом *транс*-жирів

Під час уживання *транс*-жирів збільшується ризик серцево-судинних захворювань, зокрема ішемічної хвороби й інфаркту міокарда, а також виникнення ракових пухлин, діабету, хвороб печінки та хвороби Альцгеймера. Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує обмежити вживання *транс*-жирів на рівні не більше 2 % від загального обсягу жирів (мал. 26.4).

Звідки ж беруться ці шкідливі *транс*-жири? У природних жирах залишки

вищих карбонових кислот синтезуються переважно в *цис*-формі. Під час хімічної обробки жирів *цис*-форма кислоти перетворюється на *транс*-форму. Хімічній обробці (гідрогенізації) піддають рослинні олії для одержання дешевих аналогів тваринних (твердих) жирів, їх також називають *гідрогенізованими*. Тому *транс*-жири містяться в дешевих жирах: насамперед — у комбіжирах, які використовують підприємства громадського харчування для смаження та у фритюрах, а також у кулінарному жирі, маргаринах і спредах (суміш маргарину з натуральним вершковим маслом), які використовують для промислового виготовлення тістечок, крекерів, чипсів, попкорну, картоплі фрі тощо. Отже, обираючи жирну їжу в так званих фаст-фудах, ви з великою ймовірністю вживатимете саме *транс*-жири.

Робота з інформацією

313. Що спільного в будові молекул жирів і карбонових кислот?
314. Наведіть приклади молекул, залишки яких містяться в молекулах жирів. Схарактеризуйте вплив складу жирів на їх фізичні властивості.
315. Які особливості жирів дають можливість їм виконувати ті функції в організмах, про які йшлося в параграфі?
316. У чому полягає шкідливість *транс*-жирів? Під час якого процесу вони утворюються? Підготуйте пам'ятку для своїх близьких «*Транс*-жири: користь чи шкода?».

Розуміння явищ природи (робота в групах)

317. Складіть структурну формулу трилінолеату — жиру, утвореного лінолевою кислотою.
318. Напишіть дві можливі формули жиру, молекула якого містить 57 атомів Карбону, а в залишках ВКК є два подвійні зв'язки.
319. Коли дієтологи говорять про жири, часто використовують терміни «омега-9», «омега-6» чи «омега-3 ненасичені жири». Які жири та які особливості будови їх молекул позначають цими термінами? Для відповіді на запитання в структурних формулах ненасичених ВКК пронумеруйте атоми Карбону в ланцюзі, починаючи з кінця, протилежного карбоксильній групі.



320. Як ви вважаєте, про які жири йдеться, коли говорять «мононенасичені жири» або «поліненасичені жири»?

321. На етикетках деяких сортів морозива пишуть: «Без рослинних жирів». Про що свідчить цей напис? Чому це важливо для морозива?

322. Як ви вважаєте, чому в ході еволюції склалося так, що в організмах риб синтезується рідкий жир, хоча риби — це тварини?

323. Професійні плавці/плавчині перед марафонським запливом, особливо, якщо змагання відбувається в холодній воді, змащують своє тіло жиром. З якою метою вони це роблять? Які властивості жирів є причиною цього?



324. Поясніть, чому під час сильних морозів радять змащувати шкіру жирним кремом. Яке це має значення для захисту шкіри під час сильного вітру й морозу?

325. Здавна люди використовували для освітлення осель масляні лампи. Одна з таких ламп описана в казці про Аладіна. У масляні лампи заливали розтоплений тваринний жир, уставляли гніт і підпалювали. Складіть рівняння реакції згоряння тристеарату, формула якого наведена в тексті параграфа, якщо продуктами згоряння є лише

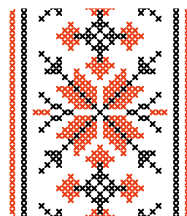


вуглекислий газ і вода. Обчисліть об'єм кисню (н. у.), що витратиться під час спалювання в масляній лампі такого жиру масою 500 г.

326. Обчисліть об'єм водню (н. у.), необхідного для гідрування жиру масою 8,7516 кг, у молекулах якого містяться по одному залишку молекул пальмітинової та по два залишки молекул олеїнової кислот.

327. Прочитайте українські народні вислови про олію та масло. Про які властивості цих продуктів ідеться?

- Правда як олія: наверх все одно спливає.
- Хліб без масла — що весілля без музики.
- Живе, як вареник у маслі.
- Маслом каші не зіпсуєш.
- Масло масляне.



Ключова ідея

Жири — надзвичайно цінні речовини для всіх живих організмів. Для людини жири є резервним джерелом енергії, а також джерелом незамінних ненасичених вищих карбонових кислот.

§ 27. ВУГЛЕВОДИ. ГЛЮКОЗА. САХАРОЗА



rnk.com.ua/
114416



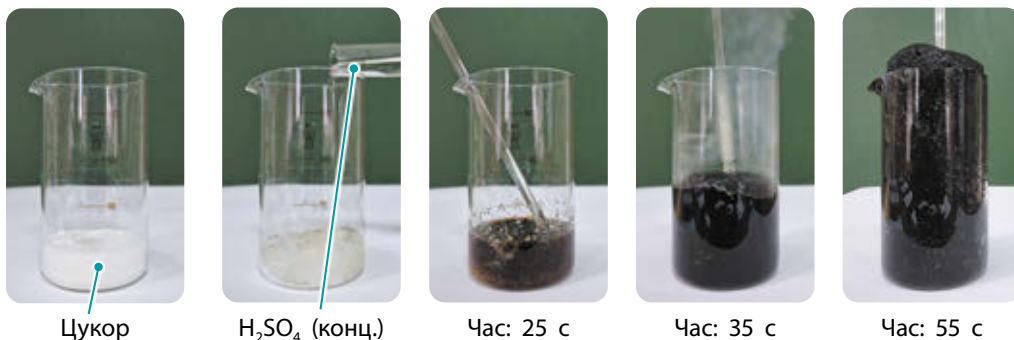
Усі кажуть: глюкоза — це енергія. З'їв щось солодке — і побіг. Але чому саме молекула глюкози стала «улюбленим паливом» для клітин і мозку? Чим глюкоза відрізняється від звичайного цукру чи меду, адже вони теж солодкі?

27.1 Поняття про вуглеводи

У природі велике значення мають *вуглеводи (сахариди)* — органічні сполуки із загальною формулою $C_n(H_2O)_m$ ($m, n \geq 3$).

Назва цього класу сполук походить від їх властивості розкладатися на вуглець і воду за нагрівання або під дією концентрованої сульфатної кислоти (мал. 27.1), що також відображено в їх загальній формулі.

Вуглеводи поділяють на *прості* (моносахариди) та *складні* (дисахариди й полісахариди) (схема 5, с. 208). Принципово вони відрізняються тим, що складні вуглеводи за певних умов гідролізуються до простих, а прості вже гідролізуватися не можуть. Молекули дисахаридів складаються з двох, а полісахаридів — із великої кількості залишків молекул моносахаридів.



Цукор

H_2SO_4 (конц.)

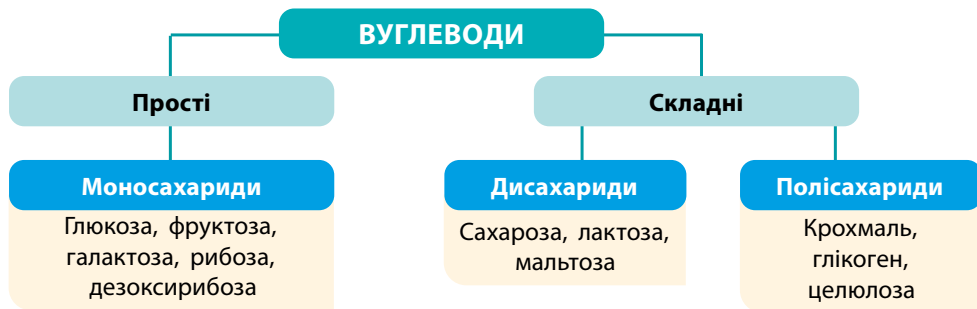
Час: 25 с

Час: 35 с

Час: 55 с

Мал. 27.1. Під дією концентрованої сульфатної кислоти вуглевод (сахароза) розкладається на вуглець і воду

Схема 5. Класифікація вуглеводів



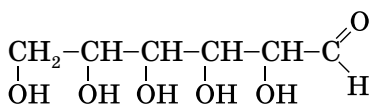
27.2 Фізичні властивості глюкози

Глюкоза $C_6H_{12}O_6$ — найпоширеніший вуглевод у живій природі, вона є одним із продуктів процесу фотосинтезу, під час якого рослини накопичують енергію Сонця.

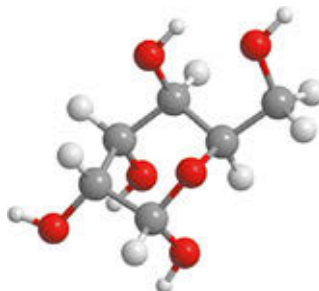


Глюкоза:

- безбарвна кристалічна речовина;
- без запаху;
- густина $1,54 \text{ г/см}^3$;
- $t_{\text{пл.}} = 146^\circ\text{C}$, у разі нагрівання вище за цю температуру починає розкладатися, не доходячи до кипіння;
- добре розчиняється у воді: у 100 г води за 0°C розчиняється 32 г глюкози, а за 25°C — 82 г, погано розчиняється в органічних розчинниках;
- солодка на смак.



Структурна формула глюкози



Модель молекули глюкози

27.3 Хімічні властивості глюкози



Пригадайте

Пригадайте якісну реакцію на багатоатомні спирти (за § 23).

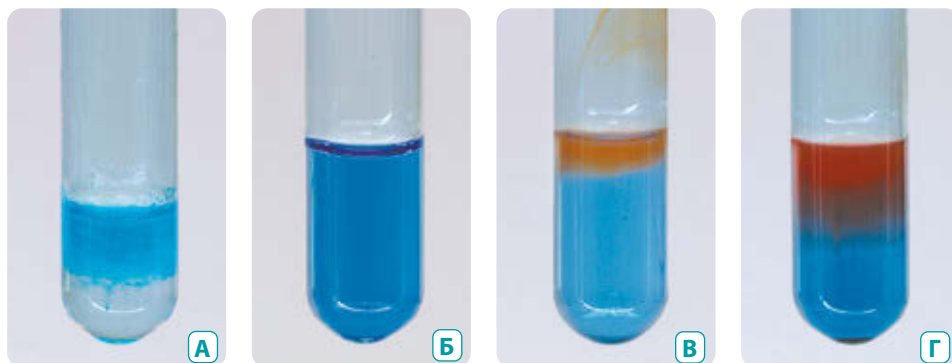


Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Одержіть купрум(2+) гідроксид: налейте в пробірку розчин лугу об'ємом 1–2 мл й додайте кілька крапель розчину купрум(2+) сульфату (мал. 27.2А). До осаду, що утворився, додавайте краплинами розчин глюкози, постійно перемішуючи вміст пробірки до зникнення синього осаду (мал. 27.2Б).

Що відбувається? У який колір забарвлюється розчин?

Які висновки про будову молекули глюкози можна зробити за результатами дослід-
ду? Чи зміняться результати дослід-
ду, якщо замість глюкози використати гліцерол?
Нагрійте пробірку та спостерігайте утворення червоного осаду купрум(1+) оксиду
внаслідок окиснення глюкози (мал. 27.2В, Г). Ця особливість дає змогу відрізнити
глюкозу від багатоатомних спиртів і фруктози та сахарози, оскільки за таких умов
ці речовини не окиснюються.



Мал. 27.2. Якісна реакція на глюкозу: А — свіжоосаджений купрум(2+) гідроксид;
Б — за наявності глюкози осад зникає, утворюється яскраво-синій розчин;
В — виділення жовтого осаду купрум(1+) гідроксиду;
Г — морквяно-червоний осад купрум(1+) оксиду

[rnk.com.ua/
113549](http://rnk.com.ua/113549)



Відеодослід «Взаємодія глюкози
з купрум(2+) гідроксидом»

[rnk.com.ua/
113550](http://rnk.com.ua/113550)

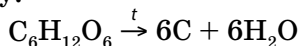


Відеодослід «Окиснення глюкози
свіжоодержаним купрум(2+) гідроксидом»

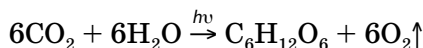
1. Якісна реакція на глюкозу. Молекула глюкози містить кілька груп $-\text{OH}$ (як і багатоатомні спирти), тому вона (як і гліцерол) має взаємодіяти зі свіжоодержаним купрум(2+) гідроксидом (мал. 27.2А і Б, с. 209):



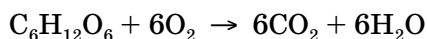
2. Розкладання. За нагрівання глюкоза, як і всі вуглеводи, розкладається на вуглець і воду:



3. Окиснення. Глюкоза — один з основних продуктів обміну речовин у живих організмах. У природі вона утворюється під час фотосинтезу, що відбувається з поглинанням сонячного світла:

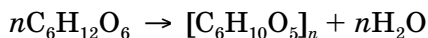


Можлива також і зворотна реакція:



Цим рівнянням можна описати сумарний процес, під час якого тварини отримують енергію для життєдіяльності: глюкоза потрапляє в наш організм разом із їжею, кисень ми вдихаємо легенями, а продукт реакції — вуглекислий газ — видихаємо. Це рівняння також описує процес горіння та вибуху глюкози. Підпалити глюкозу досить складно, вона горить лише за наявності каталізатора, а вибухає в разі дуже сильного подрібнення.

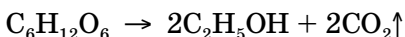
4. Поліконденсація. У рослинах глюкоза перетворюється на складні вуглеводи — крохмаль і целюлозу:



Синтезувати глюкозу методами органічної хімії набагато складніше. Уперше цей синтез реалізував Еміль Фішер.

5. Бродіння — це біохімічний процес, що відбувається під дією ферментів, які виділяють живі організми. Залежно від організмів, розрізняють:

- *спиртове бродіння*: одноклітинні гриби дріжджі живляться вуглеводами, зокрема глюкозою, а продуктами їх травлення є етанол і вуглекислий газ:



rnk.com.ua/
113551

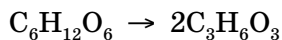
Еміль Герман Фішер

(1852–1919)

Німецький хімік-органік,
розробив лабораторний
спосіб синтезу вуглеводів

Цей процес відбувається під час бродіння ягід і фруктів, його використовують для виготовлення вина. А ефект виділення вуглекислого газу важливий для приготування пухкого здобного тіста;

- *молочнокисле бродіння*: відбувається під час перероблення вуглеводів молочнокислими бактеріями. Продуктом цього процесу є молочна кислота:



Молочнокисле бродіння з давніх-давен використовують для виготовлення різноманітних молочнокислих продуктів: сиру, кисляку, сметани тощо.



Молочнокисле бродіння під час квашення силосу, капусти й інших овочів запобігає розвитку гнильних бактерій і сприяє тривалому зберіганню продуктів.



Цей процес відбувається також у ротовій порожнині та спричиняє карієс зубів.



27.4 Глюкоза в природі

Із рослинною їжею вуглеводи потрапляють в організм тварин, де вони є основним джерелом енергії. Так, з 1 г вуглеводів організм отримує приблизно 17 кДж (4 ккал). Якщо ця енергія не витрачається повністю, організм відкладає її «про запас», спрямовуючи на синтез жирів.

Уперше глюкозу виділили з винограду, тому її також називають виноградним цукром. У чистому вигляді глюкоза міститься в солодких ягодах і фруктах (мал. 27.4). Разом із фруктозою вона міститься в складі меду.

У крові людини вміст глюкози становить приблизно 0,1 %, відхилення цього показника від норми свідчить про можливість захворювання на цукровий діабет. Уміст глюкози в крові (часто цей показник називають просто «цукор у крові») контролюють, здійснюючи клінічний аналіз крові. Цей аналіз можна зробити і вдома за допомогою спеціального пристрою — глюкометра (мал. 27.5).

Глюкозу в промисловості одержують гідролізом крохмалю або целюлози. Але чиста глюкоза не має широкого застосування. Таку глюкозу використовують у різних біологічних і біохімічних дослідженнях.

У медицині чиста глюкоза потрібна для проведення глюкозотолерантного тесту — дослідження для діагностування цукрового діабету. А розчин глюкози вводять людині внутрішньовенно в разі деяких захворювань.

У харчовій промисловості глюкозу як підсолоджувач використовують у невеликих обсягах: вона дорожча й менш солодка за цукор.



