

Н. М. Буринська, Л. П. Величко

ХІМІЯ

Підручник для 9 класу
загальноосвітніх навчальних закладів

Київ
Видавничий дім «Сам»
2017

УДК 375.5+53](075.3)
Б91

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 20.03.2017 р. № 417)*

А в т о р и р о з д і л і в:

Н. М. Буринська — I—III, V розділи;

Л. П. Величко — IV розділ

Буринська Н. М.

Б91 **Хімія** : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закладів / Н. М. Буринська, Л. П. Величко. — К. : Видавничий дім «Сам», 2017. — 152 с. : іл.

ISBN 966-8714-40-7

Підручник розроблено згідно з чинною навчальною програмою з хімії для 9 класу. В основу викладення змісту знань та їх узагальнення покладено сучасну модель особистісно орієнтованого навчання, якою передбачено самонавчання і самоконтроль, вироблення особистісного ставлення до об'єктів і явищ, розвиток емоційно-ціннісної сфери учнів.

Апарат організації засвоєння змісту підручника (запитання, вправи, задачі, прописи лабораторних і практичних робіт, шрифтові виділення, рубрикація, узагальнювальні таблиці, анонси на початку розділу чи параграфа й резюме – наприкінці) та апарат орієнтування (звертання до учнів, поради щодо самостійної роботи, відповіді до завдань, тлумачний словничок, додаток, іменний і предметний покажчики) спрямовано на навчання учнів у діяльності, що дає змогу сформувати і виявити їхні ключові й предметні компетентності.

УДК 375.5+53](075.3)

ISBN 966-8714-40-7

© Буринська Н. М., Величко Л. П., 2017
© Видавничий дім «Сам», 2017

ЗМІСТ

Як користуватися підручником хімії	5
--	---

Правила поведінки учнів у кабінеті хімії	6
--	---

Розділ I. ПОВТОРЕННЯ НАЙВАЖЛИВІШИХ ПИТАНЬ КУРСУ ХІМІЇ 8 КЛАСУ

§ 1. Основні класи неорганічних сполук	7
§ 2. Періодичний закон і Періодична система хімічних елементів	9
§ 3. Хімічний зв'язок і будова речовини	11

Розділ II. РОЗЧИНИ

§ 4. Поняття про дисперсні системи та їх значення	15
§ 5. Поняття про колоїдні розчини	17
§ 6. Поняття про істинні розчини	21
§ 7. Розв'язування задач на приготування розчинів із кристалогідратів	25
§ 8. Будова молекули води. Поняття про водневий зв'язок та його значення	27
§ 9. Розчинність речовин у воді	29
§ 10. Електролітична дисоціація	32
§ 11. Дисоціація електролітів у водних розчинах	35
§ 12. Реакції обміну між розчинами електролітів. Йонні рівняння	41

<i>Практична робота 1.</i> Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах	44
--	----

§ 13. Поняття про рН розчину	45
------------------------------------	----

§ 14. Якісні реакції на окремі йони	47
---	----

<i>Практична робота 2.</i> Розв'язування експериментальних задач	48
--	----

Розділ III. ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ

§ 15. Класифікація хімічних реакцій	49
§ 16. Окисно-відновні реакції	52
§ 17. Енергетичний ефект хімічних реакцій. Термохімічні рівняння	56
§ 18. Швидкість хімічних реакцій	61
§ 19. Каталітичні реакції	63
§ 20. Оборотні та необоротні реакції	66

Розділ IV. ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

§ 21. Що таке органічні сполуки	69
§ 22. Метан	73
§ 23. Гомологи метану	78
§ 24. Етен і етин	82
§ 25. Поліетилен	87

§ 26. Природний газ, нафта, кам'яне вугілля — природні джерела вуглеводнів	91
§ 27. Вуглеводнева сировина й охорона довкілля	97
§ 28. Етанол	100
§ 29. Гліцерол	102
§ 30. Етанова кислота	104
<i>Практична робота 3. Властивості етанової кислоти</i>	<i>109</i>
§ 31. Жири	110
§ 32. Вуглеводи. Глюкоза	113
§ 33. Сахароза	116
§ 34. Крохмаль	118
§ 35. Целюлоза	120
§ 36. Амінокислоти	122
§ 37. Білки	125
§ 38. Природні й синтетичні органічні сполуки	127
<i>Практична робота 4. Виявлення органічних сполук у харчових продуктах</i>	<i>130</i>

Розділ V. РОЛЬ ХІМІЇ В ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА

§ 39. Місце хімії серед наук про природу	131
§ 40. Роль хімії у суспільному розвитку	136
§ 41. Хімія та екологія	140
 ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ	 142
ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИЧОК	143
ДОДАТКИ	145
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	149
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	149



Як користуватися підручником хімії

Юні друзі!

Ви вже стали дев'ятикласниками, отже, завершуєте здобуття базової загальної середньої хімічної освіти. А попереду — вибір профілю подальшого навчання. Незалежно від вибору профілю навчання вам потрібні загальноосвітні хімічні знання — невід'ємний складник культури людини.

У 9 класі ви ознайомитеся із теорією розчинів. Адже більшість хімічних реакцій в організмі людини, в природі, на виробництві відбуваються саме в розчинах. Ви дізнаєтеся про величезне значення розчинів у житті й практичній діяльності людини. Довідаєтесь про те, як поведуться кислоти, луги, солі у водних розчинах. Навчитесь складати відповідні рівняння реакцій, довідаєтесь й про закономірності перебігу хімічних реакцій, їхню енергетику, швидкість тощо.

Окрім того, у курсі 9 класу ви ознайомитеся з найважливішими органічними речовинами. Дізнаєтеся про їхню різноманітність і значення в навколишньому світі. Зрозумієте значення органічних сполук у життєдіяльності організмів і переконаєтесь, що принципових відмінностей між органічними і неорганічними речовинами немає.

З метою полегшення сприймання навчального матеріалу і його засвоєння автори пропонують скористатися такими порадами.

- ◆ Під час роботи з підручником навчальний матеріал вивчайте по-спільно, не пропускаючи параграфів, щоб не порушувати логічного ланцюжка знань, які здобуваєте.

- ◆ Звертайте увагу на текст, що його виділено **жирним шрифтом**. Це найважливіший матеріал або такий, що потребує запам'ятовування.

- ◆ Не нехтуйте інформацією, поданою дрібним шрифтом або поза основним текстом. Вона буде цікавою для тих, хто прагне знати більше.

- ◆ Правильність виконання завдань перевіряйте за відповідями, наведеними в кінці підручника.

- ◆ Для з'ясування незрозумілих термінів вам стане у пригоді тлумачний словничок.

Бажаємо вам успіхів у навчанні!

Автори

Правила поведінки учнів у кабінеті хімії

Учні повинні додержувати таких правил.

1. Входити до кабінету хімії лише з дозволу вчителя.
2. Входити до кабінету і виходити з нього спокійно, щоб ненароком не перекинути хімічного посуду, приладдя чи склянки з реактивами, що стоять на столах.
3. Займати в кабінеті завжди одне й те саме робоче місце й не переходити на інше місце без дозволу вчителя.
4. Підтримувати чистоту і порядок на своєму робочому місці, прибирати після себе.
5. Під час роботи не тримати на лабораторному столі нічого зайвого. На ньому можуть бути підручник, збірник задач і вправ, довідник, зошит і письмове приладдя.
6. Всі досліди виконувати самостійно, крім тих, що їх за вказівкою вчителя виконують парами або групами з 2 — 3 учнів.
7. Не починати роботу, доки не перевірено, чи є все необхідне для дослідів, і не продумано послідовність виконання кожного з них.
8. Працювати сидячи, швидко, але без зайвої квапливості, під час роботи дотримувати тиші.
9. Записувати в зошиті хід виконання роботи, спостереження, рівняння виконаних реакцій, робити висновки відразу ж після виконання досліду.
10. Дбайливо ставитися до обладнання кабінету.
11. Дотримувати правил нагрівання, поводження з реактивами, хімічним посудом, лабораторним обладнанням. Знати запобіжні заходи під час роботи в кабінеті хімії.
12. Знати, де в кабінеті містяться аптечка, протипожежні засоби, і вміти ними користуватися в разі потреби.
13. Не вживати їжі та напоїв у хімічному кабінеті.

РОЗДІЛ І



ПОВТОРЕННЯ НАЙВАЖЛИВИШИХ ПИТАНЬ КУРСУ ХІМІЇ 8 КЛАСУ

§ 1. ОСНОВНІ КЛАСИ НЕОРГАНІЧНИХ СПЛУК

Ви вже знаєте, що все, що нас оточує, і ми самі складаємось із речовин. Саме речовини є предметом вивчення хімії. А їх сьогодні відомо понад 60 млн, і всі вони мають певні властивості. Ясна річ, що запам'ятати їх неможливо та й немає потреби. Щоб полегшити засвоєння відомостей про речовини, їх класифікують, установлюють зв'язки між класами, виявляють спільні властивості, що характерні для цілого класу речовин.

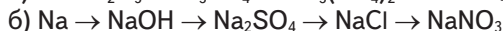
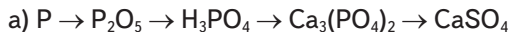
Розгляньте схему 1 «Класифікація речовин» (с. 8) і пригадайте означення кожного класу й підкласу, зверніть увагу, що в схемі трапляються й нові для вас підкласи речовин, а якщо деякі є відомими для вас, то спробуйте скласти рівняння реакцій, в яких беруть участь або утворюються речовини цього підкласу. Затим виконайте тренувальні вправи, умови яких наведено нижче.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Закінчіть рівняння хімічних реакцій, схеми яких подано нижче, і визначте тип кожної з них:
$$\text{FeCl}_3 + \dots \rightarrow \text{Fe(OH)}_3 + \dots$$
$$\text{Fe} + \dots \rightarrow \text{FeCl}_2 + \dots$$
$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \dots \rightarrow \text{NaCl} + \dots$$
$$\text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \dots + \text{H}_2\text{O}$$
$$\text{BaO} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \dots$$
$$\text{Al} + \text{S} \rightarrow \dots$$
$$\dots + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_2\text{ZnO}_2 + \dots$$
- Складіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
а) $\text{Cu} \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{Cu(OH)}_2 \rightarrow \text{CuCl}_2$
б) $\text{C} \rightarrow \text{CO}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 \rightarrow \text{Ba(NO}_3)_2 \rightarrow \text{BaSO}_4$
- Обчисліть об'єм водню (н. у.), що виділяється, якщо з розчином ортофосфатної кислоти взаємодіє магній кількістю речовини 1 моль.

4. Напишіть рівняння реакцій, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:



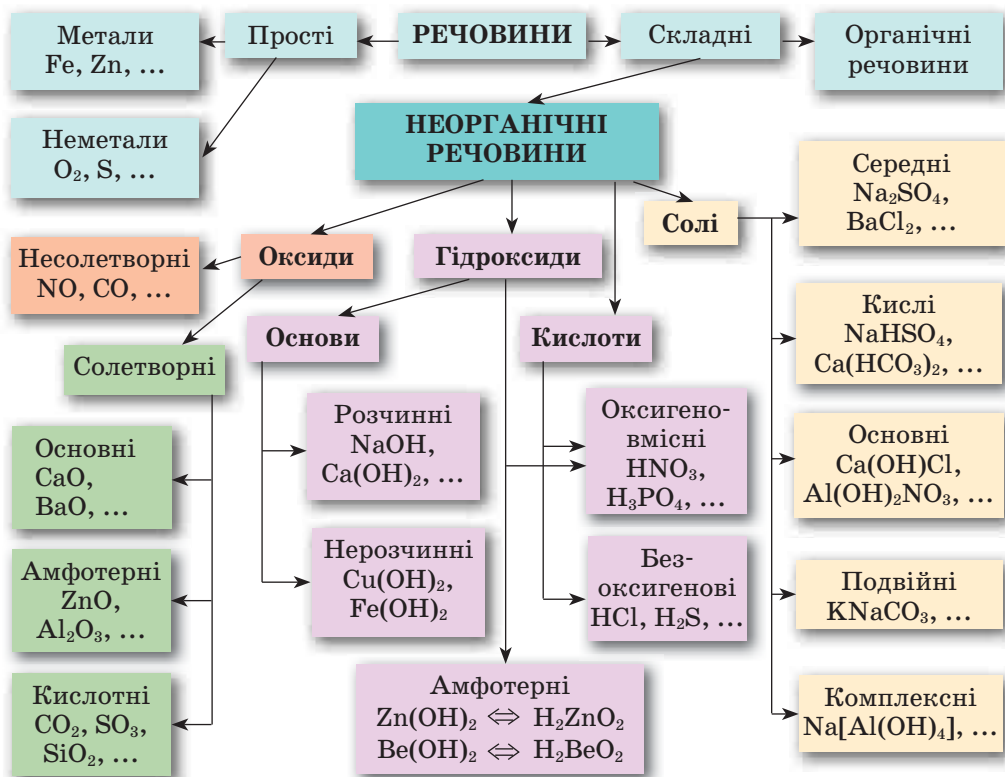
5. Як із цинк оксиду добути цинк гідроксид, якщо ви маєте всі необхідні реактиви? Складіть відповідні рівняння реакцій.
6. Обчисліть кількість речовини солі, що утворюється під дією на ферум(III) оксид нітратної кислоти кількістю речовини 3 моль.

Додаткові завдання

7. З якими із зазначених речовин може взаємодіяти хлоридна кислота: сульфур(VI) оксид, цинк оксид, сульфатна кислота, алюміній, натрій хлорид, карбон(IV) оксид, ферум(III) гідроксид? Напишіть рівняння відповідних реакцій.
8. Напишіть рівняння реакцій добування алюміній сульфату чотирма різними способами.
9. Складіть схему, що ілюструє хімічні властивості солей, супроводжуючи її рівняннями відповідних реакцій.
10. У розчині містяться натрій хлорид кількістю речовини 1 моль і натрій сульфат кількістю речовини 1 моль. Яку речовину і в якій кількості треба додати до розчину, щоб у ньому містився натрій хлорид кількістю речовини 3 моль і не було б натрій сульфату?
11. Унаслідок взаємодії з водою лужного металу масою 3,5 г виділяється водень об'ємом 5,6 л (н. у.). Визначте цей метал.

Схема 1

Класифікація речовин



§ 2. ПЕРІОДИЧНИЙ ЗАКОН І ПЕРІОДИЧНА СИСТЕМА ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Ви вже знаєте, що Періодичний закон було відкрито Д. І. Менделєєвим у 1869 р. А чи знаєте ви, чому саме Д. І. Менделєєву поталанило відкрити Періодичний закон, а не його попередникам, наприклад Лотару Мейєру? Адже Лотар Мейєр був на правильному шляху. Він спромігся з відомих на той час 63 елементів розмістити 27 за зростанням їхніх атомних мас, згрупувати подібні за валентністю елементи й опублікувати таблицю. Але Д. І. Менделєєв зіставляв між собою не тільки подібні, а й різні за властивостями елементи. Крім того, обираючи місце для елемента, він звертав увагу на його хімічні властивості. Завдяки цьому Д. І. Менделєєв зумів розташувати всі відомі на той час 63 елементи й залишити вільні клітинки для деяких, тоді ще невідомих, елементів і доволі точно спрогнозувати їхні властивості.

На вашу думку, чому відкриття Періодичного закону вважається геніальним? Річ у тім, що на той час уявлення про молекули й атоми тільки утверджувалися в науці. Причому атом вважався неподільною частинкою, про його внутрішню будову взагалі не йшлося. Створена Д. І. Менделєєвим Періодична система сама стала основою для вивчення будови атома і нині слугує відкриттю нових трансуранових елементів, тобто розташованих у Періодичній системі після Урану.

У 2016 р. було визначено назви і символи таких нових хімічних елементів: № 113 Ніхоній Nh, № 115 Московій Mc, № 117 Теннессій Ts, № 118 Оганессій Og.

Якщо це відкриття — геніальне, то чому зазнало змін Менделєєвське формулювання Періодичного закону? Д. І. Менделєєв, відкривши Періодичний закон і створивши на його основі Періодичну систему хімічних елементів, зробив найголовніше — показав, що властивості елементів та їхніх сполук змінюються періодично. Але рівень тогочасних знань не дав змоги виявити причини періодичності. Це стало можливим лише після смерті Д. І. Менделєєва, коли виявилось, що атом, який раніше вважався цеглинкою Всесвіту, є мікročастинкою, що складається з ядра та електронів.

● Унаслідок якого наукового відкриття змінилося формулювання Періодичного закону? Наведіть його сучасне формулювання.

Отже, як бачите, існує зв'язок Періодичного закону і Періодичної системи хімічних елементів із сучасними уявленнями про будову атома. Ось у чому він полягає.

1. Порядковий номер елемента відповідає заряду ядра, показує кількість протонів у ядрі, тому й називається тепер *протонним числом*, або *атомним номером*. Оскільки атом — електронейтральна частинка, то протонне число показує й кількість електронів у атомі.

2. Номер періоду в Періодичній системі відповідає кількості електронних шарів (енергетичних рівнів) у атомі.

3. Номер групи для елементів головних підгруп показує: а) кількість електронів, що розміщуються на зовнішньому електронному шарі їхніх атомів, тобто кількість *валентних електронів*, які беруть участь у хімічній взаємодії; б) найвищий позитивний *ступінь окиснення елемента* у вищому оксиді й гідраті оксиду (у кислоті чи основі).

4. В елементів побічних підгруп III — VII груп число валентних електронів їхніх атомів також дорівнює номеру групи, але розміщуються вони не лише на зовнішньому, а й на передостанньому електронному шарі.

Зв'язок між будовою атомів хімічних елементів і властивостями утворених ними простих і складних речовин ілюструє таблиця 1.