Мал. 27.4. Значні кількості глюкози містяться у фруктах, зокрема винограді

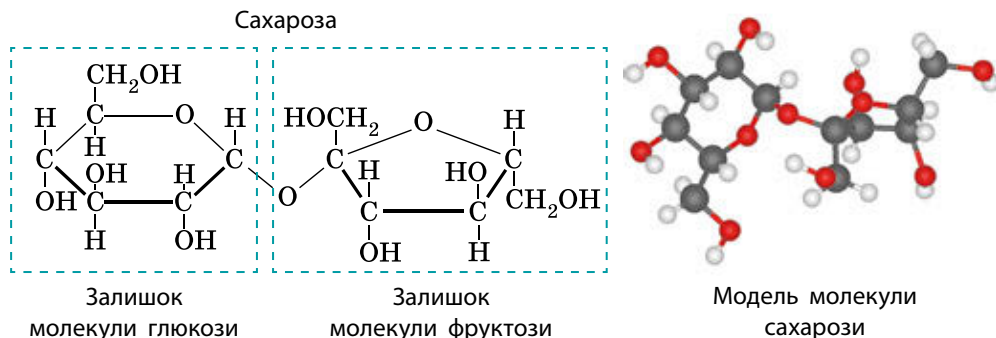


Мал. 27.5. Глюкометр — пристрій для швидкого визначення концентрації глюкози в крові

27.5 Сахароза

Найбільше значення з-поміж дисахаридів має сахароза $C_{12}H_{22}O_{11}$. Це хімічна назва звичайного цукру, який виділяють із цукрового буряку або цукрової тростини.

Сахарозу називають *дисахаридом*, оскільки її молекула складається із залишків молекул двох моносахаридів: глюкози та фруктози, сполучених між собою.



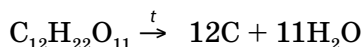
Цукор на 98 % складається із сахарози, інше — вода

Сахароза:

- безбарвна кристалічна речовина;
- без запаху;
- густина $1,59 \text{ г/см}^3$;
- $t_{\text{пл.}} = 186 \text{ }^\circ\text{C}$;
- солодка на смак (у півтора раза солодша за глюкозу);
- дуже добре розчиняється у воді: у 100 г води за $0 \text{ }^\circ\text{C}$ розчиняється 179 г сахарози, а за $100 \text{ }^\circ\text{C}$ — 487 г.

27.6 Хімічні властивості сахарози

1. Розкладання. Так само, як і глюкоза, сахароза розкладається за нагрівання:



Ця реакція відбувається під час виготовлення карамелі й випікання тістечок і тортів, завдяки їй утворюється солодка карамелізована



Мал. 27.6. Плавлення сахарози супроводжується зміною кольору та появою специфічного запаху карамелі



Мал. 27.7. Мед — продукт переробки сахарози бджолами — складається з однакових кількостей глюкози та фруктози

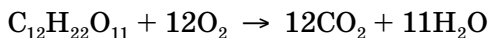


rnk.com.ua/
113552

Микола Андрійович Бунге
(1842–1914)
Український хімік,
удосконалив технології
виробництва цукру
із цукрового буряку

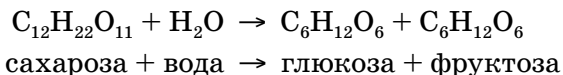
скоринка зі специфічним присмаком пале-ного цукру (мал. 27.6).

2. Горіння. Як і більшість органічних речовин, сахароза може горіти з утворенням вуглекислого газу й води:



Але якщо намагатися підпалити цукор, то він не займеться, для цього потрібен каталізатор — солі Літію. Дуже подрібнений цукор може не лише горіти, його завись у повітрі може вибухнути.

3. Гідроліз. Під час гідролізу сахарози в кислому середовищі або під дією ферментів зв'язок між залишками молекул розривається, й утворюються молекули глюкози та фруктози:



Таке перетворення відбувається в організмах бджіл: збираючи нектар із квіток, вони вживають сахарозу, яка потім гідролізується. Тому мед — це суміш глюкози й фруктози, звичайно, з домішками інших речовин (мал. 27.7).

27.7 Сахароза в природі

У значних кількостях сахароза міститься лише в трьох рослинах: цукровому буряку й цукровій тростині (їх використовують для промислового виробництва цукру), а також у цукровому клені (із нього одержують кленовий сироп). У невеликій кількості сахароза міститься в нектарі квітів для приваблення комах, а також у деяких фруктах і ягодах.

Суттєвий внесок у розвиток цукрової галузі в Україні зробив видатний український науковець М. А. Бунге.



Дізнайтеся більше

Коричневий цукор — це звичайний тростинний цукор, який не доочистили від домішок. Цікаво, що його виробництво дешевше (оскільки відсутня остаточна очистка), але в продажу він дорожчий за білий цукор.



Робота з інформацією

- 328.** У додаткових джерелах знайдіть різні формулювання поняття «вуглеводи». Порівняйте їх із наведеним у параграфі.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 329.** Із-поміж наведених формул випишіть формули вуглеводів: C_3H_8O , $C_5H_{10}O_5$, $C_{12}H_{26}O_{22}$, $C_{12}H_{22}O_{11}$, $C_6H_{12}O$.
- 330.** Визначте невідому речовину X і запишіть рівняння реакцій, що відповідають такій схемі перетворень: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow X \rightarrow CaCO_3$.
- 331.** У медицині для ін'єкцій використовують розчин глюкози з масовою часткою приблизно 5 %. Обчисліть масу глюкози, необхідну для приготування такого розчину масою 1 кг.
- 332.** Одне дерево за добу в середньому перетворює на вуглеводи вуглекислий газ масою 55 г. Яка маса глюкози утворюється за таких умов?
- 333.** Для процесу фотосинтезу рослини нашої планети щорічно поглинають 200 млрд тонн вуглекислого газу. Який об'єм кисню (н. у.) виділяється в атмосферу за таких умов? Яка маса глюкози при цьому уворюється?
- 334.** У телевізійній рекламі можна почути, що після вживання їжі в ротівій порожнині порушується кислотно-лужний баланс, унаслідок чого підвищується вміст кислоти, яка руйнує емаль зубів. Щоб відновити цей баланс, треба жувати гумку з карбамідом. Як ви вважаєте, які процеси призводять до порушення кислотно-лужного балансу? Яка роль карбаміду у відновленні балансу?
- 335.** Під час гідролізу сахарози утворилося 360 г суміші глюкози й фруктози. Обчисліть маси сахарози й води, що прореагували.



Ключова ідея

Вуглеводи є матеріальними носіями енергії, вони забезпечують перенесення енергії Сонця від рослин до тварин.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 12

«Як відбувається бродіння глюкози та чим воно корисне?» (для експериментування вдома)

Завдання для дослідження

У харчових технологіях часто «залучені» мікроорганізми, які перетворюють цукри. Чому огірки та капуста зберігаються краще після квашення? Чому тісто «підходить»? Основне завдання — дослідити, як умови впливають на процес бродіння глюкози і як продукти бродіння зумовлюють корисний ефект у квашенні, силосуванні та хлібопеченні. Під час експерименту слід дослідити швидкість бродіння глюкози за різних умов.

Що нам знадобиться

Обладнання: склянки з кришками, повітряні гумові кульки, мірний посуд.
Речовини та матеріали: розчини глюкози (або цукру) 5 %-й і 10 %-й і солі 2 %-й і 4 %-й; сухі пекарські дріжджі; закваска / йогурт із живими культурами або сік квашеної капусти як джерело молочнокислих бактерій; індикатор рН (універсальний папірець); капуста / огірки.

Визначаємо небезпеки та оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами й обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

rnk.com.ua/
113553



Порядок виконання дослідження та питання для обговорення подається в інтерактивному електронному додатку

§ 28. КРОХМАЛЬ І ЦЕЛЮЛОЗА



rnk.com.ua/
114417



Дивно... І крохмаль, і целюлоза — обидва з глюкози. Але один — їжа й енергія (каша, картопля), а другий — папір, бавовна й навіть деревина. Як так виходить, що з однакових «цеглинок» будується і батон, і підручник?

28.1 Крохмаль



Пригадайте

- Які розчини називають колоїдними?
- Які речовини називають полімерами?

Найважливішими природними *полісахаридами* є крохмаль і целюлоза. Обидві речовини є полімерами з подібною загальною хімічною формулою: $[C_6H_{10}O_5]_n$. Відрізняються вони лише будовою молекул.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть відношення крохмалю до води.
У дві пробірки налейте по 2–3 мл води.
Одну пробірку нагрійте майже до кипіння води.
В обидві пробірки додайте невелику кількість (на кінчику шпателя) крохмалю й обережно перемішайте струшуванням. Зробіть висновок щодо розчинності крохмалю в холодній і гарячій воді.
Як називають розчин крохмалю у воді? До якого типу дисперсних систем він належить?

rnk.com.ua/
113554

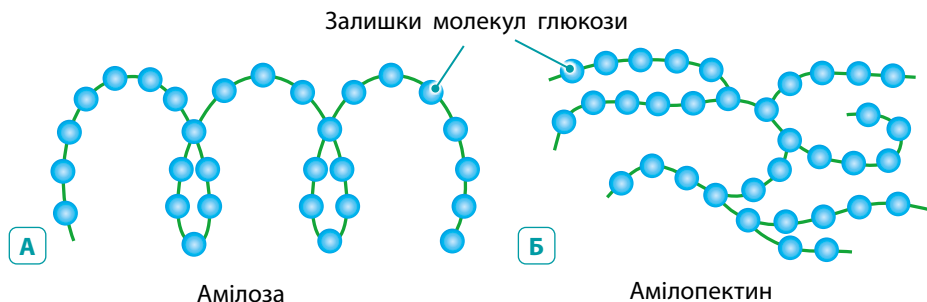


Відеодослід «Відношення крохмалю до води»

Крохмаль — аморфний порошок із характерним хрускотом, густина $1,5 \text{ г/см}^3$, за кімнатної температури у воді не розчиняється. У разі потрапляння в гарячу воду крупинки крохмалю поглинають воду й сильно набухають, їх оболонки руйнуються, зерна розриваються

й утворюється колоїдний розчин. Його називають клейстером і іноді використовують як клей. Температури плавлення й кипіння крохмалю не має, оскільки за нагрівання розкладається.

Крохмаль складається з молекул двох типів. Через це іноді говорять, що він складається з двох речовин: *амілози* й *амілопектину*. Амілоза (її вміст приблизно 20 %) має лінійні молекули (мал. 28.1А) та краще розчиняється у воді. Одна молекула амілози містить близько тисячі залишків молекул глюкози. Молекули амілопектину розгалужені й містять приблизно десятків тисяч залишків молекул глюкози (мал. 28.1Б). Амілопектин у воді не розчиняється, а лише набухає.



Мал. 28.1. Крохмаль складається з молекул двох типів:
А — нерозгалужених (амілоза) й Б — розгалужених (амілопектин)



Досліджуємо, моделюємо, проєкуємо

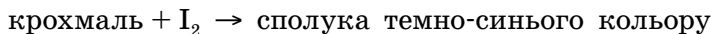
Дослідіть якісну реакцію на крохмаль. До розчину крохмалю, одержаного в попередньому досліді, додайте одну краплю розбавленого розчину йоду (світло-сом'яного кольору). Що спостерігаєте? Зробіть висновки щодо ознак якісної реакції на крохмаль.

[rnk.com.ua/
113555](http://rnk.com.ua/113555)

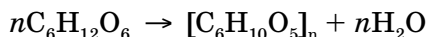


Відеодослід «Взаємодія крохмалю з йодом»

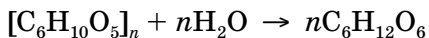
Наявність крохмалю визначають за допомогою розчину йоду: йод утворює з крохмалем сполуку темно-синього кольору (мал. 28.2). Цією якісною реакцією можна виявити крохмаль у багатьох харчових продуктах: картоплі, хлібі, кукурудзі тощо:



Крохмаль утворюється в рослинах із глюкози й накопичується в коренях, бульбах і насінні:



Під дією ферментів відбувається гідроліз крохмалю, який починається вже під час пережовування їжі в роті, триває в шлунку й закінчується в кишечнику. Глюкоза, яка утворюється під час гідролізу, усмоктується в кров і надходить у печінку, а звідти — в усі тканини організму.



Цю реакцію використовують у промисловості для виготовлення патоки й одержання харчового етилового спирту бродінням. У промисловості її здійснюють за наявності сульфатної кислоти.



Мал. 28.2. Визначити наявність крохмалю в продуктах можна за допомогою розчину йоду

28.2 Целюлоза

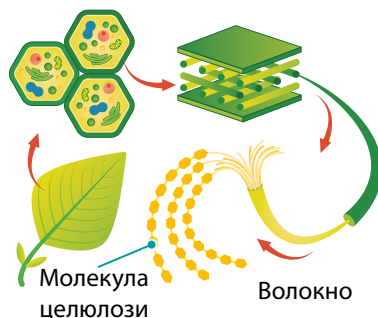
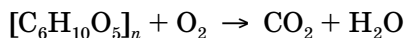
Целюлоза (клітковина) — біла волокниста речовина, нерозчинна у воді й інших розчинниках (на відміну від крохмалю). Густина целюлози залежно від сировини становить від 1,27 до 1,61 г/см³.

Хімічна формула целюлози така сама, як і в крохмалю: $[C_6H_{10}O_5]_n$. Але, на відміну від крохмалю, молекули целюлози не бувають розгалуженими й містять десятки тисяч залишків молекули глюкози (молекулярна маса целюлози сягає декількох мільйонів).

Унаслідок цього окремі макромолекули целюлози розташовуються впорядковано й щільно одна до одної, утворюючи міцні волокна, що не характерно для крохмалю (мал. 28.3).

Целюлоза взаємодіє з водою, гідролізуючись за значно жорсткіших умов, ніж крохмаль: за тривалого кип'ятіння з кислотою. Продуктом гідролізу целюлози також є глюкоза.

Целюлозу, а точніше, деревину, яка її містить, використовують як паливо. Як і більшість органічних речовин, целюлоза згоряє до вуглекислого газу й води:



Мал. 28.3. Молекули целюлози мають лінійну будову



Мал. 28.4. Бавовна — майже чиста целюлоза

Целюлоза — основна речовина рослинних клітин: деревина складається з неї на 50 %, а бавовна й льон — це майже чиста целюлоза (мал. 28.4). Організм людини й багатьох інших тварин (окрім жуйних тварин, коней, кролів тощо) не здатний перетравлювати целюлозу.

Хоча крохмаль і целюлоза мають однаковий хімічний склад, але через різну будову молекул вони виконують різні функції в організмі: крохмаль — поживна речовина, а целюлоза — міцний будівельний матеріал.

На малюнку 28.5 зображено основні галузі застосування целюлози.



Одержання оцтової кислоти



Виробництво бездимного порошку



Виготовлення паперу



Виробництво штучного шовку



Виготовлення фото-і кіноплівки



Виробництво клеїв і клейких матеріалів



Виготовлення целофану



Виробництво деревного й активованого вугілля

Мал. 28.5. Використання целюлози



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Складіть план дослідження, результатом якого має бути порівняння солодкості різних вуглеводів і підсолоджувачів. Виконайте дослідження та надайте порівняльну характеристику доступних вам вуглеводів і підсолоджувачів.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть процес утворення крохмалю в зелених листках рослин. Використовуйте рослини із широкими, не надто товстими й твердими листками. Листок зривати не треба, дослід проводьте безпосередньо на рослині. Звечора частину листка обережно закрийте з двох боків, загорнувши в алюмінієву фольгу, як показано на малюнку. Наступного дня, після того, як листок був упродовж декількох годин на світлі, зріжте його, зніміть фольгу й занурте на 2–3 години в спирт (20–30 мл), поки зелене забарвлення листка не зникне повністю. Вийміть листок зі спирту, протріть його йодною настоянкою. Поясніть спостереження.



Дізнайтеся більше

Німецьке слово *Kraftmehl* («крохмаль») походить від німецьких слів *Kraft* — «сила» і *Mehl* — «борошно», тобто крохмаль — сила борошна. Крохмаль із картоплі вперше було отримано 1781 року, а до того часу його виготовляли з пшениці.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Виготовлення крохмалю. Приготувати крохмаль можна самостійно вдома. Для цього очищену картоплину натріть на дрібній тертці, отриману масу розмішайте у воді. Потім профільтруйте її крізь марлю й відіжміть. Залишок маси в марлі знову перемішайте з водою і ще раз профільтруйте. Дайте рідині відстоятися. Крохмаль осяде на дно посудини. Злийте рідину, а до осілого крохмалю знову додайте воду та розмішайте. Повторіть ці дії кілька разів, поки крохмаль не стане зовсім чистим і білим. Профільтруйте й просушіть одержаний крохмаль. Обчисліть масову частку крохмалю у використаній картоплі, якщо вважати, що крохмаль виділено повністю.

Робота з інформацією

- 336.** Складіть таблицю для порівняння крохмалю та целюлози за такими характеристиками: середня молярна маса, будова молекул, фізичні властивості, біологічне значення, значення для людини.
- 337.** Зважаючи на фізичні та хімічні властивості крохмалю, спрогнозуйте його застосування.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 338.** Варену картоплю іноді використовують як клей. Поясніть, на чому ґрунтується таке її застосування.