Таблиця 1

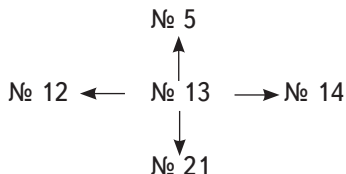
Зв'язок між будовою атомів і властивостями речовин

Характеристика елементів та утворених ними речовин	Група елементів							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Символ елемента	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Протонне число (заряд ядра)	+11	+12	+13	+14	+15	+16	+17	+18
Розміщення електронів у атомі	2, 8, 1	2, 8, 2	2, 8, 3	2, 8, 4	2, 8, 5	2, 8, 6	2, 8, 7	2, 8, 8
Валентні електрони	$3s^1$	$3s^2$	$3s^2 3p^1$	$3s^2 3p^2$	$3s^2 3p^3$	$3s^2 3p^4$	$3s^2 3p^5$	$3s^2 3p^6$
Схема будови зовнішнього електронного шару	Na·	Mg:	Al:	·Si:	·P:	·S:	·Cl:	·Ar:
Властивість простої речовини	Метал	Метал	Метал	Неметал	Неметал	Неметал	Неметал	Інертний газ
Вищий ступінь окиснення	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	—
Формули вищого оксиду і гідрату вищого оксиду	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇	—
	NaOH	Mg(OH) ₂	Al(OH) ₃	H ₂ SiO ₃	H ₃ PO ₄	H ₂ SO ₄	HClO ₄	—
Властивості оксиду і гідрату вищого оксиду	Осн.	Осн.	Амф.	Кисл.	Кисл.	Кисл.	Кисл.	—
Нижчий ступінь окиснення елемента	—	—	—	-4	-3	-2	-1	—
Формула легкої сполуки з Гідрогеном	—	—	—	SiH ₄	PH ₃	H ₂ S	HCl	—



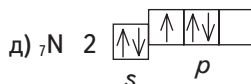
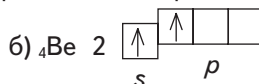
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Схарактеризуйте типовий металічний і типовий неметалічний елементи за їхнім місцем у Періодичній системі та будовою атома.
2. Як змінюються властивості елементів за наведеною схемою?



Відповідь обґрунтуйте. Біля порядкового номера запишіть хімічний символ елемента і формулу його оксиду.

3. Яка електронна конфігурація відповідає атому першого елемента кожного періоду?
4. Нижче наведено електронні конфігурації атомів Берилію й Нітрогену:



Зазначте, які з них є правильними. Відповідь обґрунтуйте.

Додаткові завдання

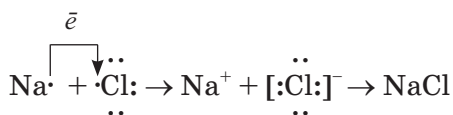
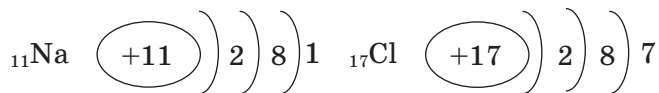
5. Чому елемент № 19 є s-елементом, а не d-елементом, хоча 3d-підрівень ще не заповнений? Напишіть електронну формулу атома цього елемента.
6. Визначте протонне число елемента, якщо електронна конфігурація зовнішнього електронного рівня його атома $4s^2 4p^3$. Напишіть електронну формулу атома аналогічного елемента, що розміщений у попередньому періоді. Який це елемент?
7. Один із передбачених Д. І. Менделєєвим елементів, що належить до 4-го періоду, утворює оксид, масова частка Оксигену в якому становить 30,59 %. Який це елемент?
8. Не користуючись Періодичною системою, спробуйте визначити, в якому періоді розміщений елемент із протонним числом 43. Напишіть електронну формулу атома цього елемента.

§ 3. ХІМІЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК І БУДОВА РЕЧОВИНИ

Електронна теорія будови атомів пояснила, як атоми утримуються разом у молекулі чи кристалі. І ви вже знаєте, що атоми хімічних елементів, які входять до складу простих або складних речовин, утримуються один біля одного завдяки хімічним зв'язкам.

Хімічний зв'язок — це взаємодія атомів, що зумовлює стійкість молекули або кристала як цілого.

Хімічний зв'язок виникає в результаті взаємодії позитивно заряджених ядер атомів і негативно заряджених електронів. Пригадайте два способи утворення хімічного зв'язку. *Перший* — за рахунок переходу одного або кількох електронів від одного атома до іншого, внаслідок чого в обох атомах виникає стійка 8-електронна оболонка (октет) й утворюються позитивно та негативно заряджені йони, що взаємодіють один з одним. Наприклад, Натрій взаємодіє з Хлором:



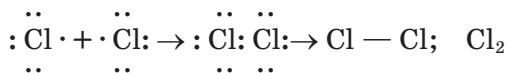
Що ж відбулося?

1. Атом Натрію втратив $3s^1$ -електрон і перетворився на позитивно заряджений йон зі стабільною електронною конфігурацією найближчого інертного елемента Неону.

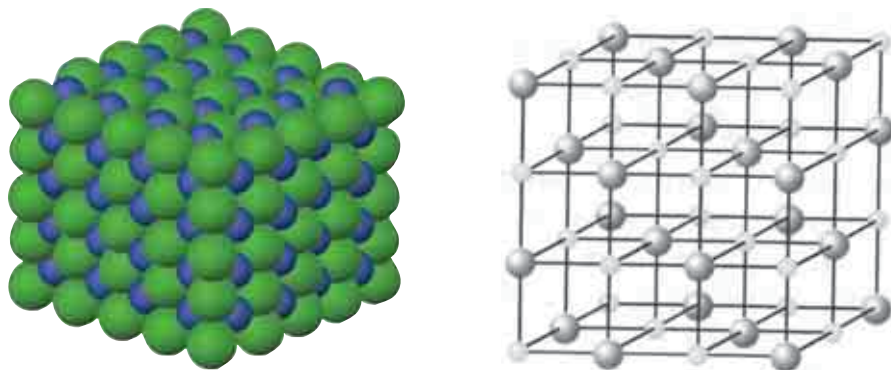
2. Атом Хлору приєднав цей електрон на свою $3p$ -орбіталь і перетворився на негативно заряджений йон із стабільною конфігурацією найближчого інертного елемента Аргону.

3. Різнойменно заряджені йони Натрію Na^+ і Хлору Cl^- взаємно притягуються й утворюють формульну одиницю NaCl . Але, зверніть увагу, молекули натрій хлориду NaCl існують тільки в паруватому стані. У твердому стані (кристалічному) усі йонні сполуки складаються з упорядковано розташованих позитивно і негативно заряджених йонів (мал. 1). Молекул при цьому немає. Формули, що їх зазвичай приписують йонним сполукам (NaCl , LiF , CaBr_2 , CsF), відображають лише співвідношення позитивно і негативно заряджених йонів у кристалі.

Другий спосіб — за рахунок усупільнення електронів. Від кожного атома, що бере участь в утворенні хімічного зв'язку, по одному електрону йде на утворення спільної електронної пари. Наприклад:

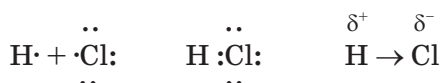


Результатом першого із цих способів є утворення *йонного зв'язку*, а другого — *ковалентного*. Коли виникає хімічний зв'язок між атомами неметалічних елементів одного виду, то це *неполярний ковалентний зв'язок*, а якщо між атомами різних видів — *полярний ковалентний зв'язок*. Він виникає через те, що атоми різних елементів мають різну електронегативність, і спільна елек-



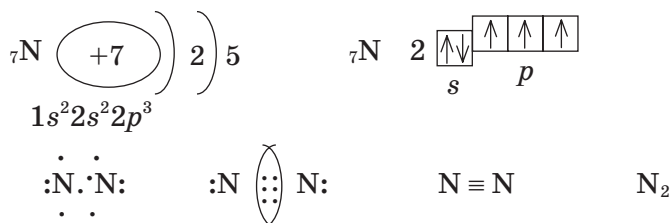
Мал. 1. Схема зображення кристалічних ґраток натрій хлориду

тронна пара зміщується до атома з більшою електронегативністю. Наприклад,



- Пригадайте, що таке електронегативність.
- Поясніть, як виникає диполь.
- На вашу думку, чи завжди полярний ковалентний зв'язок зумовлює утворення диполя? Як приклад розгляньте утворення молекули карбон(IV) оксиду.

Під час утворення молекул може виникати й кілька спільних електронних пар. Розгляньте, наприклад, електронну схему утворення молекули азоту N_2 :



Отже, потрійний зв'язок між атомами Нітрогену в молекулі азоту N_2 утворився за рахунок усупільнення трьох неспарених електронів кожного з атомів.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Складіть електронну схему утворення молекули броду Br_2 .
- Порівняйте будову йонів Mg^{2+} і F^- з будовою атома Неону Ne.
- Напишіть електронні та графічні формули молекул сірководню H_2S та амоніаку NH_3 .
- Скільки ковалентних зв'язків можуть утворювати в сполуках атоми Силіцію і Фосфору? Відповідь обґрунтуйте.
- Назвіть вид хімічного зв'язку в сполуках, формули яких H_2 , CO_2 , SiO_2 , O_2 , KCl , I_2 , Al_2O_3 , NH_3 , P_2O_5 , N_2 , HBr .

Додаткові завдання

6. Напишіть рівняння реакцій сполучення: а) літію з киснем; б) алюмінію з сіркою; в) магнію з фосфором. Складіть електронні схеми цих реакцій.
7. Напишіть молекулярну, електронну та графічну формули води. Обґрунтуйте склад і кутову будову молекули води.
8. Поясніть, чому молекули галогенів складаються з двох атомів, а не з трьох або чотирьох. Відповідь мотивуйте.
9. Користуючись таблицею 2, наведіть приклади конкретних реакцій, складіть їхні рівняння.