- 339.** Запишіть рівняння реакцій для здійснення перетворень за схемами:
- а) $\text{CO}_2 \rightarrow \text{глюкоза} \rightarrow \text{крохмаль} \rightarrow \text{глюкоза} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$;
 - б) целюлоза $\rightarrow$ глюкоза $\rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow$ глюкоза $\rightarrow$ крохмаль;
 - в) крохмаль $\rightarrow$ глюкоза $\rightarrow$ етанол $\rightarrow \text{CO}_2$;
 - г) целюлоза $\rightarrow$ вуглекислий газ $\rightarrow$ глюкоза $\rightarrow$ крохмаль.
- 340.** Речовина **A** білого кольору без смаку, набухає у воді й розчиняється в ній за нагрівання, забарвлюється за наявності йоду в темно-синій колір. Унаслідок гідролізу речовини **A** утворюється речовина **Б**, яка під дією ферментів перетворюється на безбарвну рідину **В**, що змішується з водою в будь-яких відношеннях. Про які речовини йдеться?
- 341.** Обчисліть число структурних ланок $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ у молекулі целюлози, якщо її відносна молекулярна маса дорівнює 2,1 млн.
- 342.** Обчисліть об'єм целюлози кількістю речовини 1 моль, якщо одна молекула целюлози містить у середньому 10 000 залишків молекул глюкози, а її густина — 1,52 г/см³.
- 343.** Для приготування киселю на 1 л рідини зазвичай додають 2 столові ложки крохмалю. Обчисліть масову частку крохмалю в такому киселі, якщо в одній столовій ложці міститься приблизно 30 г картопляного крохмалю, а густина рідини 1 г/мл.
- 344.** Уявіть, що ви хімік/хімікня в текстильній компанії та маєте виконати дослідницький проєкт щодо застосування синтетичних замінників бавовни. Яку інформацію вам треба зібрати та які питання з'ясувати для розв'язання цієї проблеми? Складіть план експерименту для початку свого дослідження.
- 345.** Як можна видалити пляму від йодної настоянки на тканині, використовуючи для цього сиру картоплю?
- 346.** Як ви вважаєте, з якої картоплі можна одержати більше крохмалю: зі щойно викопаної чи такої, яка всю зиму перебувала в овочесховищі?



Ключова ідея

Полісахариди — це природні полімери, мономерами яких є залишки молекул моносахаридів. Найпоширеніші з полісахаридів — крохмаль і целюлоза — полімери, утворені глюкозою.

«Виявлення крохмалю в харчових продуктах»

Завдання для дослідження

Висловіть гіпотезу щодо вмісту крохмалю в харчових продуктах. Якісною реакцією на крохмаль дослідіть доступні харчові продукти на вміст крохмалю. За інтенсивністю забарвлення оцініть відносний вміст цього вуглеводу.

Що нам знадобиться?

Обладнання: склянка, піпетка.

Речовини та матеріали: йодна настоянка, етанол (можна придбати в аптеці) або саліциловий, борний чи мурашиний спирт; будь-які харчові продукти з вмістом крохмалю: картопляний крохмаль, борошно, хліб, тістечка, чипси, томатний сік, макарони, відвар рису або іншої крупи, варена ковбаса (або сосиски), сметана тощо.

Визначаємо небезпеки та оцінюємо ризики

Які небезпечні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами й обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Етапи роботи

1. Підготуйте розчин йоду. Зазвичай аптечна йодна настоянка містить 5% йоду. Для виявлення крохмалю такий розчин використовувати не зручно: він дуже темний і появу синього забарвлення за наявності крохмалю можна не помітити. Тому розчин йоду необхідно розбавити. У воді йод не розчиняється, тому для розчинення йоду необхідно використати етанол. У склянку чи флакон налейте приблизно дві столові ложки спирту. До спирту піпеткою додайте одну чи більше крапель йодної настоянки, щоб отримати розчин світло-солом'яного кольору. Цим розчином тепер можна користуватися для виявлення крохмалю.
2. Випробуйте наявні у вас харчові продукти на вміст крохмалю. Для цього на невеликі шматочки піпеткою додавайте по кілька крапель розчину йоду. За зміною забарвлення зробіть висновок щодо наявності крохмалю у випробуваних продуктах. Результати дослідів оформте у вигляді таблиці.

Номер досліді	Назва продукту	Чи виявлено крохмаль?	Чи має міститися крохмаль у продукті?

§ 29. АМІНОКИСЛОТИ ТА БІЛКИ



rnk.com.ua/
114418

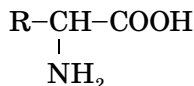
Кажуть: «Їж білок — виростуть м'язи». Але як шматок сиру чи квасоля перетворюються на мої ферменти, волосся або кров?

29.1

Поняття про амінокислоти. Амінокислоти — мономери білків

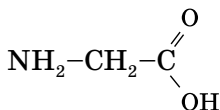
Величезне значення для життя на Землі мають органічні кислоти, у молекулах яких, окрім карбоксильної групи $-\text{COOH}$, є ще одна характеристична група — *аміногрупа* $-\text{NH}_2$. Такі сполуки називають *амінокислотами*. Усі білки, з яких складаються живі організми, містять залишки молекул різних амінокислот.

У природі переважають амінокислоти, у молекулах яких обидві групи — карбоксильна й аміногрупа — сполучені з одним атомом Карбону:



де R — атом Гідрогену або певна група атомів. Такі амінокислоти називають α -амінокислотами.

Найпростіша амінокислота — аміноетанова, її також називають амінооцтовою кислотою, або гліцином:



rnk.com.ua/
113911



Відео «Створення моделей молекул амінокислот»

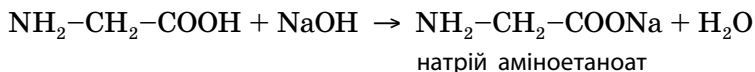
Амінокислот, як і інших органічних сполук, існує дуже багато. У живих організмах трапляється приблизно 700 амінокислот, але для

синтезу білків живі організми використовують лише 21 амінокислоту, до того ж саме α -амінокислоти.

Амінокислоти — тверді безбарвні кристалічні речовини, добре розчинні у воді й погано — в органічних розчинниках.

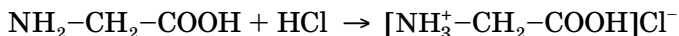
29.2 Хімічні властивості аміноетанової кислоти

1. Взаємодія з лугами відбувається за участі карбоксильної групи:



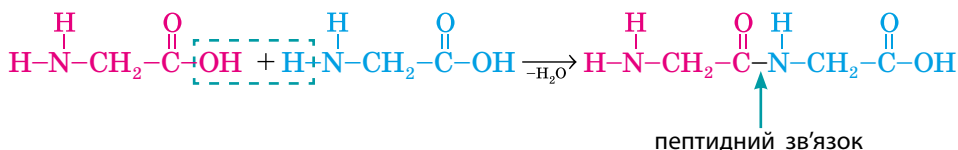
Назва солі утворюється аналогічно до назв солей карбонових кислот. Якщо кислота аміноетанова, то її сіль називають аміноетаноат.

2. Взаємодія з кислотами відбувається за участі аміногрупи:

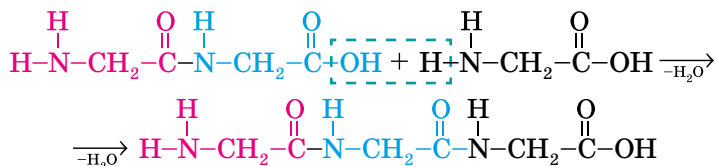


Назва цієї солі — аміноетанова кислота гідрохлорид.

3. Утворення поліпептидів. Ди-, три- та поліпептиди утворюються в реакції поліконденсації. За певних умов група -COOH однієї молекули може реагувати з групою -NH_2 іншої молекули, водночас відщеплюється молекула води й утворюється продукт, у якому залишки амінокислот сполучені так званим *пептидним зв'язком*:



Продукт цієї реакції називають дипептидом, наприклад, дипептид аміноетанової кислоти. Як і амінокислоти, він також містить дві різні характеристичні групи (-NH_2 і -COOH), а отже, може реагувати ще з однією молекулою амінокислоти, утворюючи трипептид:



Процес подовження пептидного ланцюга може відбуватися багаторазово, у результаті чого утворюються речовини з великою молекулярною



rnk.com.ua/
113556

Ада Йонат

(народилася 1939 р.).
Досліджувала будову
білкових молекул



rnk.com.ua/
113557

Іван Якович Горбачевський

(1854–1942)
Висловив припущення про
амінокислотну природу білків

масою — поліпептиди. Це єдиний процес синтезу білків з амінокислот, який відбувається в рибосомах. У дослідження цього синтезу вагомий внесок зробила науковиця Ада Йонат.

29.3 Біологічне значення амінокислот

Амінокислоти — це цеглинки, з яких побудовані білки. Уперше про амінокислотний склад білків висловив припущення український науковець Іван Горбачевський.

Амінокислоти використовують як поживні речовини в медицині та як харчові добавки до продуктів і сільськогосподарських кормів, для приготування спортивного харчування тощо.

29.4 Поняття про білки

Білки — природні високомолекулярні сполуки, молекули яких складаються із залишків молекул амінокислот, сполучених один з одним пептидними зв'язками.

Білки — це полімери, мономерами яких є амінокислоти. Зазвичай білки містять 100 й більше залишків молекул амінокислот, що утворюють поліпептидний ланцюг. Більшість білків людського організму складається з кількох сотень амінокислотних залишків. Отже, відносна молекулярна маса білків становить від кількох тисяч до кількох мільйонів.

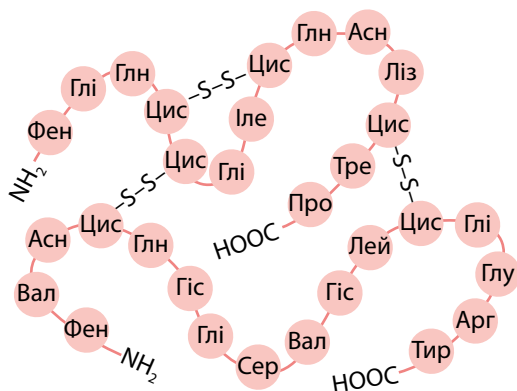
29.5 Білки — похідні амінокислот

У складі білків нашого організму трапляються залишки молекул понад 20-ти амінокислот. Властивості білків залежать від того, у якій послідовності вони сполучені один з одним. Таку послідовність амінокислот називають *первинною структурою* білка (мал. 29.1). Визначення первинної структури білків — важливе завдання сучасної науки.

Поліпептидний ланцюг зазвичай згорнутий у спіраль, що має певну просторову структуру, — α -спіраль (мал. 29.2А), або складається в β -складчасту структуру (мал. 29.2Б). Таке згортання називають *вторинною структурою* білків.

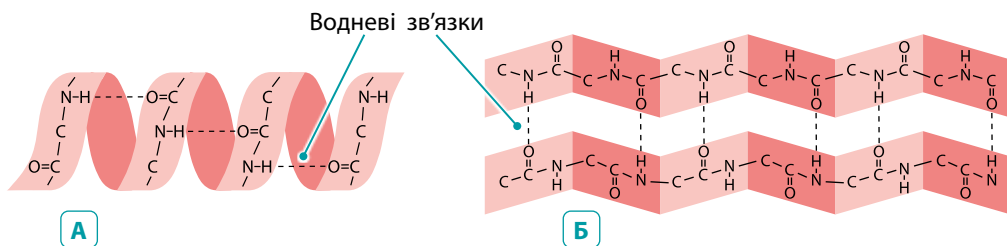
Існування вторинної структури зумовлене можливістю утворення водневих зв'язків між різними частинами сусідніх амінокислотних залишків. Спіральну будову білків уперше визначив видатний американський науковець Лайнус Полінг.

Спіраль білка може згортатися в клубок (глобулу). Таку будову називають *третинною структурою* білка (мал. 29.3А). Для деяких з них характерним є об'єднання кількох глобул (субодиниць) в одну частинку, що зумовлює *четвертинну структуру* білків (мал. 29.3Б).

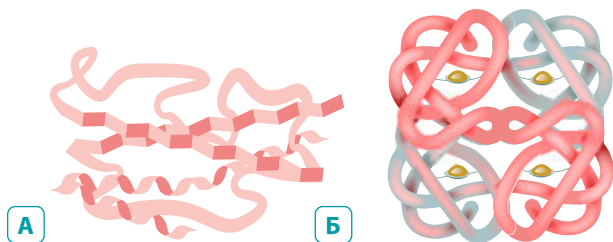


Мал. 29.1. Первинна структура білка.

Окремими кружечками позначено залишки молекул амінокислот. Усередині кружечків наведено їх умовні позначення, наприклад, «Глі» означає «гліцин»



Мал. 29.2. Вторинна структура білків: поліпептидний ланцюг згортається в α -спіраль (А) або β -складчасту структуру (Б)



Мал. 29.3. Третинна (А) і четвертинна (Б) структури білка



rnk.com.ua/
113912

Анімація «Утворення пептидного зв'язку»

За фізичними властивостями білки можуть істотно відрізнятися, що зумовлене їх різними функціями. Вони можуть бути м'якими й розчинятися у воді, як білок альбумін, що міститься в яйці. А можуть бути твердими й не змішуватися з водою, як білок кератин, із якого складаються роги, копита, нігті.

29.6 Хімічні властивості білків



Мал. 29.4. Під час скисання молока утворюється молочна кислота, яка спричиняє денатурацію білків, що містяться в молоці

1. Денатурація білків. Під дією різних чинників білки можуть розкладатися, втрачаючи свою просторову будову. Руйнування просторової структури білка зі збереженням його первинної структури називають *денатурацією*. Прикладами денатурації є згортання яєчних білків під час варіння яєць або ущільнення білків молока під час скисання (мал. 29.4).



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть умови денатурації білків.

Дослід 1. Обережно розбийте сире яйце так, щоб не ушкодити жовток. Відокремте невелику частину білка й помістіть її у дві пробірки. Якщо пробірку з білком нагріти на вогні, то слизувата маса стане білою й твердою, як це відбувається під час приготування яєчні. Відбувається денатурація білка.

На металевому дроті спаліть невеликий шматочок цього білка й понюхайте його. З'являється характерний запах, що нагадує запах паленого волосся, за яким завжди можна розпізнати білок.

Дослід 2. Уміст другої пробірки обережно змішайте з водою, білок частково розчиняється. Енергійно струсіть уміст пробірки та спостерігайте утворення в'язкої маси — у разі механічного впливу білок теж піддається денатурації. До тієї ж пробірки додайте розчин солі важкого металічного елемента, наприклад, купрум(2+) сульфату, і спостерігайте денатурацію під дією йонів металічних елементів.

Дослід 3. Дослідіть на вміст білка такі об'єкти: пташине перо, кисломолочний сир, горіх або нут. Для цього внесіть у полум'я невеличкі зразки та визначте запах.

2. Кольорові реакції білків. Для виявлення білків або окремих амінокислот у їх складі використовують спеціальні якісні реакції, які називають колірними реакціями білків.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть реакцію білків із купрум(2+) сульфатом. У разі дії на слаболужний розчин білка розчину купрум(2+) сульфату розчин набуває фіолетово-синього забарвлення, що зумовлене зв'язуванням йонів Купруму Cu^{2+} поліпептидним ланцюгом білків. Цю реакцію називають *біуретовою*, вона є універсальною для всіх білків, оскільки нею можна виявити наявність пептидних зв'язків.

[rnk.com.ua/
113558](http://rnk.com.ua/113558)



Відеодослід «Біуретова реакція білків»



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Ксантопротеїною реакцією можна виявити певні амінокислоти в складі білків, наприклад, тирозин, триптофан, фенілаланін тощо (їх називають ароматичними). Для проведення цієї реакції на білок або його розчин діють концентрованою нітратною кислотою. За наявності залишків ароматичних амінокислот білок забарвлюється в жовтий колір (мал. А). Після додавання в реакційну суміш розчину амоніаку колір білка стає жовтого-рячим (мал. Б).

[rnk.com.ua/
113559](http://rnk.com.ua/113559)



Відеодослід «Ксанто-протеїнова реакція білків»



29.7 Біологічне значення білків

Білки в живих організмах виконують різноманітні функції, про це ви вивчали на уроках біології. Згадаємо найважливіші з них:

- ферментативна;
- транспортна;
- будівельна;
- рецепторна.

Робота з інформацією

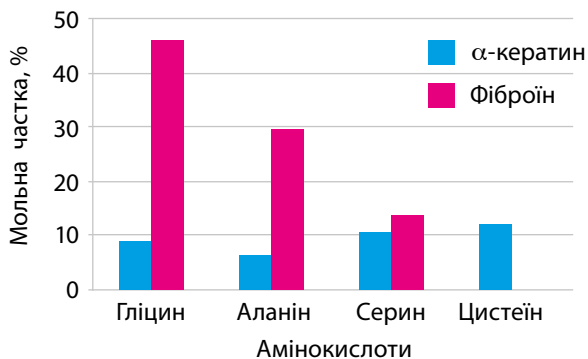
- 347.** Які зв'язки забезпечують можливість утворення первинної та вторинної структури білків?
- 348.** Поясніть різницю в будові молекул кислот і амінокислот.