Таблиця 2

Реакції між оксидами, кислотами, основами, амфотерними гідроксидами і солями

Реагент	Основний оксид	Кислотний оксид	Амфотерний оксид	Кислота	Основа	Амфотерний гідроксид	Сіль
Основний оксид	—	Сіль	Сіль	Сіль + вода	—	Сіль + вода	—
Кислотний оксид	Сіль	—	Сіль	—	Сіль + вода	Сіль + вода	—
Амфотерний оксид	Сіль	Сіль	—	Сіль + вода	Сіль + вода	—	—
Кислота	Сіль + вода	—	Сіль + вода	—	Сіль + вода	Сіль + вода	Сіль + кислота
Основа	—	Сіль + вода	Сіль + вода	Сіль + вода	—	Сіль + вода	Сіль + основа
Амфотерний гідроксид	Сіль + вода	Сіль + вода	—	Сіль + вода	Сіль + вода	—	—
Сіль	—	—	—	Сіль + кислота	Сіль + основа	—	Сіль + сіль

РОЗДІЛ II



РОЗЧИНИ

§ 4. ПОНЯТТЯ ПРО ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ЗНАЧЕННЯ

Опанувавши зміст параграфу, ви будете	
мати уявлення про значення дисперсних систем; розуміти	суть понять «дисперсна система», «диспергована речовина», «дисперсійне середовище», «колоїдний розчин», «суспензія», «емульсія»;
уміти	пояснювати класифікацію дисперсних систем і наводити ознаки, за якими їх розрізняють.

Якщо одна речовина сильно подрібнена і рівномірно розподілена в іншій речовині, то утворюється *дисперсна система*.

Дисперсні системи оточують нас усюди. Повітря та їжа, папір, наше власне тіло, кров, лімфа — все це приклади дисперсних систем. Вони дуже різноманітні. Це пояснюється тим, що дисперговані (подрібнені) речовини, які їх утворюють, можуть перебувати в одному з трьох агрегатних станів.

Дисперсійне середовище також може бути газуватим, рідким і твердим. Наприклад, якщо дисперсійне середовище газувате, то дисперсні системи називають *аерозолями*. Вони складаються з часточок твердої речовини або краплин рідини, що перебувають у завислому стані в газуватому середовищі. До аерозолів належать туман, дим, пил тощо (мал. 2). У вигляді аерозолів спалюють рідке і порошкове паливо, наносять лакофарбові покриття, використовують пестициди, лікарські препарати, продукти побутової хімії, парфуми.



Мал. 2. Дим — приклад дисперсної системи — аерозолію

Найбільше практичне значення мають дисперсні системи, в яких середовищем є вода. Такі системи залежно від розмірів часточок поділяють на три групи:

- істинні розчини, або просто розчини;
- колоїдні розчини (золі);
- грубодисперсні системи, або зависі (суспензії, емульсії).

Суспензії утворюються, якщо диспергована речовина перебуває у твердому стані, а емульсії — у рідкому. Наприклад, якщо змолоти у воді дуже подрібнену крейду, то утвориться каламутна суміш, що повільно відстоюватиметься. Це й буде суспензія.

Прикладом емульсії може слугувати молоко, в якому роздрібленою речовиною є краплинки жиру. Зверніть увагу на те, що утворення емульсії має певне фізіологічне значення, оскільки жир у вигляді емульсії легше засвоюється організмом. Цим пояснюється емульгувальна функція жовчі, що її виділяє печінка.

Суспензії та емульсії під час зберігання швидко розшаровуються. На відміну від них колоїдні розчини є значно стійкішими. Найстійкішими серед дисперсних систем є *істинні розчини*, в яких диспергована речовина подрібнена до молекул або йонів.

- Розгляньте табл. 3 і зробіть висновок, що є спільного і відмінного між колоїдними та істинними розчинами.

Таблиця 3

Дисперсні системи

Характерна ознака	Істинні розчини	Колоїдні розчини	Суспензії, емульсії
Вид дисперсної системи	Молекулярно- або йонно-дисперсна	Колоїдно-дисперсна	Грубодисперсна
Розмір часточок	Менш ніж 1 нм	Від 1 до 100 нм	Понад 100 нм
Приклад дисперсної системи	Розчин солі або цукру у воді	Розчин білка курячого яйця у воді	Суміш крейди або олії з водою
Зовнішній вигляд системи	Прозора	Прозора	Каламутна
Виявлення часточок	Часточки не можна виявити оптичним способом	Часточки можна виявити за допомогою ультрамікроскопа	Часточки можна виявити візуально (простим оком)
Здатність затримуватися паперовим фільтром	Часточки проходять крізь фільтр		Часточки затримуються фільтром

Дисперсні системи поширені в природі. Це гірські породи, ґрунти, атмосферні опади, рослинні та тваринні тканини.

Серед дисперсних систем різних типів у хімії найбільше значення мають істинні та колоїдні розчини.

Висновки

- Дисперсними називаються такі фізико-хімічні системи, в яких диспергована (подрібнена) речовина перебуває у вигляді дуже дрібних часточок в іншій речовині — дисперсійному середовищі.
- За розміром часточок диспергової речовини дисперсні системи поділяють на істинні розчини (до 1 нм), колоїдні розчини (від 1 до 100 нм) і зависі — суспензії та емульсії (понад 100 нм).
- Дисперсні системи широко поширені в природі.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Який зміст вкладається у поняття «дисперсна система»? Наведіть 2 — 3 приклади дисперсних систем і поясніть, що це таке.
2. Порівняйте поняття «диспергована речовина» і «дисперсійне середовище». За якою істотною ознакою вони різняться?
3. Для добування деяких лаків готують дисперсну систему з барвника та ацетону. Що є при цьому дисперговою речовиною, а що — дисперсійним середовищем?
4. Поясніть, як класифікують дисперсні системи за ступенем подрібнення речовини.
5. Поясніть, чим відрізняються зависі від колоїдних та істинних розчинів.
6. Поясніть, чому сульфур(VI) оксид утворює на повітрі туман, а амоніак — ні.
7. Відомо, що суспензія часточок ґрунту поступово розшаровується, бо вони осідають на дно посудини, а під час відстоювання молока зверху збираються вершки. Що, на вашу думку, відбуватиметься з цими дисперсними системами у космосі?

§ 5. ПОНЯТТЯ ПРО КОЛОЇДНІ РОЗЧИНИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

мати уявлення про колоїдні розчини;

розуміти суть понять «адсорбція», «міцела», «коагуляція», «коагулянт»;

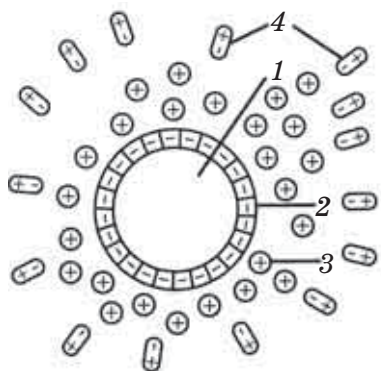
уміти пояснювати суть процесу коагуляції; розпізнавати колоїдні розчини; обґрунтовувати значення колоїдів у природі та виробництві.

Колоїдні розчини (колоїди) — це високодисперсні системи, що складаються з дуже маленьких (від 1 до 100 нм) часточок речовини (дисперсна фаза), які зависли в іншій речовині (дисперсійному середовищі). За розмірами часточок колоїдні розчини посідають проміжне місце між суспензіями й емульсіями та істинними розчинами.

Колоїдний стан речовини є універсальним, оскільки за певних умов у нього може перейти будь-яка рідина або тверда речовина. Прикладами колоїдних систем є пінопласт чи господарські губки (мал. 3). Чимало мінералів, природні води, віруси, м'язові й нервові клітини, головний мозок, кров — усе це колоїдні системи. Їх вивчає *колоїдна хімія*.



Мал. 3. Пінопласт, господарські губки — приклади колоїдних систем



Мал. 4. Схема будови колоїдної часточки: 1 — нерозчинне ядро; 2 — поглинуті негативно заряджені йони; 3 — позитивно заряджені йони; 4 — гідратна оболонка



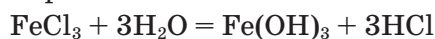
Мал. 5. Конус Тіндаля в колоїдному розчині

Колоїдні системи, дисперсійним середовищем яких є рідина, називають колоїдними розчинами.

Приготуймо колоїдний розчин ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

У колбі на 250 мл нагріємо до кипіння дистильовану воду об'ємом 100 мл. Коли вода закипить, відставимо пальник і добавлятимемо у воду по краплинах 10 мл розчину ферум(III) хлориду (2 % -й розчин FeCl_3). Поступово розчин забарвлюється і вже після добавлення 10—12 краплин набуває кольору міцного чаю. Забарвлення зумовлене утворенням колоїдного розчину ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Що ж відбулося?

За таких умов сіль FeCl_3 взаємодіє з водою за рівнянням:



Мікрочасточки малорозчинного ферум(III) гідроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$ поглинають з розчину негативно заряджені йони Хлору Cl^- і самі набувають негативного заряду.

Негативно заряджені частинки, що утворилися, відштовхуються від подібних до себе, але притягують позитивно заряджені йони з розчину, утворюючи шар навколо цієї частинки. Далі утворюється ще одна оболонка, вже з молекул води. Уся ця складна система називається *колоїдною часточкою* (мал. 4).

Розпізнавання колоїдів. Колоїдний розчин легко відрізнити від істинного. Якщо в темному приміщенні пропускати крізь колоїдний розчин вузький пучок світла, то спостерігатиметься світіння.