- 349.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про будь-який засіб для спортивного харчування та проаналізуйте його склад. Сформулюйте гіпотезу щодо значення кожного компонента в ньому та повноцінності такого харчування. Чи відрізняється таке харчування від вашого раціону?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 350.** Желатин — одна з широкоживаних речовин-гелеутворювачів. Якщо до розчину желатину додати свіжий ананас, то гель не утвориться (не застигне). Але гель утворюється в разі додавання до розчину желатину консервованого або термічно обробленого ананаса. Поясніть цей факт.
- 351.** За будовою білків висловіть гіпотезу: чи залежить будова й «поведінка» молекул білків від рН розчину. Чому?
- 352.** У першій пробірці міститься розчин білка, а в другій — гліцеролу. Якими реакціями можна розрізнити вміст обох пробірок?
- 353.** Як ви вважаєте, чи можна впродовж тривалого часу заміняти білкову їжу на їжу, що складається лише із жирів і вуглеводів? Які зміни відбуватимуться в організмі людини за умов такого харчування?
- 354.** Проаналізуйте діаграму та дайте відповіді на запитання.

Амінокислотний склад вовни та шовку



- Яку характеристику двох білків порівнюють?
- На діаграмі порівнюють два білки: α-кератин у вовні та фіброїн павутинного шовку. Яким кольором позначено дані про білок, що міститься у вовні?
- Залишків якої амінокислоти найбільше міститься в павутинному фіброїні?
- Яка мольна частка аланіну в α-кератині та фіброїні?
- Визначте мольну частку всіх інших амінокислот, не позначених на діаграмі, для обох білків.

- Павутинний фіброїн набагато міцніший матеріал за α -кератин у вовні. Якби ви були технологом текстильної компанії і перед вами виникло завдання виготовити якомога міцнішу тканину, то які амінокислоти ви б використали для створення поліпептидного волокна?
- 355.** Обчисліть масу гліцину, який можна одержати з етанової кислоти масою 15 г.
- 356.** До розчину аміноетанової кислоти масою 50 г із масовою часткою кислоти 6 % додали розчин натрій гідроксиду масою 47 г із надлишковою кількістю лугу. Обчисліть масову частку солі в одержаному розчині.
- 357.** Установіть молекулярну формулу сполуки, якщо в ній масова частка Карбону становить 32,0 %, Нітрогену — 18,7 %, Оксигену — 42,7 %.
- 358.** У певній амінокислоті масова частка Карбону становить 40,4 %, Гідрогену — 7,9 %, Нітрогену — 15,7 %. Установіть молекулярну формулу цієї амінокислоти.
- 359.** Які чинники спричиняють денатурацію білків? Поясніть механізм їхньої дії. Чому денатурація різних білків відбувається за різних умов?



Ключова ідея

Білки — природні полімери, мономерами яких є амінокислоти. Із протейіногенних амінокислот утворено безліч різних молекул білків, які в живих організмах виконують різноманітні функції.

Самооцінювання за темою
«Досліджуємо органічні речовини»

rnk.com.ua/
113566



Рефлексуємо щодо теми

ДОСЛІДЖУЄМО ОРГАНІЧНІ РЕЧОВИНИ

- Поверніться на початок розділу (с. 123) і прочитайте перелік того, що ви мали дізнатися.
- Визначте, про що ви дізналися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

УЗАГАЛЬНЮЄМО РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- як класифікують неорганічні речовини;
- чи пов'язані органічні речовини з неорганічними;
- чи може речовина виявляти властивості й кислоти, і основи;
- як класифікують хімічні реакції;
- чи всі реакції відбуваються лише в одному напрямку.

Теми довготривалих проєктів

1. Значення органічних речовин у неживій природі та в живих організмах.
2. Унесок українських науковців і науковиць у розвиток хімії.

Створіть лепбук на одну з тем

1. Основні класи неорганічних сполук.
2. Генетичні зв'язки між неорганічними сполуками.
3. Генетичні зв'язки між органічними сполуками.
4. Генетичні зв'язки між органічними й неорганічними сполуками.



§ 30. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН



rnk.com.ua/
114419



У кожній справі має бути певний порядок. Думаю, що численні різноманітні хімічні речовини можна класифікувати за будовою та властивостями.

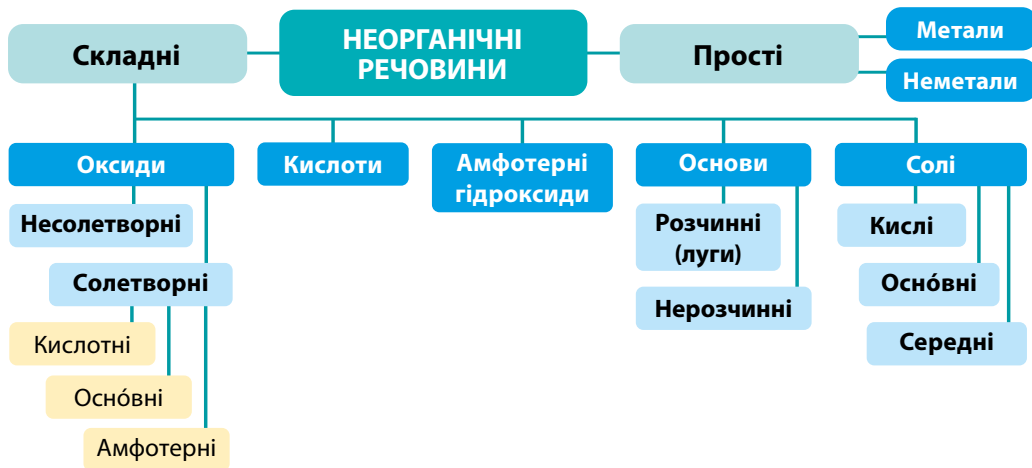
30.1 Класифікація неорганічних речовин



Поміркуйте

Згадайте, з якими неорганічними речовинами ви стикалися на уроках хімії. Сформулюйте гіпотезу, за якими спільними ознаками їх можна класифікувати на різні групи (класи). Перевірте свою гіпотезу за схемою 6. Чи всі відомі вам речовини «знайшли» своє місце? Поясніть свою думку.

Схема 6. Основні класи неорганічних речовин



Відповідно до схеми, головний критерій класифікації — це виявлення речовинами кислотних і оснóвних властивостей.

30.2 Кислоти



Кислоти — електроліти, під час дисоціації яких утворюються аніони кислотних залишків і катіони лише одного виду — H^+ .

Розбавлені розчини кислот виявляють загальні хімічні властивості, що є спільними як для неорганічних, так і для органічних кислот (табл. 9).

Таблиця 9. Хімічні властивості кислот

Хімічні властивості	Рівняння реакцій
Електролітична дисоціація та, як наслідок, зміна забарвлення індикаторів	$\text{H}_x\text{An} \rightleftharpoons x\text{H}^+ + \text{An}^{x-}$
Реагують із металами, розміщеними в ряду активності ліворуч від водню	$\text{Zn} + 2\text{HBr} = \text{ZnBr}_2 + \text{H}_2 \uparrow$
Реагують з основними й амфотерними оксидами з утворенням солі й води	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{FeO} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ $6\text{HCl} + \text{Al}_2\text{O}_3 = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
Реагують з основами й амфотерними гідроксидами з утворенням солі й води	$\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{NaOH} = \text{Na}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Zn}(\text{OH})_2 = \text{ZnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
Реагують із солями, якщо в результаті реакції виділяється слабкий електроліт або неелектроліт (газ, утворюється осад або вода)	$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$ $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SiO}_3 = \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$ $2\text{HCl} + \text{FeS} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ $2\text{HNO}_3 + \text{CaCO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

30.3 Основи



Основи — електроліти, під час дисоціації яких утворюються катіони металічних елементів (або йони амонію) та аніони лише одного виду — гідроксид-іони OH^- .

Розчинні основи — гідроксиди лужних і лужноземельних елементів — називають лугами. Хоча і луги, і нерозчинні у воді основи є основними речовинами, проте їх хімічні властивості дещо відрізняються внаслідок різної розчинності (табл. 10).

Таблиця 10. Хімічні властивості основ

Луги	Нерозчинні основи
Змінюють забарвлення індикаторів	Не змінюють забарвлення індикаторів
Реагують із кислотами (реакція нейтралізації): $2\text{KOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	Реагують із кислотами: $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
Реагують із кислотними оксидами: $2\text{NaOH} + \text{CO}_2 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	Переважно реагують із кислотними оксидами, які є ангідридами сильних кислот: $\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{SO}_3 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Реагують з амфотерними оксидами й гідроксидами: $2\text{NaOH} + \text{ZnO} \xrightarrow{t} \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{KOH} + \text{Al}(\text{OH})_3 = \text{KAl}(\text{OH})_4$ (у розчині)	Реагують з амфотерними оксидами й гідроксидами під час сплавляння: $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{ZnO} \xrightarrow{t} \text{FeZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $3\text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{t} \text{Fe}_3(\text{AlO}_3)_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
Реагують із розчинами солей, якщо утворюється нерозчинна речовина (випадає осад): $2\text{NaOH} + \text{CuSO}_4 = \text{Cu}(\text{OH})_2\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$	Із розчинами солей зазвичай не реагують
Гідроксиди лужних елементів стійкі до нагрівання (не розкладаються). Гідроксиди лужноземельних елементів розкладаються, але за значно більшої температури, ніж нерозчинні гідроксиди: $\text{Ca}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$	За нагрівання розкладаються з утворенням оксиду та води: $\text{Fe}(\text{OH})_2 \xrightarrow{t} \text{FeO} + \text{H}_2\text{O}$

30.4 Амфотерність

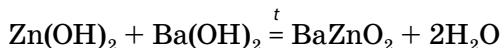
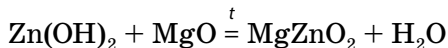


Речовини, які можуть виявляти кислотні й основні властивості залежно від сполуки, з якою вони взаємодіють, називають **амфотерними**.

Амфотерні властивості можуть виявляти оксиди й гідроксиди, утворені катіонами деяких металічних елементів із зарядом $2+$ (Be, Zn, Sn, Pb), $3+$ (Al, Fe, Cr), іноді трапляються зі ступенем окиснення $+4$ (Ti).

30.5 Амфотерні гідроксиди

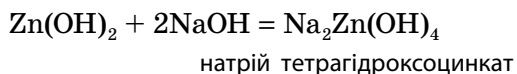
Амфотерні гідроксиди виявляють усі властивості нерозчинних гідроксидів. Під час сплавлення з основними оксидами або гідроксидами утворюються сіль (наприклад, цинкати або алюмінати) і вода:



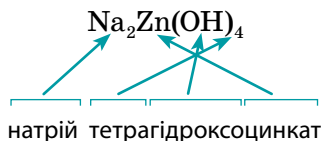
З алюміній гідроксиду, залежно від співвідношення лугу (або основного оксиду), утворюються два типи солей: метаалюмінати й ортоалюмінати:

- за нестачі лугу: $\text{Al(OH)}_3 + \text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{NaAlO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- за надлишку лугу: $\text{Al(OH)}_3 + 3\text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{Na}_3\text{AlO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

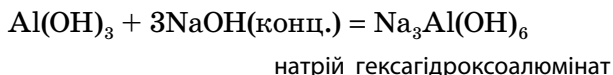
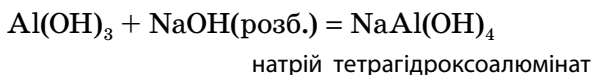
Свіжоприготовані алюміній і цинк гідроксиди активно реагують із розчинами лугів за кімнатної температури з утворенням складних (комплексних) солей:



Як і у звичайних солей, назва комплексної солі складається з двох слів. Але слід указати число груп OH у складі солі: префікс *тетра*- означає, що гідроксильних груп чотири, а префіксом *гекса*- позначають шість груп OH, наприклад:



Залежно від концентрації лугу, алюміній гідроксид може утворювати два різні продукти:



30.6 Оксиди



Оксиди — бінарні сполуки з Оксигеном, у яких Оксиген виявляє ступінь окиснення -2 .

Залежно від того, до якої групи належить оксид, він виявляє різні хімічні властивості (табл. 11).

Таблиця 11. Хімічні властивості оксидів

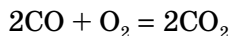
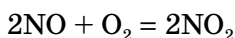
Хімічні властивості	Рівняння реакцій
1. Основні оксиди	
Реагують із кислотними оксидами з утворенням солі. Не реагують з основними оксидами	$\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$
Реагують із кислотами з утворенням солі та води. Не реагують з основами	$\text{CaO} + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Із водою реагують лише ті оксиди, що утворюють луги (оксиди лужних і лужноземельних елементів). Інші оксиди з водою не реагують	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2$ $\text{FeO} + \text{H}_2\text{O} \neq$
Реагують за нагрівання із відновниками: активнішими металами або вуглецем чи воднем. Не реагують із солями	$3\text{MnO} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Mn}$ $\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$ $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$
2. Кислотні оксиди	
Реагують з основними оксидами з утворенням солі. Не реагують із кислотними оксидами	$\text{SO}_3 + \text{CaO} = \text{CaSO}_4$
Реагують з основами з утворенням солі та води. Не реагують із кислотами	$\text{SO}_3 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Реагують із водою з утворенням кислоти (за винятком силіцій(IV) оксиду)	$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ $\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \neq$
Реагують із солями за умови утворення леткого оксиду (CO_2 , SO_2)	$\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t} \text{CaSiO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow$
3. Амфотерні оксиди	
Реагують із кислотами й основами з утворенням солі та води	$\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} \xrightarrow{t} \text{Na}_2\text{ZnO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{ZnO} + 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{Zn(OH)}_4$

Хімічні властивості	Рівняння реакцій
Реагують із кислотними й основними оксидами та між собою під час сплавляння	$\text{ZnO} + \text{SiO}_2 \xrightarrow{t} \text{ZnSiO}_3$ $\text{ZnO} + \text{CaO} \xrightarrow{t} \text{CaZnO}_2$ $\text{ZnO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \xrightarrow{t} \text{Zn(AlO}_2)_2$

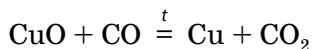
Несолетворні оксиди не взаємодіють ані з водою, ані з кислотними й основними оксидами.

Для них більш характерні відновні властивості:

- реагують із киснем:



- можуть відновлювати деякі метали (переважно з їх оксидів):



30.7 Солі



Солі — хімічні сполуки йонної будови, що складаються з катіонів (переважно металічних елементів) і аніонів кислотних залишків.

Для середніх солей характерні реакції обміну та розкладання на оксиди (табл. 12).

Таблиця 12. Хімічні властивості середніх солей

Хімічні властивості	Рівняння реакцій
Реагують із кислотами, якщо утворюється слабкіша чи нестійка кислота або осад	$\text{FeS} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{HCl}$ $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$
Реагують із лугами, якщо утворюється нерозчинний продукт реакції. Із нерозчинними основами не реагують	$\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu(OH)}_2 \downarrow + 2\text{NaCl}$

Хімічні властивості	Рівняння реакцій
Вступають у реакції обміну з іншими солями, якщо утворюється осад	$\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$ $\text{BaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{NaCl}$ $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{NaCl}$
Розкладаються за нагрівання, якщо утворюються леткі оксиди	$\text{CaCO}_3 \xrightarrow{t} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{t} \text{CuO} + \text{SO}_3 \uparrow$ $2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \xrightarrow{t} 2\text{CuO} + 4\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$
Активніші метали витісняють менш активні метали з розчинів солей	$\text{CuSO}_4 + \text{Fe} = \text{FeSO}_4 + \text{Cu} \downarrow$

Робота з інформацією

- 360.** Підготуйте доповідь про дослідження А. Лавуазьє, Ю. Лібіха, С. Арреніуса, Й. Брьонстеда та Т. Лоурі щодо формування понять про кислоти.
- 361.** За додатковими джерелами інформації наведіть формули кислот: а) оксигеновмісної одноосновної; б) безоксигенової двоосновної; в) оксигеновмісної триосновної; г) безоксигенової одноосновної; д) оксигеновмісної двоосновної.
- 362.** Із таблиці розчинності (див. форзац 2) виписіть по два приклади формул солей: а) хлоридної кислоти, нерозчинних у воді; б) карбонатної кислоти, розчинних у воді; в) солей Феруму(3+), існування яких не можливе або не підтверджене.
- 363.** У додаткових джерелах знайдіть приклади використання гідроксидів для поліпшення властивостей ґрунтів і води. На яких властивостях гідроксидів ґрунтується їх застосування? Який вплив на довкілля матимуть ситуації безконтрольного потрапляння наведених вами речовин до ґрунтів або водойм?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 364.** Чи існують кислотні оксиди, яким відповідають безоксигенові кислоти? Відповідь поясніть.
- 365.** Які з наведених оксидів реагують із водою? Запишіть відповідні рівняння реакцій. Назвіть продукти цих реакцій. Na_2O , CO_2 , SO_3 , CrO , SiO_2 , N_2O , CuO , CaO , N_2O_5 , Fe_2O_3 , K_2O , CO , Al_2O_3 , SO_2 .
- 366.** Із якими з наведених речовин реагує натрій гідроксид: K_2O , MgCO_3 , H_3PO_4 , H_2S , FeCl_3 , $\text{Fe}(\text{OH})_2$, AlCl_3 , $\text{Zn}(\text{OH})_2$, KCl , SO_3 ? Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння й назвіть продукти реакцій.

- 367.** Запишіть рівняння реакції сульфатної кислоти з такими сполуками: а) купрум(2+) гідроксид; б) кальцій гідроксид; в) алюміній оксид; г) цинк гідроксид; д) калій сульфід; е) натрій сульфід; ж) калій карбонат; и) барій сульфід. У всіх прикладах визначте, чому відбувається реакція обміну.
- 368.** Із якими з-поміж наведених речовин взаємодіє купрум(2+) хлорид: NaOH, H₂SO₄, AgNO₃, Fe₂O₃, CO₂, Zn, NaCl, Au? Запишіть рівняння реакцій.
- 369.** Доповніть схеми реакцій, запишіть назви продуктів реакції. Для реакцій у розчинах складіть йонно-молекулярні рівняння.
- | | |
|---|---|
| а) K ₂ O + H ₂ O → ... | и) MgCO ₃ + HCl → ... |
| б) SO ₂ + H ₂ O → ... | к) CaO + HNO ₃ → ... |
| в) PbO + Na ₂ O → ... | л) Na ₂ SO ₃ + H ₂ SO ₄ → ... |
| г) ZnO + H ₂ SO ₄ → ... + ... | м) Fe(OH) ₃ + HNO ₃ → ... |
| д) FeBr ₂ + Al → ... | н) K ₂ SO ₃ + CaCl ₂ → ... |
| е) Zn + CuSO ₄ → ... | п) KOH + SO ₂ → ... |
| ж) NaBr + AgNO ₃ → ... | р) Na ₂ S + CuCl ₂ → ... |
- 370.** Визначте формулу речовини, зайвої в переліку: а) Ca(OH)₂, KOH, Na₂O, Fe(OH)₂; б) H₂CO₃, KOH, H₂SO₃, H₂SO₄, HCl. До якого класу неорганічних сполук належить ця речовина? Чи існує кілька варіантів відповіді? Аргументуйте свою думку.
- 371.** Які з-поміж наведених солей реагують із калій гідроксидом: натрій карбонат, манган(2+) сульфат, алюміній нітрат, барій карбонат? Запишіть відповідні молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.
- 372.** Запишіть рівняння реакцій алюміній гідроксиду: а) із хлоридною кислотою; б) розчином барій гідроксиду; в) барій оксидом за сплавлення.
- 373.** Пригадайте хімічні властивості амінокислот. Чи можна їх назвати амфотерними речовинами?
- 374.** Обчисліть масу барій гідроксиду, необхідного для одержання барій цинкату масою 11,7 г із цинк оксиду.
- 375.** Обчисліть масу ферум(3+) оксиду, необхідного для одержання ферум(3+) нітрату масою 36,3 г.
- 376.** До розчину барій гідроксиду, що містить 8,55 г лугу, додали достатню кількість ферум(2+) хлориду. Обчисліть масу утвореного осаду.
- 377.** Обчисліть масу ортофосфатної кислоти, необхідної для нейтралізації розчину (за умови утворення середньої солі), що містить 153,9 г барій гідроксиду.



Ключова ідея

Класифікація неорганічних речовин полягає у виявленні речовин, що мають певні спільні ознаки. Однією з таких ознак є здатність утворювати під час дисоціації частинки, які «відповідають» за характерні властивості, — катіонів Гідрогену та гідроксид-аніонів.

§ 31. СПОСОБИ ОДЕРЖАННЯ ОКСИДІВ, КИСЛОТ, ОСНОВ І СОЛЕЙ



rnk.com.ua/
114420



На попередніх уроках ми вивчали властивості різних неорганічних і органічних речовин. Але що буде, якщо ми згрупуємо відомі нам хімічні реакції не за реактантами, а за утвореними продуктами? Нумо спробуємо!

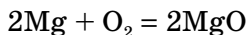
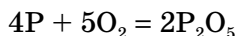


Пригадайте

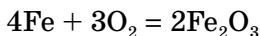
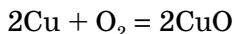
- Які речовини називають простими?
- Які групи сполук виділяють із-поміж складних речовин?

31.1 Одержання оксидів

1. Взаємодія простих речовин (металів і неметалів) із киснем (мал. 31.1):



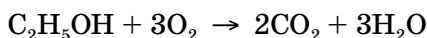
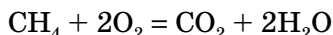
Більшість металів реагують із киснем повільно:



Деякі прості речовини взагалі не реагують із киснем. Із-поміж металів — це платина та золото, а з-поміж неметалів — інертні гази й галогени.

2. Взаємодія складних речовин із киснем.

Багато складних речовин можуть горіти:



Мал. 31.1. Фосфор

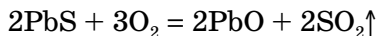
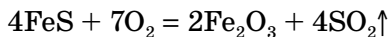
яскраво згоряє на повітрі з утворенням білого диму, який складається з твердих частинок фосфор(V) оксиду

rnk.com.ua/
113913

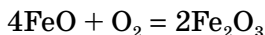
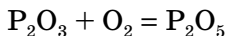


Відеосліди одержання оксидів реакціями простих речовин (металів і неметалів) із киснем

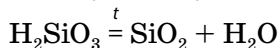
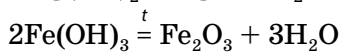
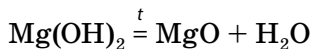
Під час окиснення бінарних сполук зазвичай утворюються два оксиди:



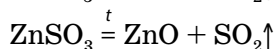
3. Окиснення оксидів хімічних елементів, у якому цей елемент міститься не у вищому ступені окиснення:



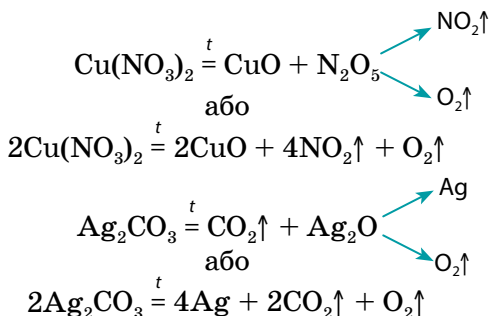
4. Розкладання (дегідратація) нестійких кислот, основ і амфотерних гідроксидів:



5. Розкладання солей оксигеновмісних кислот, якщо під час реакції утворюються газуваті речовини (SO_2 , CO_2 , SO_3):



Якщо оксид, який утворюється внаслідок розкладання, сам є термічно нестійким, то утворюються також продукти і його розпаду, наприклад:



31.2 Одержання кислот

Способи одержання оксигеновмісних і безоксигенових кислот дещо різняться (табл. 13).

Таблиця 13. Загальні способи одержання кислот

Тип реакцій	Безоксигенові кислоти	Оксигеновмісні кислоти
Реакції сполучення	Одержання летких сполук із Гідро- геном (HF, HCl, HBr, HI, H ₂ S) реакцією неметалів із воднем із подальшим розчиненням у воді: $H_2 + Cl_2 = 2HCl$ $H_2 + S = H_2S$	Реакції кислотних оксидів із водою: $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$ $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$
Реакції обміну	Витіснення кислот із солей сильнішою кислотою:	
	$2HCl + FeS = FeCl_2 + H_2S \uparrow$	$2HCl + Na_2SiO_3 = H_2SiO_3 \downarrow + 2NaCl$
	Реакції солей із кислотами за умови, що утворена сіль випадає в осад:	
	$H_2SO_4 + BaCl_2 = BaSO_4 \downarrow + 2HCl$	$HCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + HNO_3$



rnk.com.ua/
113914

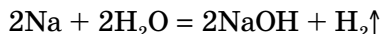


Відеодослід «Одержання оксигеновмісної кислоти реакцією кислотного сульфур(IV) оксиду з водою»

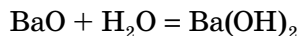
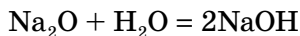
31.3 Одержання основ

Луги одержують різними способами:

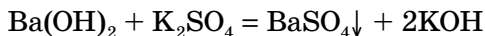
- взаємодією лужних і лужноземельних металів із водою:



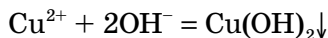
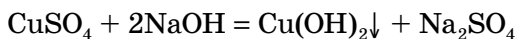
- реакцією основних оксидів із водою:



- реакціями обміну (лише гідроксиди лужних металічних елементів):



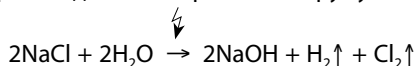
Нерозчинні гідроксиди (слабкі основи) одержують реакцією розчинних солей із лугами:





Дізнайтеся більше

Луги також можна одержати дією електричного струму на водні розчини солей — електролізом:



31.4 Одержання солей

Солі утворюються в багатьох хімічних реакціях, тому існує чимало способів одержання солей.

Таблиця 14. Загальні способи одержання солей

Тип реакцій	Солі безоксигенових кислот	Солі оксигеновмісних кислот
Реакції сполучення	Реакції між простими речовинами: $2\text{K} + \text{Br}_2 = 2\text{KBr}$ $\text{Fe} + \text{S} = \text{FeS}$	Реакції кислотних оксидів з основними: $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$
Реакції заміщення	Реакції металів, розміщених у ряду активності ліворуч від водню, з галогеноводневими кислотами (HF, HCl, HBr, HI): $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$	Реакції металів, розміщених у ряду активності ліворуч від водню, з кислотами: $\text{Mg} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$
	Витіснення менш активних металів із солей більш активними металами:	
	$3\text{CuCl}_2 + 2\text{Al} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{Cu}\downarrow$	$2\text{AgNO}_3 + \text{Fe} = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}\downarrow$
Реакції обміну	Реакції речовин із кислотними властивостями з речовинами з основними властивостями (кисотно-основні взаємодії): - кислоти з основами: $2\text{HCl} + \text{Fe}(\text{OH})_2 = \text{FeCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ - кислоти з основними оксидами: $2\text{HNO}_3 + \text{MgO} = \text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ - кислотні оксиди з лугами: $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ Реакції обміну за участю солей: - солі з лугами: $\text{FeCl}_3 + 3\text{KOH} = \text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{KCl}$ - солі із сильними кислотами: $\text{CaCO}_3 + 2\text{HNO}_3 = \text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ - між двома розчинними солями: $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{NaNO}_3$	

rnk.com.ua/
113915



Відеодослід «Одержання солей безоксигенових кислот на прикладі реакції бром з магнієм»

Розуміння явищ природи (робота в групах)

378. Запишіть рівняння можливих реакцій:

- | | |
|---|---|
| а) $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \dots$ | н) $\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \dots$ |
| б) $\text{H}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \dots$ | п) $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ |
| в) $\text{K} + \text{Br}_2 \rightarrow \dots$ | р) $\text{AgNO}_3 + \text{Pb} \rightarrow \dots$ |
| г) $\text{Al} + \text{Cl}_2 \rightarrow \dots$ | с) $\text{SO}_2 + \text{MgO} \rightarrow \dots$ |
| д) $\text{Ag} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ | т) $\text{CuCl}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \dots$ |
| е) $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \dots$ | у) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ |
| ж) $\text{CO}_2 + \text{KOH} \rightarrow \dots$ | ф) $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HBr} \rightarrow \dots$ |
| и) $\text{BaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$ | х) $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ |
| к) $\text{NaCl} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow \dots$ | ц) $\text{Sn}(\text{OH})_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \dots$ |
| л) $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ | ч) $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$ |
| м) $\text{ZnO} + \text{HNO}_3 \rightarrow \dots$ | ш) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{KCl} \rightarrow \dots$ |

379. Доповніть схеми, назвіть продукти реакцій:

- | | |
|---|---|
| а) $\text{CaC}_2 + \dots \rightarrow \dots + \text{CO}_2 \uparrow$ | ж) $\text{CaSO}_3 \xrightarrow{t} \dots + \dots \uparrow$ |
| б) $\text{SiH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \dots + \dots$ | и) $\dots \xrightarrow{t} \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$ |
| в) $\dots + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO} + \text{SO}_2 \uparrow$ | к) $\text{CuSO}_4 \xrightarrow{t} \text{CuO} + \dots \uparrow$ |
| г) $\text{CS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \dots \uparrow$ | л) $\dots \xrightarrow{t} \text{Hg} + \text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ |
| д) $\dots \xrightarrow{t} \text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$ | м) $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{O}_2 \rightarrow \dots + \dots$ |
| е) $\dots \rightarrow \text{N}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O}$ | н) $\text{CH}_3\text{OH} + \dots \rightarrow \text{CO}_2 + \dots$ |

380. Як із натрій хлориду одержати натрій сульфат? Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння відповідних реакцій.

381. Як із ферум(3+) сульфату одержати ферум(3+) оксид? Запропонуйте два різні способи й запишіть відповідні рівняння реакцій.

382. Як із ферум(3+) оксиду у дві стадії одержати ферум(3+) гідроксид? Запишіть молекулярні та йонно-молекулярні рівняння реакцій.

383. До розчину натрій карбонату масою 200 г із масовою часткою солі 5,3 % додали надлишок хлоридної кислоти. Обчисліть об'єм газу, що виділився (н. у.).

384. Кальцій карбонат масою 0,5 кг обробили надлишком розчину нітратної кислоти. Обчисліть масу солі, яку можна одержати в такий спосіб.

385. Розчин масою 50 г із масовою часткою сульфатної кислоти 7,35 % змішали з розчином натрій гідроксиду. Отриманий розчин не змінює забарвлення лакмусу. Обчисліть масу солі в кінцевому розчині.



Ключова ідея

Більш активне заміщує менш активне, сильніше витісняє слабше, а у випадку кислотно-основних перетворень має утворитися вода або речовина, що є слабким електролітом чи неелектролітом.

§ 32. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ КЛАСАМИ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

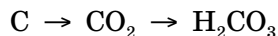


rnk.com.ua/
114421

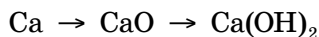
Що більше я вивчаю хімію, то більше вона нагадує родинне «дерево»: оксид, основа, кислота, сіль — усі ніби родичі.

У хімічних реакціях речовини одного класу перетворюються на речовини іншого. Інакше кажучи, вивчені вами класи сполук взаємопов'язані. Ми можемо встановити певний ряд перетворень одних сполук на інші, тобто *генетичні зв'язки* між ними.

Під час горіння вуглецю утворюється кислотний оксид CO_2 , який реагує з водою з утворенням карбонатної кислоти H_2CO_3 . Послідовність цих реакцій можна подати схемою:



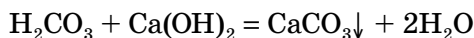
Продуктом згоряння кальцію на повітрі є основний оксид CaO , який приєднує воду, перетворюючись на основу — кальцій гідроксид Ca(OH)_2 :



Пригадайте

- Як можна довести наявність кислоти й основи в розчині?
- Які частинки в розчині «відповідають» за кислотні й основні властивості?

Унаслідок реакції кислоти й основи утворюється практично нерозчинна сіль:





Вуглець згоряє з утворенням кислотного оксиду — вуглекислого газу.

Кальцій згоряє з утворенням кальцій оксиду, який виявляє основні властивості.



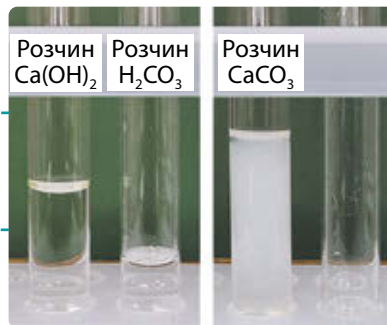
Наявність карбонатної кислоти та кальцій гідроксиду в розчинах можна довести додаванням розчину лакмусу.

rnk.com.ua/113916



Відеодосліди горіння вуглецю та кальцію

Унаслідок додавання до безбарвного розчину кальцій гідроксиду розчину карбонатної кислоти утворюється білий осад кальцій карбонату.



Досліджуємо, моделюємо, проектуємо

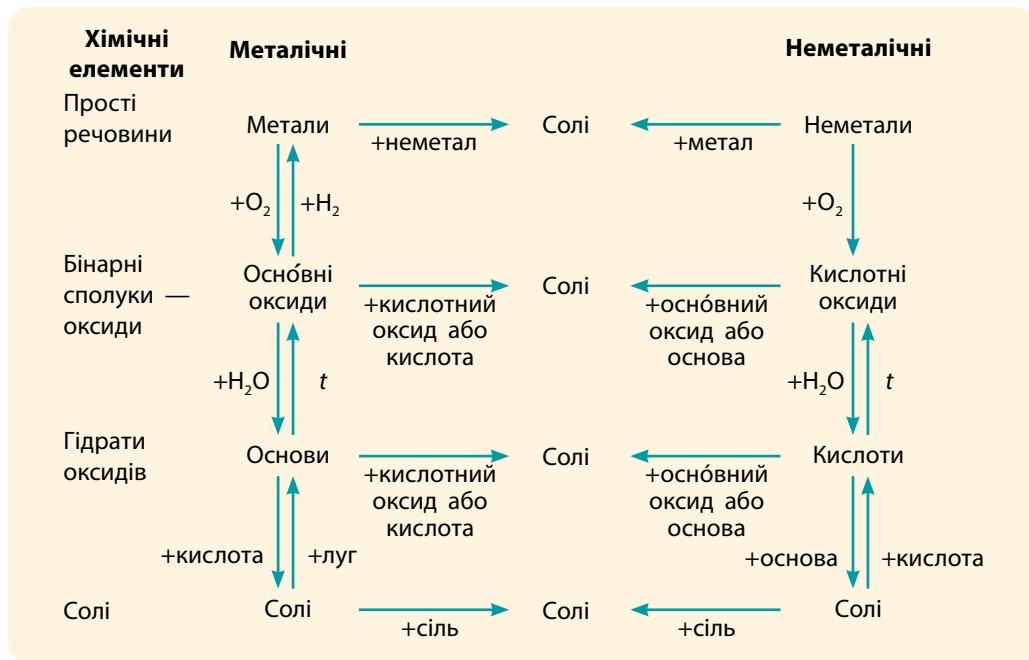
Змодельуйте генетичні зв'язки між класами неорганічних речовин на прикладі барію та сірки. Складіть відповідні рівняння реакцій.