Збираємо прилад, як на мал. 5. Щойно добутий колоїдний розчин

ферум(III) гідроксиду міститься в одній склянці, а істинний розчин — в іншій. Вмикаємо світло і спостерігаємо збоку. Помічаємо розсіювання світла колоїдними часточками і світіння вздовж усього шляху проходження світлового променя.

У склянці з істинним розчином шлях світла не буде помітним. Це пояснюється тим, що частинки істинних розчинів (молекули, йони) дуже малі, щоб розсіювати світло. Це явище відкрив учень Майкла Фарадея англійський хімік Джон Тіндаль (1868 р.). На його честь це явище названо *ефектом Тіндаля*.

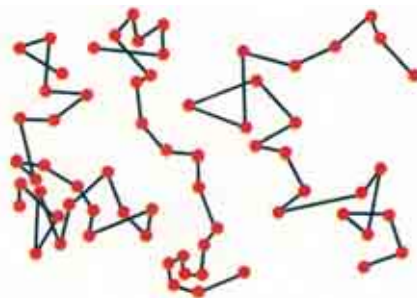
Коагуляція колоїдів. Колоїдні часточки можуть концентрувати на своїй поверхні як позитивно, так і негативно заряджені йони, але самі вони завжди заряджені однойменно. Власне, це й заважає їм злипатися та збільшуватися, що й зумовлює стійкість колоїдних розчинів. Деякі з них можуть зберігатися впродовж років. Проте поступово вони все ж таки «старішають» і згодом руйнуються. Цим вони відрізняються від істинних розчинів, що можуть зберігатися нескінченно довго. Руйнуванню колоїдних розчинів сприяє осадження часточок під дією сили гравітації. У дрібнодисперсних системах руйнуванню колоїдів перешкоджає *броунівський рух* (мал. 6). Оскільки з підвищенням температури броунівський рух посилюється, то й стійкість колоїдної системи збільшується.

Водночас збільшення швидкості руху частинок під час нагрівання сприяє частішому їх зіткненню і зменшенню заряду, бо відбувається видалення поглинутих молекул і йонів з поверхні колоїдних часточок. Це спричиняє розрядження, злипання часточок, утворення з них великих агрегатів і осадження. Такий процес називається *коагуляцією*. Коагуляцію можна значно прискорити додаванням розчинів кислот, солей та деяких органічних сполук.

Речовини, що спричиняють коагуляцію колоїдів, називають коагулянтами.

Коагулянтом може бути інший колоїдний розчин, якщо заряди його часточок протилежні. Цим користуються для очищення питної води. У природній воді завжди міститься багато колоїдів, особливо часточок глини, яких важко позбутися, бо вони легко проходять крізь фільтр. У воду добавляють алюміній сульфат $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. Позитивно заряджені йони Алюмінію, що в ньому містяться, осаджують негативно заряджені колоїдні часточки, що містяться у природній воді.

Значення колоїдних розчинів. Колоїди відіграють надзвичайно велику роль у біології та медицині, у ґрунтознавстві й техніці. Цитоплазма клітин рослинних і тваринних організмів —



Мал. 6. Броунівський рух колоїдних часточок



Мал. 7. Зубна паста

Мал. 8. Аерозольні
балончики з різними
засобами побутової хімії

це складний колоїд. Більшість фізіологічних процесів пов'язана з колоїдними розчинами. Перетравленню їжі, наприклад, передує перехід її у колоїдний стан. Багато харчових продуктів є колоїдами: молоко, какао, яйця, майонез, желе, мармелад, пастила, холодець тощо.

Такі фізіологічні рідини, як кров, лімфа, спинномозкова рідина, є колоїдами, в яких речовини (білки, глікоген, холестерин) перебувають у колоїдному стані. Всі ці речовини у крові стабілізуються білками (колоїдний захист). Якщо знижується ступінь цього захисту, людина починає хворіти: відкладаються холестерин і солі Кальцію на стінках судин (атеросклероз), у суглобах відкладаються солі сечової кислоти (подагра), утворюються камені в нирках і жовчному міхурі тощо.

Колоїдні системи використовують і в побуті. Це різні мийні засоби, клеї, зубна паста (мал. 7). Широко застосовуються аерозольні балончики з різними засобами побутової хімії та автокосметики — для чищення одягу і килимів, вибавляння плям, боротьби з побутовими комахами і гризунами, різні антистатики, поліролі, фарби (мал. 8).

Різні колоїдні системи, найчастіше аерозолі, використовують і в промисловості. У таких галузях, як миловарна, маргаринова, фармацевтична, парфумерна, виробництво пластмас, штучного волокна, каучуків і багато інших, колоїди виготовляють спеціально, оскільки вони часто слугують сировиною, наприклад, для гумової, паперової, кондитерської, текстильної промисловості. У аерозольній формі спалюють паливо. Через аерозольний стан добувають пігменти, наповнювачі, каталізатори тощо. Аерозолі використовують у медицині, ветеринарії та в сільському господарстві. Аерозолі відіграють важливу роль і в атмосферних процесах. Коли заряджені частинки аерозолів рухаються в повітрі, що є ізолятором, то їхній рух супроводжується розрядженням частинок аерозолів, що також породжує блискавку і грім.

У техніці утворення аерозолів часто є небажаним, оскільки забруднюється атмосфера, зокрема виробнича. Над промисловими центрами виникають складні аерозолі, коли великі маси диму змішуються з атмосферним туманом і пилом, утворюючи смог, боротьба з яким є важливою екологічною проблемою.

Велику небезпеку становлять аерозолі з борошна, цукрового або вугільного пилу, порошковатих металів (зокрема, магнію). Вони спричиняють вибухи, тому дуже небезпечні.

Висновки

- Колоїдні розчини — це такі фізико-хімічні системи, що містять нерозчинну подрібнену речовину, розмір часточок якої становить від 1 до 100 нм.
- Колоїд — це стан, в якому може перебувати більшість речовин.
- Колоїдний розчин можна розпізнати за допомогою ефекту Тіндалля.
- Руйнування колоїдних розчинів відбувається через розрядження колоїдних часточок, внаслідок чого вони злипаються і випадають в осад. Відбувається коагуляція колоїду. Коагулянтами можуть бути розчини кислот, солей тощо.
- Колоїди нас оточують повсюди. Однак значення їх може бути як позитивним, так і негативним.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Поясніть, як утворюється колоїдний розчин.
2. Що являє собою колоїдна часточка?
3. Поясніть, як відрізнити колоїдний розчин від істинного.
4. Поясніть суть процесу коагуляції колоїду; зазначте причини, що її викликають.
5. Обґрунтуйте значення колоїдних розчинів у природі та житті людини.
6. Відомо, що кровоспинний олівець, яким іноді користуються під час гоління або манікюру, у своєму складі містить позитивно заряджені йони Алюмінію і йони Феруму(II). Поясніть суть його дії як кровоспинного засобу.

§ 6. ПОНЯТТЯ ПРО ІСТИННІ РОЗЧИНИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

мати уявлення про значення істинних розчинів та кристало-гідрати;

розуміти суть понять «розчин», «розчинник», «гідратація»;
уміти пояснювати хімізм процесу розчинення.

Значення розчинів. У природі хімічні сполуки в індивідуальному стані практично не існують. Вони перебувають у вигляді сумішей одна з одною. І в побуті нас оточують переважно суміші речовин, зокрема й у вигляді водних розчинів.

Процеси розчинення і самі розчини мають величезне значення в органічному й неорганічному (мінеральному) житті Землі, науці й техніці. Вода, що так широко поширена в природі, — моря, океани, річки, озера, ґрунтові води — завжди містить розчинені речовини.

У первісному океані (під час виникнення життя на Землі) масова частка розчинених солей становила майже 1 %. «Саме в такому розчині вперше розвинулися живі організми, і з цього розчину вони одержали йони й молекули, необхідні для їхнього зростання і життя. Із часом живі організми еволюціонували, що дало їм змогу покинути водне середо-



Мал. 9. Монету виготовлено зі сплаву металів, що є твердим розчином

вище і перейти на суходіл або піднятись у повітря. Вони набули цієї здатності завдяки збереженню у своїх організмах водного розчину у вигляді рідкої складової тканин, плазми крові та міжклітинної рідини, які містять необхідний запас йонів і молекул», — так оцінював значення розчинів американський хімік Лайнус Полінг.

І справді, всередині нас у кожній клітинці є «спомин» про первісний океан, в якому зародилося життя, — розчин, масова частка солей в якому становить майже 0,9 %, як і в первісному океані. Це наша кров, лімфа та інші життєво важливі фізіологічні рідини організму.

Розчини супроводжують нас усюди. Повітря — це розчин газів один в одному; матеріал монети — твердий розчин міді, нікелю, алюмінію (мал. 9). Проте найпоширенішими є водні розчини. Засвоєння їжі пов'язане з розчиненням поживних речовин. Рослини також засвоюють необхідні для їхнього росту і розвитку речовини лише у вигляді розчинів (мал. 10). Сік рослин — це також розчин. Напій «Живчик» — суміш води, фруктового соку та інших речовин — це водний розчин (мал. 11). Звичайна питна вода є розчином як твердих солей, так і газів. Кава (водний розчин) — суміш води, кофеїну та інших речовин.