Окрім згаданої вище реакції кислоти з основою, солі також можна добути в багатьох взаємодіях, зокрема:

- металу з кислотою або сіллю;
- основного оксиду з кислотою або кислотним оксидом;
- лугу з кислотним оксидом тощо.

Усі ці перетворення можна подати у вигляді схеми (схема 7).

Схема 7. Генетичні зв'язки між класами неорганічних речовин



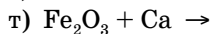
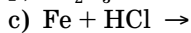
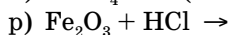
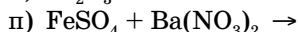
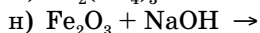
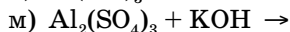
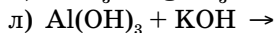
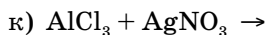
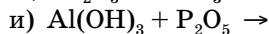
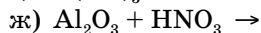
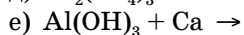
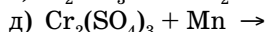
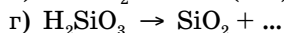
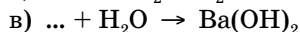
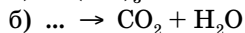
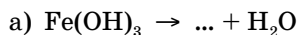
Наведена схема не відтворює всіх можливих реакцій за участю вивчених вами класів неорганічних сполук, але ілюструє та узагальнює принципи хімічної взаємодії різних речовин.

Зі схеми видно, що металічні елементи є «родоначалниками» сполук з оснóвними властивостями (оснóвні оксиди й основи), а неметалічні — сполук із кислотними властивостями (кислоти та кислотні оксиди). Соли найчастіше трапляються на схемі, оскільки вони беруть участь у різних хімічних реакціях як реактанти або продукти реакції.

Знання генетичного зв'язку між різними класами неорганічних речовин дає змогу обирати зручні й економічні методи синтезу речовин із доступних реактантів.

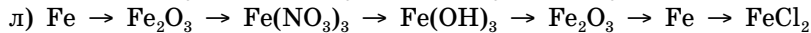
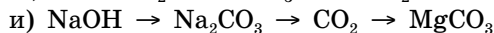
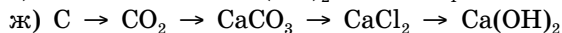
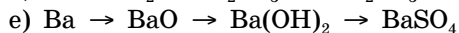
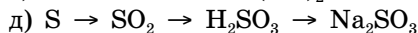
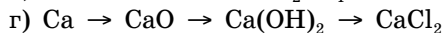
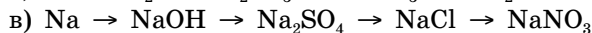
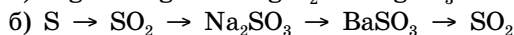
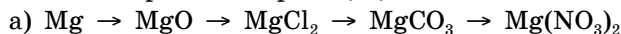
Розуміння явищ природи (робота в групах)

386. Доповніть схеми реакцій, за потреби зазначте умови їх перебігу, доберіть коефіцієнти, запишіть назви продуктів реакції:



Для реакцій, що відбуваються у водних розчинах, запишіть йонно-молекулярні рівняння.

387. Запишіть рівняння реакцій, за якими можна здійснити перетворення:



388. Розташуйте запропоновані речовини за порядком, що характеризує генетичний зв'язок класів речовин, і запишіть відповідні рівняння реакцій:

а) фосфор(V) оксид, калій ортофосфат, фосфор, ортофосфатна кислота;

б) барій гідроксид, барій оксид, барій карбонат, барій;

в) купрум(2+) оксид, купрум(2+) гідроксид, мідь, купрум(2+) сульфат.

389. До розчину певної речовини блакитного кольору додали розчин лугу, унаслідок чого утворився синій осад. Осад відфільтрували та прожарили. У результаті одержали чорний порошок, який потім обробили воднем під час нагрівання. Утворився метал червоного кольору. Визначте описані речовини, запишіть рівняння реакцій.

390. Порівняйте об'єм сульфур(IV) оксиду (за н. у.), який можна одержати із сірки масою 480 г і натрій сульфіту масою 630 г.

391. Обчисліть масу фосфору, який необхідно ввести в низку перетворень для одержання кальцій ортофосфату масою 15,5 г.



Ключова ідея

Подібність способів одержання речовин одного класу неорганічних речовин і їх хімічні властивості дають змогу поєднати всі класи речовин в одну схему, яка відтворює генетичні зв'язки між ними.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ 14

«Генетичні зв'язки між неорганічними речовинами»

Завдання для дослідження

Складіть фрагмент генетичного ланцюга з речовин у наведених переліках і виконайте відповідні перетворення.

Перелік 1. Купрум(2+) оксид, мідь, купрум(2+) хлорид, купрум(2+) нітрат, купрум(2+) гідроксид.

Перелік 2. Кальцій гідроксид, кальцій карбонат, кальцій оксид, вуглекислий газ, кальцій хлорид.

Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками, корок із газовідвідною трубкою, пробірко-тримач, спиртівка (або сухе пальне).

Реактиви: мідь (порошок або пластинка), кальцій оксид, вода, хлоридна кислота, розчини натрій гідроксиду, кальцій гідроксиду, нітратної кислоти, кальцій карбонату.

Визначаємо небезпеки та оцінюємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть виникнути під час роботи з названими речовинами й обладнанням? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Етапи роботи

1. Сформулюйте мету дослідження відповідно до визначеного завдання.
2. Складіть план експерименту для розв'язання поставлених експериментальних завдань.
3. За результатами дослідження зробіть висновки.

Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. На чому ґрунтується можливість складання ланцюга перетворень для ілюстрації генетичних зв'язків між класами сполук?
2. Чи є альтернативні варіанти послідовності сполук для вашого переліку речовин?
3. Чи є ваш варіант генетичного ланцюга найпростішим для виконання та раціональним?

§ 33. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА БАГАТОМАНІТНІСТЬ ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК



rnk.com.ua/
114422

Якщо ми впоралися з класифікацією неорганічних речовин, то класифікуємо й органічні? І взагалі, можливо, між органічними та неорганічними речовинами виявиться багато спільного.



Пригадайте

- Що є предметом вивчення органічної хімії?
- Які речовини належать до органічних?

33.1 Класифікація органічних сполук



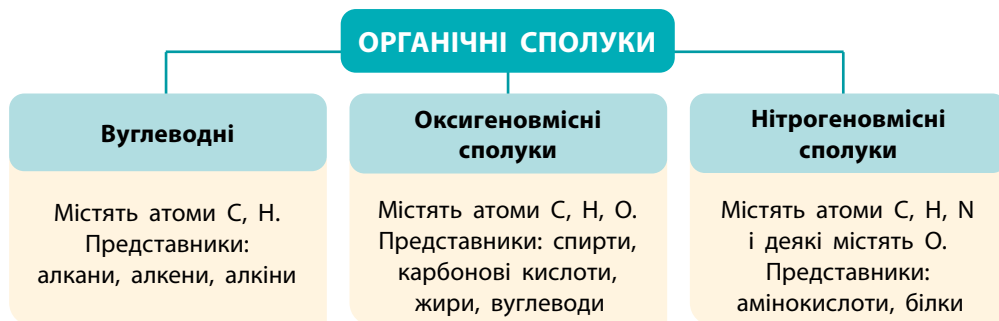
Поміркуйте

Згадайте вивчені органічні речовини, випишіть окремо їх структурні формули та запропонуйте критерії, за якими їх можна класифікувати.

Починаючи від 7-го класу, на сторінках підручників із хімії вам траплялися різноманітні органічні речовини, знайомі зі щодення (метан, оцтова й лимонна кислоти, цукор, крохмаль, етанол тощо). У 9-му класі ви ознайомилися з характерними представниками кількох класів органічних сполук.

Для вивчення органічних речовин зручно класифікувати їх за елементним складом, будовою або властивостями, подібно до того, як класифікують неорганічні речовини.

Класифікація органічних сполук за елементним складом



Як вам уже відомо, найпростіші органічні сполуки містять лише два хімічні елементи: Карбон і Гідроген. Їх називають вуглеводнями (від «вуглець» і «водень»). Молекули інших органічних сполук можуть містити атоми Оксигену або Нітрогену. Оскільки ці чотири елементи утворюють більшість органічних сполук, що містяться в живих організмах, їх називають *елементами-органогенами*.



Дізнайтеся більше

1858 року шотландський хімік Арчібальд Купер установив, що основою молекул кожної органічної речовини є карбоновий ланцюг — послідовність хімічно сполучених один з одним атомів Карбону. У багатьох реакціях карбоновий ланцюг молекули залишається незмінним. Саме А. Купер запропонував позначати хімічні зв'язки між атомами рисками. Це позначення ми використовуємо, складаючи структурні формули сполук.

Класифікація органічних сполук за будовою карбонового ланцюга



Класифікація органічних сполук за типом зв'язку



Класифікація органічних сполук за наявністю характеристичних груп

Хімічні властивості органічних речовин визначаються здебільшого не будовою карбонового ланцюга, а тими атомами чи групами атомів, які з ним сполучені. Вуглеводні складаються лише з атомів Карбону й Гідрогену. А в молекулах інших органічних сполук наявні групи атомів, що є характерними для речовин певного класу. Такі групи атомів називають *характеристичними (функціональними)*: у молекулах усіх спиртів наявна характеристична група -OH (гідроксильна), а в молекулах карбонових кислот — група -COOH (карбоксильна).

Характеристичні групи — це активні центри молекул органічних сполук. Саме вони найчастіше зазнають хімічних перетворень, тим самим визначаючи відповідні хімічні властивості органічних речовин.

Органічні сполуки, які ви вивчали в 9-му класі, належать до таких груп:

- **вуглеводні:** характеристичні групи відсутні;
- **спирти:** у молекулах наявна гідроксильна група -OH ;
- **карбонові кислоти:** у молекулах наявна карбоксильна група -COOH ;
- **амінокислоти:** у молекулах наявні карбоксильна група -COOH і аміногрупа -NH_2 .

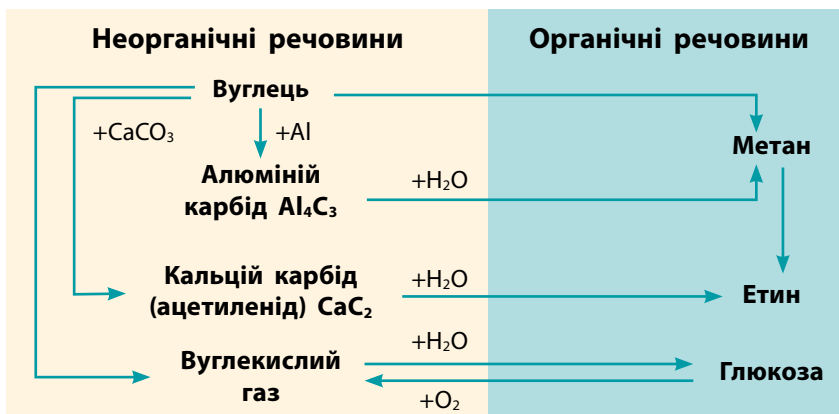
Існують органічні сполуки, у молекулах яких є кілька характеристичних груп. Їх називають *поліфункціональними*. Такими сполуками є вуглеводи, амінокислоти, білки, нуклеїнові кислоти тощо.

Звісно, що наведені класифікації не відображають усього розмаїття органічних сполук. Із представниками інших класів ви ознайомитеся під час подальшого вивчення хімії.

33.2

Взаємозв'язок між органічними та неорганічними речовинами

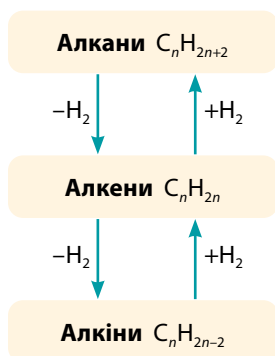
Ще на початку вивчення органічної хімії ми зауважували, що досить складно провести межу між органічними та неорганічними речовинами. Певною мірою це зумовлено можливістю їх перетворення. Неорганічні речовини (чадний і вуглекислий гази, сажа тощо) утворюються внаслідок повного чи неповного окиснення органічних речовин. Органічні речовини також можна одержати з неорганічних, зокрема перетвореннями, поданими на схемі.



33.3

Взаємозв'язок між класами органічних сполук

Взаємозв'язок між вуглеводнями

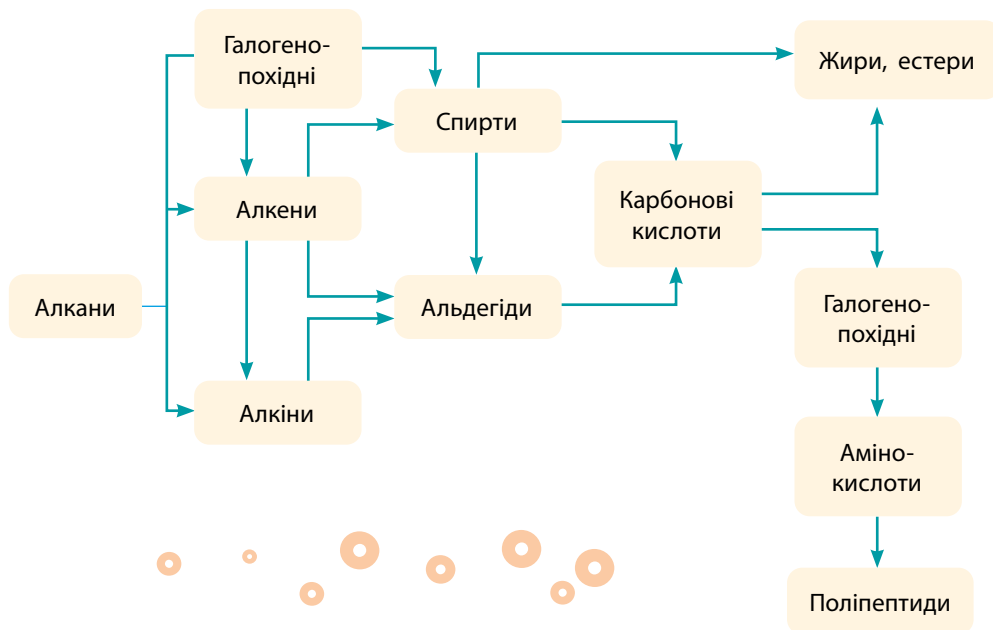


Під час вивчення вуглеводнів ви дізналися про реакції приєднання водню за подвійним і потрійним зв'язками (гідрогенізація). Але існують також реакції відщеплення водню з утворенням кратних зв'язків між атомами Карбону. Так ми можемо схематично позначити взаємозв'язок між вуглеводнями у вигляді схеми, наведеної ліворуч.

Взаємозв'язок між вуглеводнями ґрунтується на способах взаємоперетворень вуглеводнів різних гомологічних рядів. За цим принципом можна також виявити взаємозв'язки між класами органічних сполук. Певна річ, класів

сполук існує багато та взаємозв'язки між ними дуже різноманітні, але для відомих вам класів сполук схему їх взаємозв'язків можна зобразити так:

Взаємозв'язок між класами органічних сполук



Грунтуючись на знаннях про взаємозв'язки між різними класами сполук, про їх властивості та способи одержання, можна спланувати й здійснити майже будь-які перетворення. Цим користуються хіміки-органіки для синтезу нових, ще не відомих сполук.

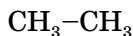


Дізнайтеся більше

Американське хімічне товариство (American Chemical Society, ACS), починаючи від 1907 року, видає журнал «Хімічні реферати» (Chemical Abstracts), де зібрано реферати всіх наукових публікацій світу. Це товариство також має підрозділ «Хімічна реферативна служба» (Chemical Abstracts Service, CAS), що веде облік усіх відомих хімічних сполук. За даними цієї служби, 1990 року було відомо приблизно 8 млн органічних сполук, 1999 року їх кількість збільшилася до 12 млн, а 2014 року — до 87 млн. На початок 2023 року в цій службі зареєстровано приблизно 204 мільйони речовин, сполук, сплавів, мінералів, сумішей, полімерів і солей, більшість із яких — органічні сполуки.

Робота з інформацією

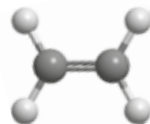
- 392.** Схарактеризуйте взаємозв'язок між органічними та неорганічними речовинами, між класами органічних сполук.
- 393.** Класифікуйте органічні речовини за різними ознаками.