Розчини відіграють важливу роль у багатьох галузях промисловості. Складно назвати таку галузь, де не використовувалися б розчини. У текстильній промисловості застосовують розчини солей, кислот, барвників; у металообробній — розчини кислот (для зняття з поверхні металів ожарини та іржі). У фармацевтичній промисловості розчинами є багато ліків. Використання неводних розчинів пов'язане із застосуванням полімерів, лаків, барвників тощо. Уся промисловість синтетичного волокна і пластмас пов'язана з використанням розчинів. Практично жоден із процесів хімічної технології не відбувається без участі розчинів. Хімічні, біологічні й фізичні дослідження часто проводять із застосуванням розчинів. Що ж таке розчин?

Розчин. Почнемо з демонстрації дослідів.

На дно хімічного стакану з водою опускаємо кристали мідного ку-



Мал. 10. Рослини засвоюють поживні речовини у вигляді розчинів

поросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ синього кольору (мал. 12). Дуже швидко поблизу купки кристалів рідина набуває блакитного кольору — утворюється розчин мідного купоросу у воді. Завдяки дифузії забарвлення поступово поширюється на всю рідину. Цей процес відбувається повільно, оскільки швидкість дифузії невелика.

Утворення однорідного розчину можливо й прискорити, наприклад, перемішуванням. Пригадайте, як ви перемішуєте у склянці чай після того, як в нього добавили цукор.

Отже, якщо частинки однієї речовини дуже малих розмірів розподіляються між частинками іншої речовини, то утворюється однорідна система — розчин. Мінеральні води: миргородська, трускавецька, нафтуся, сваліява, нарзан, есентуки, боржомі та інші — це розчини солей у воді. Характерною ознакою розчинів є їхня однорідність.

Розчини бувають безбарвні та забарвлені, але окремих частинок розчиненої речовини в них не видно, бо вони дуже малі (менш ніж 10^{-9} м). Це означає, що в розчинах речовини дуже подрібнені, аж до молекул, атомів або йонів.

Розчин містить не менш ніж два компоненти, один з яких — розчинена речовина, а інший — розчинник.

Розчинник — це компонент розчину, який перебуває в тому самому агрегатному стані, що й розчин.

Наприклад, змішали цукор (тверду речовину) і воду (рідину), утворюється рідкий розчин, у якому вода — розчинник, а цукор — розчинювана речовина. Якщо речовини перебувають в однакових агрегатних станах, як, скажімо, спирт (рідина) і вода (рідина), то розчинником вважається той компонент, якого в системі більше.

Розчинювана речовина може бути в будь-якому стані. У воді можна розчинити сіль, а можна — й вуглекислий газ. В обох випадках утворюються однорідні системи — розчини. Крім того, в розчині може бути не одна розчинювана речовина, а кілька. Типовим прикладом такого розчину є морська вода. Отже,

розчин — це однорідна система змінного складу, що містить два або кілька компонентів.

Суть процесу розчинення. Ви вже знаєте, якщо кухонну сіль або цукор помістити у воду, то легко помітити, як маса твердої речовини поступово зменшується — відбувається її розчинення, в процесі якого



Мал. 11. Напій «Живчик» — водний розчин фруктового соку



Мал. 12. Розчинення мідного купоросу

молекули води руйнують кристали розчинюваної речовини. Руйнування відбувається на поверхні стикання кристала з водою. Чим більша площа цієї поверхні, тим швидше руйнується кристал. Відбувається самочинний розподіл частинок однієї речовини між частинками іншої речовини внаслідок дифузії, що й веде до утворення розчину (фізична теорія розчинів). Для поліпшення контакту речовини з розчинником збільшують площу поверхні їх стикання. Для цього речовини подрібнюють і перемішують.

Однак розчин не можна розглядати лише з погляду фізичної теорії. Ще Д. І. Менделєєв довів, що під час розчинення речовин відбуваються також і хімічні процеси (хімічна теорія розчинів). Це засвідчує той факт, що об'єм розчину здебільшого не дорівнює сумі об'ємів розчинника і розчинюваної речовини. Є й інші факти, що засвідчують те саме. Звернімося до *дослідів*.

У колбу з холодною водою поміщаємо кристали амонійної селітри NH_4NO_3 і ставимо склянку на вологу дощечку або картон. Він примерзає до склянки, оскільки температура розчину стає нижче від 0°C (мал. 13). Отже, розчинення селітри супроводжується вбиранням теплоти.



Мал. 13. Вбирання теплоти під час розчинення NH_4NO_3 у воді

У склянці з водою розчинимо кальцій хлорид CaCl_2 й зануримо в розчин термометр. Переконаємося, що розчинення у воді кальцій хлориду супроводжується виділенням теплоти (мал. 14).

Теплові явища, що спостерігаються під час цих дослідів, також засвідчують, що в процесі розчинення речовин відбуваються не тільки фізичні, а й хімічні процеси. У чому ж полягають ці хімічні процеси?

Поняття про кристалогідрати. Розчинення більшості кристалічних речовин супроводжується вбиранням теплоти. Це пояснюється затратанням значної кількості енергії на руйнування кристалічних ґраток речовин. Але водночас відбувається інший процес — хімічна взаємодія розчинюваної речовини з водою, так звана *гідратація*, внаслідок чого утворюються нові сполуки — *гідрати*. При цьому теплота вивільнюється. Залежно від того, який із цих процесів домінує, таким і буде тепловий ефект розчинення.



Мал. 14. Виділення теплоти під час розчинення CaCl_2 у воді

Гідрати — дуже нестійкі сполуки, вони існують лише в розчині. Якщо з розчину випарити воду, то гідрати легко руйнуються.

Проте є такі гідрати, що можуть утримувати воду навіть у твердому стані. Вони називаються *кристалогідратами*. Наприклад, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ — мідний купорос, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ — залізний купорос, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — глауберова сіль та ін. Отже,

розчинення — це складний фізико-хімічний процес, під час якого відбувається взаємодія між частинками розчинюваної речовини і розчинника.

Тепер можна уточнити й означення розчину.

Розчин — це однорідна (гомогенна) система змінного складу, яка містить розчинювану речовину, розчинник та продукти їхньої взаємодії.

§ 7. РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НА ПРИГОТУВАННЯ РОЗЧИНІВ ІЗ КРИСТАЛОГІДРАТІВ

Приклад. Визначте масу глауберової солі $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, потрібної для приготування розчину масою 300 г з масовою часткою натрій сульфату 8 %.

Дано:
 $m(\text{розчину}) = 300 \text{ г}$
 $w(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 8 \text{ \%}$, або 0,08
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = ?$

Розв'язування

1. Обчислюємо масу безводного натрій сульфату Na_2SO_4 , необхідного для приготування розчину масою 300 г:
 $m(\text{речовини}) = m(\text{розчину}) \cdot w(\text{речовини})$;
 $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 300 \cdot 0,08 = 24 \text{ г}$.

Варіант I

2. Обчислюємо кількість речовини Na_2SO_4 масою 24 г:

$$M = \frac{\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}}{142 + 180} = \frac{46 + 32 + 64 + 10(2 + 16)}{142 + 180} = 322 \text{ г/моль}$$

$$m = Mn; m = 322 \text{ г/моль} \cdot 1 \text{ моль} = 322 \text{ г};$$

$$n = \frac{m}{M}; n(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{24 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} = 0,169 \text{ моль}.$$

3. Визначаємо масу кристалогідрату, в якому міститься натрій сульфат кількістю речовини 0,169 моль:

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{SO}_4);$$

$$n(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 0,169 \text{ моль};$$

$$m = Mn;$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = 322 \text{ г/моль} \cdot 0,169 \text{ моль} = 54,4 \text{ г}.$$

Варіант II

У 322 г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ міститься 142 г Na_2SO_4 ;

у x г $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ міститься 24 г Na_2SO_4 .

$$322 : x = 142 : 24; \quad x = \frac{322 \text{ г} \cdot 24 \text{ г}}{142 \text{ г}} = 54,4 \text{ г}.$$

Відповідь: для приготування розчину масою 300 г з масовою часткою натрій сульфату 8 % потрібно взяти глауберову сіль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ масою 54,4 г.

Висновки

- Розчини мають велике значення в житті людини і природи, науці й техніці.
- Процес розчинення має складну природу. Причиною переходу твердої речовини в розчин є фізико-хімічна взаємодія розчинника і розчинюваної речовини (однієї або кількох). Під час розчинення розриваються деякі існуючі та виникають нові хімічні зв'язки.
- Теплота, що під час розчинення вбирається, затрачається як на хімічний процес (руйнування кристала), так і на фізичний (дифузії частинок речовини по всьому об'єму розчину). Теплота, що під час розчинення вивільнюється, затрачається на утворення нових зв'язків (гідратація).
- Розчин — однорідна система змінного складу, що складається з двох або кількох компонентів.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

- Наведіть означення розчину і приклади розчинів.
- Оцініть значення розчинів у житті людини і в природі.
- Укажіть, яким способом у лабораторних умовах розчинник можна відокремити від розчинюваної речовини:

А фільтруванням	В декантацією
Б відстоюванням	Г випарюванням
- До яких явищ — фізичних чи хімічних — належить розчинення кристалічної речовини у воді?
- Чого більше за масою — води чи безводної солі — у кристалічній соді $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$?