Етан



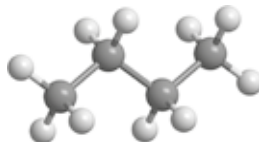
Етанол



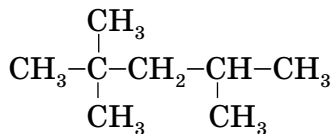
Етен



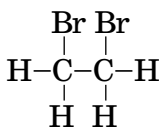
Етанова кислота



Бутан



Ізооктан



1,2-дибромоетан



Аміноетанова кислота



Гліцерол

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 394.** Запишіть рівняння реакцій для ілюстрації схеми взаємозв'язку органічних і неорганічних речовин, наведеної на с. 254.
- 395.** Проаналізуйте, як можна порівняти причини багатоманітності органічних сполук, названих у цьому параграфі, із такими: а) існування гомологів; б) різна будова карбонових ланцюгів: нерозгалужені, розгалужені, циклічні; в) різноманітність хімічних елементів, що містяться у складі органічних сполук (N, O, P, S тощо).



Ключова ідея

У природі існує безліч органічних речовин, складні взаємозв'язки між якими характеризують властивості та методи одержання органічних сполук.

§ 34. КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ



rnk.com.ua/
114423



За майже три роки вивчення хімії ми дізналися про чималу кількість різних хімічних реакцій — аж голова обертом іде. Хотілося б розібратися в цьому різноманітті. Чи існує певна система для класифікації реакцій?



Пригадайте

Про які типи хімічних реакцій ви дізналися в 7–9-х класах? Чим вони відрізняються?



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Запропонуйте спосіб класифікації хімічних реакцій. Які критерії слід брати до уваги? Чи всі реакції можна класифікувати за обраними вами ознаками та критеріями?

34.1 Класифікація реакцій за числом і складом реактантів і продуктів реакції

У цьому параграфі ми класифікуємо відомі вам хімічні реакції за різними ознаками.

Реакції за числом і складом реактантів і продуктів реакції:

- сполучення: $A + B \rightarrow C$
- розкладу: $A \rightarrow B + C + D$
- заміщення: $A + BC \rightarrow AC + B$
- обміну: $AB + CD \rightarrow AD + CB$

rnk.com.ua/
113567



Анімаційний ролик
«Типи хімічних реакцій:
сполучення, розкладу,
обміну, заміщення»



Реакціями сполучення називають хімічні перетворення, під час яких із кількох речовин утворюється одна.

Реакції сполучення відповідають схемі: $A + B \rightarrow C$.

Характерними реакціями цього типу є:



Мал. 34.1. Горіння магнію є прикладом реакції сполучення

- взаємодія простих речовин: $2Mg + O_2 = 2MgO$ (мал. 34.1)
- реакції оксидів із водою: $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$
- взаємодія кислотних оксидів з основними: $CO_2 + CaO = CaCO_3$
- взаємодія ненасичених вуглеводнів із воднем: $C_2H_4 + H_2 \xrightarrow{t, Ni} C_2H_6$
- взаємодія ненасичених вуглеводнів із галогенами: $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow C_2H_4Cl_2$
- полімеризація: $nCH_2 = CH_2 \rightarrow [-CH_2-CH_2-]_n$



Реакціями розкладу називають хімічні перетворення, під час яких з однієї речовини утворюється кілька речовин.

Реакції розкладу відповідають схемі: $A \rightarrow B + C + D$.



Мал. 34.2. Класичним прикладом реакції розкладу є електроліз води

Із-поміж неорганічних сполук прикладами таких реакцій є розкладання:

- оксигеновмісних кислот: $H_2SiO_3 \xrightarrow{t} SiO_2 + H_2O$
- амфотерних гідроксидів і більшості основ: $Cu(OH)_2 \xrightarrow{t} CuO + H_2O$
- солей: $CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2 \uparrow$
- оксидів: $2H_2O \xrightarrow{e} 2H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ (мал. 34.2)

Для органічних речовин реакціями розкладу є:

- крекінг вуглеводнів: $C_{24}H_{50} \xrightarrow{t} C_{12}H_{24} + C_{12}H_{26}$
- відщеплення водню: $C_2H_6 \xrightarrow{t, Ni} C_2H_4 + H_2$
- розкладання вуглеводів: $C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{t} 12C + 11H_2O$

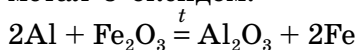


Реакцією заміщення називають хімічну реакцію, у якій частинка (атом, йон, група атомів) реактанту повністю переходить до складу іншої сполуки, заміщаючи певну частинку в її структурі, яка вивільняється в цьому разі й утворює нову речовину.

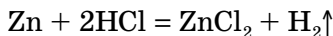
Реакції заміщення відповідають схемі: $A + BC \rightarrow AC + B$.

Зазвичай реакції заміщення відбуваються між однією простою й однією складною речовинами:

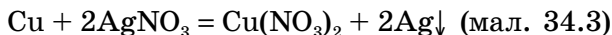
- метал з оксидом:



- метал із кислотою:

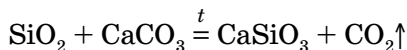


- метал із сіллю:

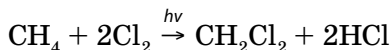


- неметал з оксидом: $C + PbO \xrightarrow{t} CO + Pb$

Хоча трапляються реакції заміщення між двома складними речовинами, наприклад, реакція кислотного або амфотерного оксиду із сіллю:



Реакції заміщення характерні також для органічних речовин. Наприклад, відома вам реакція галогенування вуглеводнів:



Мал. 34.3. Прикладом реакції заміщення є взаємодія аргентум(1+) нітрату з міддю

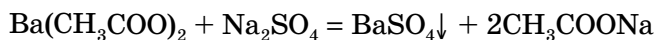
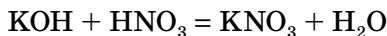
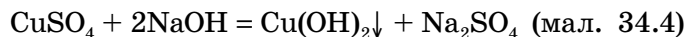


Реакціями обміну називають хімічні перетворення, під час яких дві складні речовини обмінюються своїми складниками.

Реакції обміну відповідають схемі:



Це найпоширеніша група реакцій між складними речовинами, зокрема між кислотами, основами, солями:



Більшість реакцій обміну відбуваються в розчинах і супроводжуються утворенням слабого електроліту або речовини-неелектроліту.



Мал. 34.4. Прикладом реакції обміну є утворення купрум(2+) гідроксиду

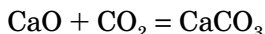


Поміркуйте

Чи можна будь-яку реакцію класифікувати за наведеним вище принципом? Чому? Аргументуйте свою думку відповідними прикладами.

34.2 Оборотні й необоротні реакції

Часто напрям реакції залежить від умов її проведення. Наприклад, за кімнатної температури відбувається реакція утворення кальцій карбонату:



Однак за нагрівання до високої температури (до 1000 °C) починає переважати зворотна реакція розкладання кальцій карбонату:



Трапляється, що за однакових умов хімічна реакція може відбуватися у двох протилежних напрямках. Зокрема, наведена реакція в певному інтервалі температур відбувається в обох напрямках.

Реакції за можливістю перебігу в протилежних напрямках:

- оборотні;
- необоротні.



Реакції, які за заданих умов відбуваються як у прямому, так і у зворотному напрямках, називають **оборотними**.

У хімічних рівняннях таких реакцій замість знака «дорівнює» записують знак оборотності (протилежно спрямовані стрілки):



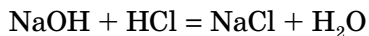
Оборотні процеси дуже поширені. До них належать дисоціація води та слабких кислот, взаємодія водню з бромом, йодом, азотом тощо.



Поміркуйте

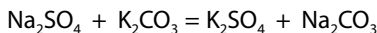
Наведіть приклади оборотних реакцій із-поміж природних процесів, хімічних реакцій, що відбуваються в побуті або які використовують на виробництві.

Необоротними є хімічні реакції, продукти яких не здатні реагувати один з одним з утворенням реактантів. Тому в необоротних реакціях усі реактанти взаємодіють один з одним повністю з утворенням продуктів реакції. Більшість реакцій у неорганічній хімії є саме необоротними (на відміну від реакцій за участю органічних речовин):



Дізнайтеся більше

- Іноді помилково вважають: якщо під час зливання розчинів електролітів не виділяється газ, вода або осад, то відбувається оборотна реакція. Наприклад, між розчинами натрій сульфату й калій карбонату:



Але в оборотних реакціях перетворення відбуваються одночасно в обох напрямках, а в цьому разі перетворень узагалі немає. Після зливання розчинів Na_2SO_4 і K_2CO_3 утворюється розчин, у якому міститься суміш йонів Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , між якими зовсім відсутня будь-яка хімічна реакція.

- На відміну від реакції нейтралізації сильної кислоти лугом, реакція нейтралізації за участю слабкої кислоти або основи є оборотною. Солі, що утворюються внаслідок таких реакцій, здатні взаємодіяти з водою під час розчинення. Цей процес називають *гідролізом солей* (більш детально про нього можна дізнатися під час вивчення хімії в профільній школі).

34.3 Класифікація реакцій за тепловим ефектом

У природі відбувається багато процесів, під час яких змінюється енергія компонентів системи.

Кожна хімічна реакція супроводжується тепловим ефектом: у хімічних реакціях теплота може виділятися або поглинатися.

Реакції за тепловим ефектом:

- екзотермічні;
- ендотермічні.

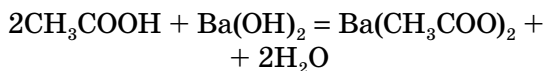
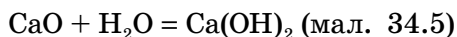
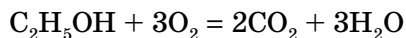


Хімічні реакції, що відбуваються з виділенням теплоти, називають **екзотермічними**.



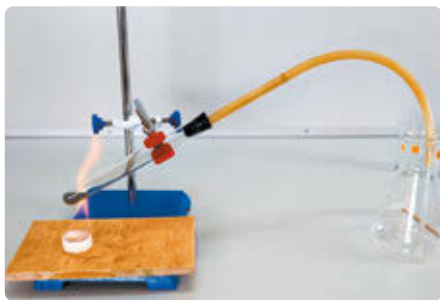
Мал. 34.5. Гасіння негашеного вапна водою супроводжується виділенням значної кількості теплоти

Екзотермічними є насамперед реакції, що супроводжуються появою полум'я та / або розігріванням речовин. Це — процеси горіння, бродіння, гниття тощо. Екзотермічними також є реакції нейтралізації:

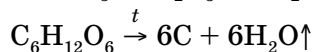
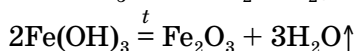
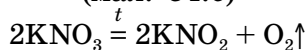
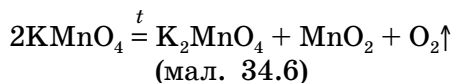


Хімічні реакції, під час яких відбувається поглинання теплоти, називають **ендотермічними**.

До ендотермічних належать ті реакції, які потребують постійного нагрівання: розкладання солей, гідроксидів (оксигеновмісних кислот, основ і амфотерних гідроксидів), багатьох органічних речовин. У хімічних рівняннях таких реакцій над знаком рівності чи стрілки записують позначення температури (нагрівання):



Мал. 34.6. Одержання кисню розкладанням калій перманганату відбувається за нагрівання



Для позначення теплового ефекту використовують термохімічні рівняння, за якими ми можемо не лише визначити, буде енергія виділятися чи поглинатися, але й обчислити величину цієї енергії.



Поміркуйте

За визначеннями оборотних процесів і екзо- й ендотермічних реакцій зробіть припущення, якими за тепловим ефектом будуть пряма й оборотна реакції. Обґрунтуйте свою думку.



Пригадайте

За матеріалом підручника хімії 8-го класу пригадайте:

- що означає поняття «ступінь окиснення»;
- які ступені окиснення можуть виявляти хімічні елементи;
- алгоритм визначення ступенів окиснення хімічних елементів у сполуках.

rnk.com.ua/
113568



Усі хімічні реакції можна розділити на дві групи: ті, під час яких хімічні елементи змінюють свої ступені окиснення, і ті, що відбуваються без таких змін.

Ступені окиснення елементи змінюють в окисно-відновних реакціях (скорочено ОВР).

Реакції за зміною ступеня окиснення:

- окисно-відновні: міжмолекулярні та внутрішньомолекулярні;
- без зміни ступеня окиснення: нейтралізації.



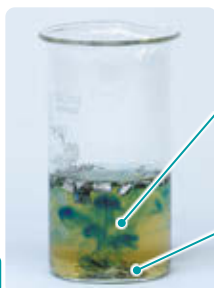
Реакції, у яких хоча б один хімічний елемент змінює свій ступінь окиснення, називають **окисно-відновними**.

Робота з інформацією

396. За зображеннями хімічних процесів запишіть рівняння відповідних реакцій і класифікуйте їх за класифікаційними ознаками.



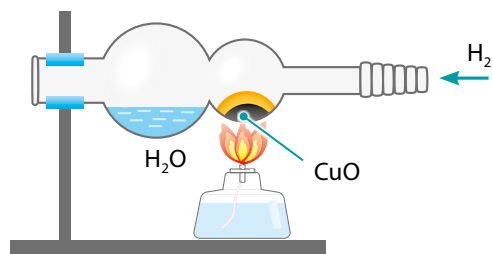
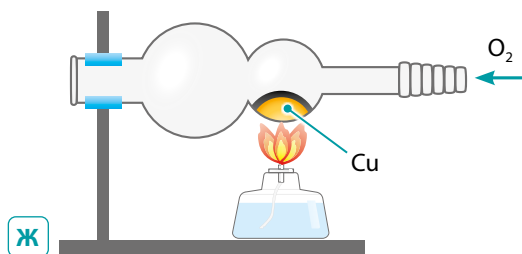
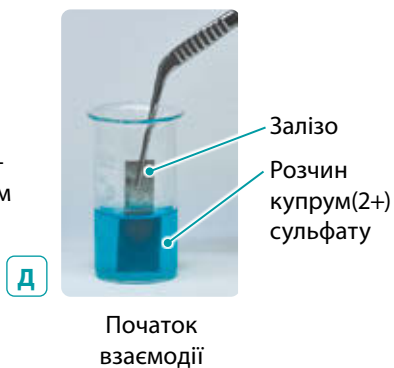
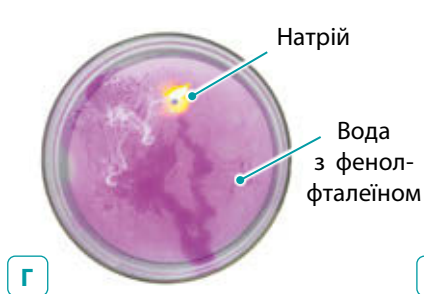
А



Б



В



Розуміння явищ природи (робота в групах)

397. Чи можна вважати реакцію окиснення глюкози, яка відбувається під час дихання аеробних організмів, та процес фотосинтезу оборотними реакціями? Аргументуйте свою думку.

- 398.** Наведіть по одному прикладу: а) ендотермічної реакції розкладу; б) реакції сполучення між газами; в) окисно-відновної реакції розкладу; г) екзотермічної реакції між твердою та газуватою речовинами; д) окисно-відновної реакції заміщення між твердою та рідкою речовинами.
- 399.** Чи можна однозначно класифікувати за числом і складом реактантів такі хімічні реакції: а) взаємодія крейди (кальцій карбонату) з розчином нітратної кислоти; б) горіння вуглецю; в) горіння метану? Обґрунтуйте свою думку.
- 400.** Запишіть рівняння реакцій, що відповідають наведеним схемам:
- а) $A \xrightarrow{\text{розкладання}} B \xrightarrow{\text{сполучення}} V \xrightarrow{\text{заміщення}} \Gamma \xrightarrow{\text{обмін}} D;$
 б) $A \xrightarrow{\text{заміщення}} B \xrightarrow{\text{сполучення}} V \xrightarrow{\text{нейтралізація}} \Gamma \xrightarrow{\text{розкладання}} D.$
- 401.** Наведіть по одному прикладу рівнянь реакцій, що відтворюють такі способи одержання солей: а) солі безоксигенової кислоти реакцією сполучення; б) солі оксигеновмісної кислоти реакцією сполучення; в) реакція заміщення з кислотою; г) реакція заміщення із сіллю; д) реакція обміну з кислотним оксидом; е) реакція обміну з основним оксидом; ж) реакція обміну з нерозчинною сіллю; и) реакція обміну з нерозчинним гідроксидом; к) реакція обміну з розчинною сіллю; л) реакція обміну з нерозчинною кислотою.
- 402.** Запишіть рівняння реакцій одержання кислот: а) взаємодією двох оксидів; б) взаємодією кислоти й солі; в) взаємодією двох простих речовин (із наступним розчиненням продукту реакції у воді).
- 403.** Запишіть рівняння реакції одержання плюмбум(2+) сульфід: а) реакцією сполучення; б) реакцією заміщення; в) реакцією обміну.
- 404.** Запишіть рівняння реакції одержання купрум(2+) сульфату: а) реакцією сполучення; б) реакцією заміщення; в) реакцією обміну.



Ключова ідея

Класифікація хімічних реакцій полягає в розподіленні їх на групи згідно з певними важливими ознаками. Під час класифікації головне — виявити ці характерні ознаки хімічної реакції.

§ 35. ЗЕЛЕНА ХІМІЯ



rnk.com.ua/
114424



Коли чую слово «хімія» в новинах, це часто про забруднення. А тут зелена хімія... Це що, новомодна етикетка? І чи не вийде, як завжди: усе, що «зелене», просто дорожче і його ніхто не купує?

35.1 Що таке зелена хімія?

У 70-ті роки минулого століття почала формуватися концепція *сталого розвитку*, яка сьогодні підтримана всіма країнами світу. Головний принцип цієї концепції — «передати» планету нащадкам не виснаженою, а здатною забезпечити їх розвиток на рівні, не гіршому за наш, і не примусити їх розв'язувати численні екологічні проблеми.

Із боку хімічної спільноти та хімічного виробництва дотриманням цієї концепції є слідування принципам нового напрямку хімії — *зеленої хімії* (Green Chemistry).

Головним завданням зеленої хімії є зміна способів одержання речовин і технологічних процесів так, щоб мінімізувати утворення речовин, які можуть бути шкідливими для довкілля.

Останнім часом принципи зеленої хімії дедалі більше підтримуються суспільством, про що свідчить багато фактів. Зокрема, 2005 року Нобелівську премію з хімії отримали Роберт Граббс, Річард Шрок і Ів Шовен за розвиток методу метатезису в органічному синтезі, який модифікує багато виробничих процесів обробки ненасичених сполук з урахуванням принципів зеленої хімії.

35.2 Принципи зеленої хімії

В одному з перших посібників із зеленої хімії (П. Т. Анастас, Дж. Ворнер «Зелена хімія: теорія і практика») було сформульовано 12 прин-

ципів цього напрямку науки. Сьогодні існує багато різних версій цих принципів, найпоширенішою з яких є «PRODUCTIVELY»:

Prevent wastes	Краще попередити утворення відходів, ніж потім їх переробляти
Renewable materials	Реагенти та витратні матеріали мають бути відновлюваними
Omit derivatization steps	Уникати побічних реакцій і проміжних продуктів
Degradable chemical products	Хімічний продукт має бути біорозкладним (після використання розкладатися на безпечні речовини, а не накопичуватися в навколишньому середовищі)
Use safe synthetic methods	Застосовувати методи синтезу з використанням найбільш безпечних для людини й довкілля речовин
Catalytic reagents	Застосовувати переважно каталітичні процеси, до того ж найбільш селективні
Temperature, pressure ambient	Здійснювати реакції за умов, максимально наближених до звичайних
In process monitoring	Створювати аналітичні методики для постійного моніторингу хімічних процесів у реакторах
Very few auxiliary substances	Використовувати якомога менше розчинників і допоміжних речовин
E-factor, maximize feed in product	Ураховувати Е-фактор, максимально збільшувати вихід продукту реакції
Low toxicity of chemical products	Синтезовані речовини мають бути менш токсичними, ніж реактанти
Yes, it is safe	Застосовувати речовини та форми речовин із мінімальною небезпекою під час використання (спричинення опіків, отруєнь, вибухів, пожеж тощо)

35.3 Е-фактор і атомна ефективність

Для кількісного оцінювання хімічного виробництва використовують такі показники, як *Е-фактор* і *атомна ефективність*.

Е-фактор обчислюють як відношення маси всіх побічних продуктів, що фактично є відходами виробництва, до маси цільового продукту:

$$\text{Е-фактор} = \frac{\text{маса всіх побічних продуктів}}{\text{маса цільового продукту}}$$

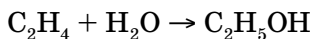
Значення Е-фактора дає змогу оцінити ступінь використання сировини й обсяг утворених відходів: що менше значення Е-фактора, то менше відходів певного виробництва. Найкращий результат за цим показником має нафтопереробна промисловість, її Е-фактор дорівнює 0,1: сьогодні нафтову сировину майже повністю переробляють на різні види пального.

Найгірші показники у процесів синтезу фармпрепаратів, де, залежно від виробництва, Е-фактор може досягати 100.

Атомну ефективність обчислюють як відношення молярної маси цільового продукту до суми молярних мас усіх продуктів реакції:

$$\text{Атомна ефективність} = \frac{\text{молярна маса цільового продукту}}{\text{сумарна молярна маса всіх продуктів реакції}}$$

Атомна ефективність характеризує повноту використання хімічних елементів: чим результат ближчий до 100 %, тим більш «зеленою» є хімічна реакція. Наприклад, для реакції синтезу етанолу з етену:



атомна ефективність дорівнює 100 %, оскільки всі атоми реагентів містяться в складі продукту реакції.

35.4 Як дотримуватися принципів зеленої хімії?



Мал. 35.1. Використання біоетанолу замінює в повітрі вуглекислий газ із «викопного Карбону» на вуглекислий газ із відновлюваної рослинної сировини

Принципам зеленої хімії відповідає одержання й використання біодизелю та біоетанолу. Це зменшує споживання (спалювання) викопного палива. А обсяг утвореного вуглекислого газу внаслідок спалювання рослинного пального фактично дорівнює тому обсягу CO_2 , яку поглинули рослини з повітря під час фотосинтезу (мал. 35.1).

Останнім часом деякі хімічні компанії відмовляються від використання «класичних» органічних розчинників. Сьогодні проводять наукові

дослідження щодо заміни їх безпечними речовинами в надкритичному стані, коли за певних умов (тиск і температура) — у так званій потрійній точці — речовини переходять у надкритичний стан, де поєднуються властивості рідини та газу.

Сьогодні в наукових лабораторіях розробляють способи модернізації технологій із метою «озеленити» хімічні виробництва. Але засновники зеленої хімії закликають змінити саму філософію підходу до модернізації виробництва.

Наприклад, можна створювати суперефективні мийні засоби для видалення нагару зі сковорідки з хитромудрою формулою чи привабливим запахом. А можна покрити сковорідки антипригарним покриттям, щоб цей нагар не утворювався. Якщо до хімічної промисловості застосовувати такий підхід, тоді зелена хімія вийде на новий рівень розвитку та стане невід'ємним складником нашого життя.

Робота з інформацією

- 405.** У додаткових джерелах знайдіть приклади реалізації принципів зеленої хімії та підготуйте коротке повідомлення.
- 406.** Поясніть значення кожного з наведених у параграфі принципів зеленої хімії. Наведіть приклади.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 407.** Поясніть принципові відмінності між відносним виходом продукту реакції від теоретичного та Е-фактором. Відповідь проілюструйте прикладами.
- 408.** Наведіть приклад хімічної реакції з атомною ефективністю 100 % за участю лише неорганічних речовин.
- 409.** Обчисліть атомну ефективність нейтралізації хлоридної кислоти натрій гідроксидом, якщо цільовим продуктом є натрій хлорид. Чи можливо зменшити такий показник для цієї реакції?
- 410.** Поясніть, у який спосіб дотримання принципів зеленої хімії узгоджується з концепцією сталого розвитку.
- 411.** Виберіть будь-яке виробництво хімічної чи металургійної галузі (за можливістю таке, підприємства якої є у вашій місцевості). Оцініть його за принципами зеленої хімії, наведеними в параграфі. Запропонуйте шляхи модернізації.

412. Проаналізуйте таблицю й дайте відповіді на запитання.

Галузь	Обсяг виробництва, тонн/рік	Е-фактор
Нафтопереробна	106–108	0,1
Основний хімічний синтез	104–106	1–5
Тонкий хімічний синтез	102–104	5–10
Фармацевтичний синтез	10–103	25–100

- Як ви вважаєте, які речовини є продуктами галузей основного, тонкого та фармацевтичного синтезу?
- Запропонуйте пояснення значень Е-фактора для кожної галузі.



Ключова ідея

Зелена хімія — це принципово новий, безпечний для людини та планети підхід до організації виробництва хімічних речовин і принципів їх використання.

Самооцінювання за темою «Узагальнюємо результати навчальної діяльності»

[rnk.com.ua/
113569](http://rnk.com.ua/113569)



Рефлексуємо щодо теми

УЗАГАЛЬНЮЄМО РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

- Поверніться на початок розділу (с. 232) і прочитайте перелік того, про що ви мали дізнатися.
- Визначте, чого ви навчилися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

Словник термінів до підручника

[rnk.com.ua/
113917](http://rnk.com.ua/113917)



Предметний покажчик

А

Аерозолі 33
Алкани 129
Алкени 142
Алкіни 142
Амінокислоти 224

Б

Білки 226
Бродіння 210

В

Вищі карбонові
кислоти 192
Водневий зв'язок 24
Водневий показник 90
Вуглеводи 207

Г

Гомологи 130
Гомологічна різниця 130

Д

Диполь 16
Дисперсні системи 31

Е

Екстракція 57
Електроліти
й неелектроліти 71
Електролітична
дисоціація 73
Електронегативність 8
Емульсії 32

Ж

Жири 199

З

Зелена хімія 266

К

Карбонові кислоти 184
Кислотність середовища 89
Колоїдні розчини 34
Крекінг 162

М

Масова частка розчиненої
речовини 49
Міцела 194

Н

Насичені сполуки 133
Ненасичені вуглеводні 142

О

Органічна хімія 124

П

Поверхнево-активні
речовини 194
Полімер 150
Полімеризація 150

Р

Реакції нейтралізації 102
Розчини 35
Розчинність 40

С

Спирти 166
Ступінь дисоціації 86
Суспензії 32

Х

Хімічний зв'язок 8

Я

Якісні реакції 110

Відповіді до розрахункових задач

- § 5. 53. 720 мл. 54. 1,1 г, малорозчинний. 58. 163,6 мл, 217,6 г.
§ 6. 65. 0,343 кг сиропу, 1,657 кг води, 30 г цукру. 66. 133,3 г. 67. 52,4 %.
68. 44,9 %. 69. 29,7 мл. 70. 42,8 г. 71. 2,24 л. 72. 15,6 г. 74. 35 г.
§ 11. 128. 0,008 моль, $\alpha = 8\%$, тому HF є кислотою середньої сили.
§ 13. 153. 1,095 г. 154. 1,435 г. 155. 15 %, 43,52 г, 56,48 г. 156. 0,444 %.
§ 17. 200. 75 %, 81,8 %. 203. 7,1 г. 204. 17,675 г. 205. а) 7,575 г; б) 12,75 г; в) 17,925 г;
г) 23,1 г. 208. 150 л. 209. 31,9 % на нагрівання води.
§ 18. 216. Однакові. 217. Етину. 218. $w(C_2H_4) = 0,02824\%$, $w(C_2H_2) = 0,1587\%$.
220. а) 5,6 л; б) 11,2 л. 221. 1,12 л. 222. а) зменшиться вдвічі; б) не зміниться.
§ 19. 233. 10 000. 234. а) $w(C) = 85,7\%$, $w(H) = 14,3\%$; б) такі самі.
§ 21. 258. 45,3 %. 259. 4,6 г. 260. $V(O_2) = 4,5$ л, $V(CO_2) = 3$ л. 261. 25 г.
§ 23. 277. Для етанолу в 1,71 раза більший. 283. 12,3 %.
§ 24. 297. 64,3 г, 685,7 мл. 298. 8,4 г. 299. 1,5 г. 300. 59,5 г.
§ 26. 325. 1026 л. 326. 456,96 л.
§ 27. 331. 50 г. 332. 37,5 г. 333. 145,4 млрд т. 335. 342 г, 18 г.
§ 28. 341. 12 963. 342. 1,066 м³. 343. 5,66 %.
§ 29. 355. 18,75 г. 356. 4 %. 357. $C_2H_5NO_2$ (NH_2CH_2COOH).
358. $C_3H_7NO_2$ ($NH_2-CH_2-CH_2-COOH$).
§ 30. 374. 8,55 г. 375. 12 г. 376. 4,5 г. 377. 58,8 г.
§ 31. 383. 2,24 л. 384. 820 г. 385. 5,325 г.
§ 32. 390. Із сірки втричі більше. 391. 3,1 г.

Відомості про користування підручником

№ з/п	Прізвище та ім'я учня / учениці	Навчальний рік	Стан підручника	
			на початку року	у кінці року
1				
2				
3				
4				
5				

Навчальне видання

ГРИГОРОВИЧ Олексій Владиславович

НЕДОРУБ Олександр Юрійович

«ХІМІЯ»

Підручник для 9 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів.

Продаж заборонено

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

Редактор *Т. М. Мишиньова*. Технічний редактор *А. В. Плisko*.

Художнє оформлення *В. І. Труфена, Т. В. Задорожної*.

Комп'ютерна верстка *І. І. Пікальова*. Коректор *Н. В. Красна*.

Підписано до друку 15.05.2026. Формат 70×90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 20.25. Обл.-вид. арк. 23.80.

Наклад 327 385 пр. Зам. № 6604-2026.

ТОВ Видавництво «Ранок», пр. Незалежності, 5, Харків, 61022;
вул. Деревлянська, 13, Київ, 04119. E-mail: office@ranok.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 8348 від 02.06.2025.

Надруковано у друкарні ТОВ «ТРИАДА-ПАК»,
пров. Сімферопольський, 6, Харків, 61052.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5340 від 15.05.2017.

Тел. +38 (057) 712-20-00. E-mail: triadakniga@ukr.net



Служба підтримки:
rnk.com.ua/107946

Таблиця розчинності кислот,

Аніони	Назва аніона										
		H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺
ОН ⁻	гідроксид		P	P	P	P•	Н	М	М	P	Н
F ⁻	фторид	P	М	P	P	P	Н	Н	М	М	М
Cl ⁻	хлорид	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Br ⁻	бромід	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
I ⁻	йодид	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CO ₃ ²⁻	карбонат	М•	М	P	P	P ^Г	М ^Г	Н	Н	Н	—
SiO ₃ ²⁻	силікат	Н	М	P	P	—	Н	Н	Н	Н	Н ^Г
NO ₂ ⁻	нітрит	P•	P	P	P	P•	P	P	P	P	Г
NO ₃ ⁻	нітрат	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CH ₃ COO ⁻	ацетат	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P ^Г
PO ₃ ⁻	метафосфат	P	P	P	P	P	Н	Н	—	Н	Н
PO ₄ ³⁻	ортофосфат	P	М	P	P	Г	М	Н	Н	Н	Н
S ²⁻	сульфід	М	P	P	P	—	М ^Г	М ^Г	М	P	Г
SO ₃ ²⁻	сульфіт	P•	P	P	P	P	М	Н	Н	М	—
SO ₄ ²⁻	сульфат	P	P	P	P	P	P	М	М	Н	P

P

— розчинна речовина (розчинність понад 1 г на 100 г води)

М

— малорозчинна речовина (розчинність від 0,01 г до 1 г на 100 г води)

Н

— практично нерозчинний (розчинність становить менше 0,01 г на 100 г води)

Г

— речовина існує, але вільно її неможливо виділити (її розчинність визначити неможливо)

Ряд активності металів (е

Метал	Li	K	Cs	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Be	Al	Ti	Mn	Zn
Катіон	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Ti ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺

гідроксидів і солей у воді (за 25 °C)

Катіони													
Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Hg ²⁺	Au ³⁺
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	•	Н	Н	•	•
Р	М	М	М ^Г	Р	Р	М	Н	Р	Р	М	Р	Г	Г
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р ^Г	Р	Р ^Г
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р ^Г	М	Н ^Г
М	Р	Р	—	Р	Р	—	Р	Р	Н	М	М ^Г	Н	Н
—	Н	Н	—	Н ^Г	Н ^Г	Н ^Г	Н ^Г	Н	Н	Н	Г	—	—
Н ^Г	Н	Н	Н ^Г	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Г	—	—
Г	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	—	—
Р	Р	Р•	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Г
Р ^Г	Р	Р	Н ^Г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	Р	—
Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	Г	Г	—
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—
Г	Н	Н	Н ^Г	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
—	—	М	—	Н	Н	Н	М	М	М	Н	—	—	—
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р ^Г	Н ^Г	Р ^Г

на речовина (розчинність
1 г на 100 г води)

заєдодіє з водою (гідролізується),
ти з розчину
ачити неможливо)

- — речовина нестійка і розкладається при утворенні
- — речовина не існує або немає достовірних відомостей про її існування

електрохімічний ряд, ряд напруг)

Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Bi	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
Cr ³⁺	Fe ²⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	H ⁺	Bi ³⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺

підручник для 9 класу
закладів загальної середньої освіти

Особливості підручника:

- діяльнісний підхід до вивчення предмета
- змістовна текстова частина, увиразнена яскравим візуальним матеріалом
- практичне спрямування, зв'язок із життям
- різноманітні експерименти та дослідження

Інтерактивний електронний додаток містить:

- тестові завдання до всіх розділів для самоконтролю
- навчальні відеодосліди до окремих тем
- інтерактивні завдання до кожного параграфа
- цікаві анімаційні ролики



ISBN 978-617-8775-62-9



Інтерактивний
електронний додаток
до підручника
доступний за QR-кодом
або посиланням
rnk.com.ua/111360