Додаткові завдання

- Поясніть, чому процес розчинення іноді відбувається з поглинанням теплоти, а іноді — з вивільненням.
- Однакові маси літій хлориду розчинили в однаковому об'ємі води, але один раз — у вигляді кристалогідрату $\text{LiCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В якому випадку процес розчинення супроводжуватиметься виділенням більшої кількості теплоти? Відповідь обґрунтуйте.
- Відомо, що натрій сульфат кількістю речовини 1 моль утримує кристалізаційну воду кількістю речовини 10 моль. До безводної солі добавили воду, в резуль-

таті чого її маса збільшилася на 25 %. Визначте масу води, яку сіль ще може приєднати:

А 28,9 г Б 72,25 г В 144,5 г Г 289 г

9. У воді об'ємом 200 мл розчинили кристалогідрат $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ масою 100 г. Яка масова частка солі в розчині, що утворився?

§ 8. БУДОВА МОЛЕКУЛИ ВОДИ. ПОНЯТТЯ ПРО ВОДНЕВИЙ ЗВ'ЯЗОК ТА ЙОГО ЗНАЧЕННЯ

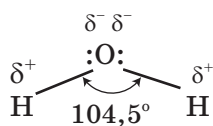
Опанувавши зміст параграфа, ви будете

розуміти будову молекули води;

мати уявлення про суть водневого зв'язку;

уміти пояснювати структуру води і структуру льоду.

Ви вже знаєте, що вода — речовина молекулярної будови. Молекулу води можна уявити у вигляді рівнобічного трикутника, у вершині якого розташований атом Оксигену, а в основі — два атоми Гідрогену (мал. 15). Дві пари електронів усупільнені між атомами Гідрогену й атомом Оксигену, а дві пари неподілених електронів орієнтовані по інший бік Оксигену. В молекулі води є два полярні ковалентні зв'язки $\text{H}-\text{O}$.



Мал. 15. Схема структури молекули води

- Пояснить, чому ці зв'язки полярні. Внаслідок перекривання яких орбіталей вони утворилися?
- Пригадайте розміщення електронів у атомі Оксигену й атомі Гідрогену, покажіть їхнє розміщення за енергетичними комірками.

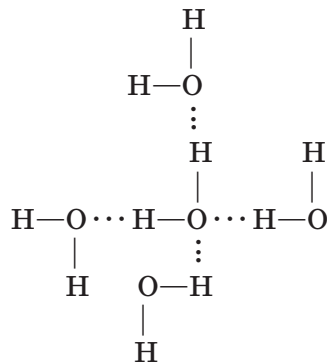
Отже, в молекулі води атом Оксигену має чотири електронні пари. Дві з них беруть участь в утворенні ковалентних зв'язків з атомами Гідрогену. В молекулі виникає чотири полюси зарядів: два — позитивні й два — негативні. Позитивні заряди скупчені біля атомів Гідрогену, оскільки Оксиген має більшу електронегативність, ніж Гідроген. Два негативні полюси припадають на дві електронні пари Оксигену.

Отже, молекули води полярні, вони являють собою диполь. Молекули води мають кутову будову. Кут між двома зв'язками $\text{H}-\text{O}$ становить $104,5^\circ$.

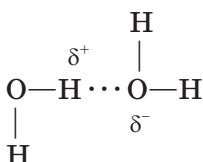
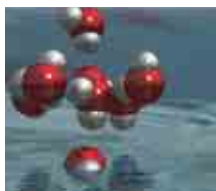
Таке уявлення про будову молекули води дає змогу пояснити структуру льоду. У кристалічних ґратках льоду кожна молекула води оточена чотирма такими самими молекулами (мал. 16).

- Спробуйте самостійно пояснити механізм утворення хімічного зв'язку.

На схемі видно, що позитивно заряджений атом Гідрогену однієї молекули води притягується до негативно зарядженого атома Оксигену іншої молекули води. Утворюється *водневий зв'язок* (позначається трьома крапками) (мал. 17).



Мал. 16. Айсберг (від нім. Eisberg — льодяна гора) і площинне зображення структури льоду



Мал. 17. Водневий зв'язок

Хімічний зв'язок, що виникає між атомом Гідрогену, зв'язаним із сильно електронегативними елементами (найчастіше атомами Флуору F, Оксигену O, Нітрогену N) і сильно електронегативним елементом іншої молекули, називається **водневим зв'язком**.

За міцністю він слабкіший за ковалентний зв'язок. Через це водневий зв'язок легко розривається, що спостерігається під час випаровування води.

Структура рідкої води нагадує структуру льоду. У рідкій воді молекули також зв'язані одна з одною за допомогою водневих зв'язків. Вони й зумовили порівняно високі температури плавлення і кипіння води. Але структура води не така «жорстка», як у льоду. Внаслідок теплового руху молекул у воді одні водневі зв'язки розриваються, а інші утворюються.

Вода є чудовим розчинником багатьох неорганічних та органічних речовин. Процеси розчинення також зумовлюються водневими зв'язками.

Висновки

- Вода — речовина молекулярної будови. Її молекули мають кутову форму, вони полярні, являють собою диполі. Між молекулами води існує водневий зв'язок.
- Водневий зв'язок слабкіший за ковалентний, він легко розривається.
- Вода — добрий розчинник багатьох речовин. Процеси розчинення зумовлені водневими зв'язками.

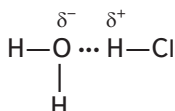


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Поясніть будову молекули води.
2. Схарактеризуйте водневий зв'язок.
3. Обчисліть об'єм водню (н. у.), що вивільнюється внаслідок взаємодії з водою натрію кількістю речовини 0,5 моль.

Додаткові завдання

4. На вашу думку, чому випаровування води — процес, що супроводжується поглинанням теплоти?
5. Між молекулами води й хлороводню можливий зв'язок типу:



Яким чином утворюється такий зв'язок і як він називається? Чому в результаті розчинення HCl у воді виділяється теплота?

6. З водою масою 36 г прореагував оксид металічного елемента зі ступенем окиснення +2 масою 310 г. Обчисліть кількість речовини гідроксиду металічного елемента, що утворився при цьому, і назвіть його.

§ 9. РОЗЧИННІСТЬ РЕЧОВИН У ВОДІ

Опанувавши зміст параграфу, ви будете

знати	класифікацію речовин за розчинністю; чинники, від яких залежить розчинність речовин;
уміти	пояснювати суть понять «насичений» і «ненасичений», «концентрований» і «розбавлений розчини».

Ви вже знаєте, що у воді розчиняються різні речовини — тверді, рідкі й газуваті.

Здатність речовин переходити у розчин називається розчинністю.

За розчинністю у воді та інших розчинниках усі речовини поділяють на три групи: а) добре розчинні; б) малорозчинні; в) практично нерозчинні, останні часто називають просто нерозчинними (див. *додаток*). Однак пам'ятайте, що абсолютно нерозчинних речовин у природі немає. Якщо занурити у воду скляну паличку або кусочок срібла, то вони в мізерно малих кількостях розчинятимуться у воді. Саме тому вода, що була у контакті зі сріблом, майже не містить мікробів.

Скло, срібло, золото, олія, гас, чадний газ — приклади практично нерозчинних у воді речовин. До малорозчинних у воді речовин належать гіпс, кисень, азот. Багато речовин розчиняється у воді дуже добре, наприклад цукор, спирт, натрій гідроксид, сульфатна і нітратна кислоти. Отже, *розчинність насамперед залежить від природи речовини*.

Відомо, що добре розчиняються одна в одній подібні за властивостями речовини (емпіричне правило «подібне розчиняється в подібному»). Речовини, що складаються з полярних молекул, і речовини з йонним видом хімічного зв'язку добре розчиняються в полярних розчинниках

(у воді, спирті, рідкому амоніаку), а неполярні речовини добре розчиняються в неполярних розчинниках (у бензині, сірковуглеці).

Звернімося до *демонстраційних дослідів*. У хімічний стакан наливаємо 100 мл води і вносимо туди натрій хлорид порціями по 5 г. Після внесення кожної порції перемішуємо вміст стакана скляною паличкою, щоб домогтися повного розчинення солі. Зверніть увагу, що перші 7 порцій, тобто 35 г NaCl, розчиняються повністю. З наступної порції розчиняється лише 1 г, а 4 г залишаються нерозчинними. Це означає, що за кімнатної температури ($\approx 20^\circ\text{C}$) в 100 мл води може розчинитися 36 г натрій хлориду NaCl.

Розчин, в якому певна речовина за певної температури більше не розчиняється, називається насиченим.

Розчин, в якому дана речовина ще може розчинятися, називається ненасиченим.

Для розчинності речовин має значення температура. Але яким чином вона впливає? Щоб відповісти на це запитання, проведемо дослід.

У пробірку наливаємо води приблизно на $\frac{1}{4}$ її об'єму. Невеликими порціями вносимо у пробірку калій нітрат і обережно струшуємо вміст пробірки, щоб сіль повністю розчинилася. Додавляємо наступну порцію солі й т. д. Коли розчинення солі припиниться, обережно нагріваємо пробірку з розчином і нерозчиненим залишком солі. Час від часу пробірку треба струшувати. Що спостерігається? Вносимо у розчин ще трохи солі. Що відбувається?

Тепер пробірку з гарячим розчином солі зануримо в стакан з холодною водою. Що спостерігається? Чому це відбувається? Зробіть висновок.

Розчинність твердих речовин залежить від температури: з підвищенням температури вона зазвичай зростає. Щодо розчинності газів, то навпаки: їхня розчинність зростає зі зниженням температури і підвищенням тиску.



Кількісною характеристикою розчинності слугує вміст речовини в насиченому розчині. Зазвичай розчинність виражають у грамах на літр (г/л).

Залежність розчинності твердих речовин від температури зазвичай подають у вигляді графіків кривих розчинності (мал. 18).

Для побудови таких кривих по осі абсцис відкладають температуру, а по осі ординат — розчинність речовини за цих температур. Графік показує, що зі зростанням температури розчинність переважної більшості кристалічних речовин збільшується, але не однаково для різних речовин. Як засвідчує мал. 18, внаслідок зміни температури від 0 до 100°C розчинність калій нітрату KNO_3 зростає в багато разів, тоді як розчинність натрій хлориду NaCl зростає незначною мірою. Є деякі речовини, наприклад натрій сульфат Na_2SO_4 , розчинність яких зі збільшенням температури до 40°C зростає, а потім — зменшується.

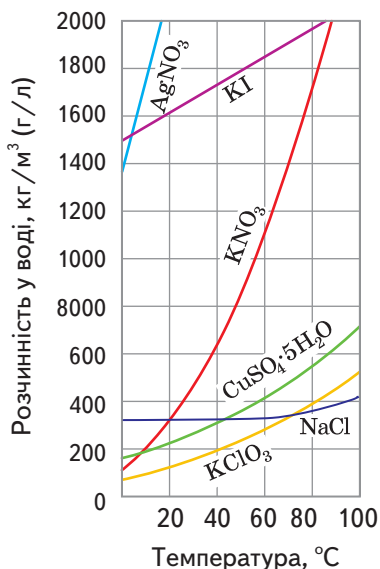
Як ми переконалися, різні речовини розчиняються по-різному. В одних речовин розчинність дуже велика (за температури 20°C в 1 л води може розчинитися цукор масою 2 000 г), а в інших — незначна (за цих

самих умов кальцій сульфат CaSO_4 розчиняється дуже мало — 2 г/л).

Якщо в певному об'ємі розчину міститься мало розчиненої речовини, то такий розчин називається *розбавленим*, а якщо багато — *концентрованим*.

Проте зовсім не обов'язково, щоб концентрований розчин був насиченим, а розбавлений — ненасиченим. Якщо, наприклад, в 1 л розчину міститься 1 кг цукру, то зрозуміло, що такий розчин є дуже концентрованим.

Але він ненасичений, бо розчинність цукру така велика, що він може ще розчинятися. Або якщо в 1 л розчину міститься лише $1,5 \cdot 10^{-4}$ г аргентум(I) хлориду AgCl і більше розчинятися не може, то такий розчин через погану розчинність AgCl буде вже насиченим, але дуже розбавленим.



Мал. 18. Криві розчинності

Висновки

- Здатність речовини розчинятися у певному розчиннику, наприклад у воді, називається розчинністю речовини в цьому розчиннику.
- За розчинністю речовини поділяють на добре розчинні, малорозчинні та практично нерозчинні.
- Розчинність залежить від природи речовини. Речовини з полярним ковалентним і йонним видом хімічного зв'язку розчиняються у полярних розчинниках (у воді). Неполарні речовини краще розчиняються в неполярних розчинниках.
- Розчинність залежить і від температури. Для переважної більшості кристалічних речовин із підвищенням температури розчинність збільшується, а для газів — зменшується.
- Розчинність речовин визначають із відношення маси речовини, що утворює насичений розчин за певної температури, до об'єму розчинника. Виражається розчинність у грамах на літр (г/л).



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чому в гарячому чаї грудочка цукру розчиняється швидше, ніж у холодному?
2. Чому акваріум не можна заповнювати свіжою кип'яченою водою, а треба щоб вода відстоялася впродовж кількох днів?
3. Укажіть, що не впливає на розчинність карбон(IV) оксиду у воді:
А швидкість пропускання газу **В** тиск
Б температура **Г** хімічна взаємодія газу з водою
4. Поясніть, як можна перетворити: а) ненасичений розчин у насичений; б) насичений розчин у ненасичений.

Додаткові завдання

5. У 100 г води розчинили 90 г мідного купоросу. Яка масова частка безводної солі в добутому розчині?
6. До 250 г 5 %-го водного розчину натрій гідроксиду добавили 31 г натрій оксиду. Яка масова частка натрій гідроксиду в добутому розчині?
7. У воді масою 190 г розчинили залізний купорос $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ масою 10 г. Яка масова частка безводного ферум(II) сульфату в добутому розчині?

§ 10. ЕЛЕКТРОЛІТИЧНА ДИСОЦІАЦІЯ

Опанувавши матеріал параграфа, ви будете

розуміти

суть понять «електроліт», «неелектроліт», «електролітична дисоціація»;

уміти

пояснювати механізм електролітичної дисоціації з йонним і ковалентним типом хімічного зв'язку.

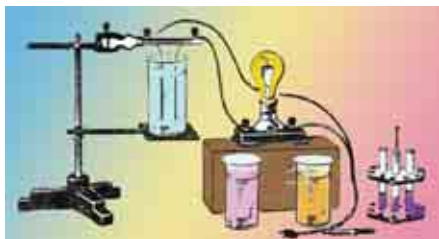
Електроліти і неелектроліти. На межі XVIII — XIX ст., коли для дослідження властивостей речовин почали застосовувати електричний струм, з'ясувалося, що одні речовини, перебуваючи у водному розчині, проводять електричний струм, а інші його не проводять. Переконаємось у цьому на *демонстраційних дослідах* (мал. 19).

У посудину з дистильованою водою зануримо електроди (вугільні стержні) і ввімкнемо в електромережу. Лампочка приладу не світиться. Чому? Що це засвідчує? Робимо висновок: дистильована вода електричного струму не проводить, коло залишилося розімкненим.

Зануримо електроди у склянку із сухою кухонною сіллю. Результат той самий, лампочка не світиться. Отже, кристалічна сіль також не проводить електричного струму.

До солі у склянці добавимо воду і зануримо електроди у водний розчин солі — лампочка яскраво світиться. Чому? Що це означає? Це означає, що водний розчин солі, на відміну від сухої кухонної солі та дистильованої води, добре проводить електричний струм.

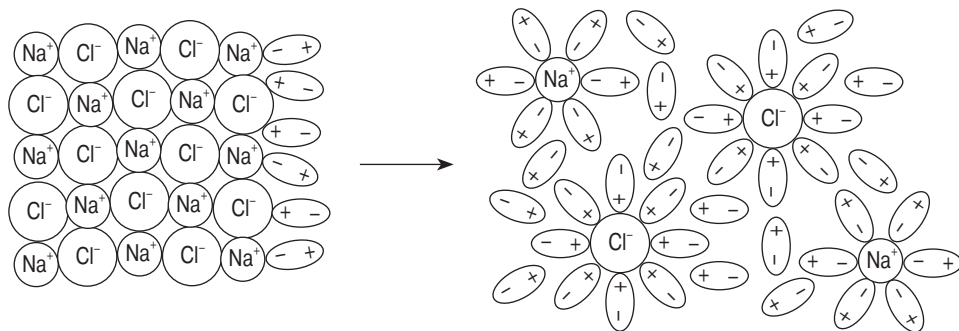
Так само, як кухонна сіль, поведуться й інші солі, а також луги і кислоти. Узяті окремо, вони не проводять електричного струму, а їх водні розчини (або розплави) виявляють електричну провідність.



Мал. 19. Прилад для дослідження електричної провідності речовин та їх розчинів

Речовини, водні розчини або розплави яких проводять електричний струм, називаються електролітами.

До електролітів належать солі, кислоти, луги. Електроліти розпадаються на йони не тільки під час розчинення у воді, а й під час розплавляння, коли під дією теплового руху сили зв'язку між частинками речовини послаблюються.



Мал. 20. Схема розчинення натрій хлориду у воді

Речовини, водні розчини або розплави яких електричного струму не проводять, називаються неелектролітами.

До неелектролітів належать цукор, спирт, ацетон, гліцерол, глюкоза.

Поділ речовин на електроліти і неелектроліти запропонував англійський учений Майкл Фарадей.

У чому ж причина різної поведінки речовин у водних розчинах чи розплавах?

Процес дисоціації. Електрична провідність водних розчинів електролітів зумовлена наявністю в них позитивно і негативно заряджених йонів.

● Пригадайте, що таке йони.

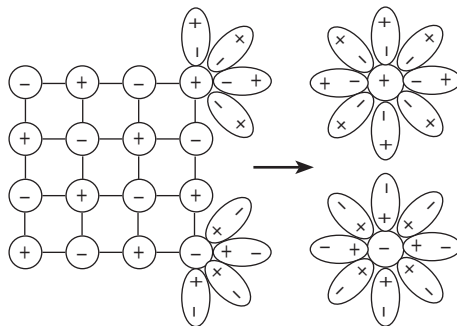
У водних розчинах під дією води з кристалів речовини вивільнюються йони.

Який же механізм такого вивільнення?

Розглянемо конкретний приклад. Якщо у воді розчинити кристали кухонної солі (мал. 20), тобто речовини з йонним видом хімічного зв'язку, то вода послаблює хімічний зв'язок між йонами Натрію Na^+ і Хлору Cl^- . Йони з кристала переходять у розчин і безладно розподіляються по всьому об'єму розчину.

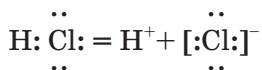
Як саме вода послаблює йонний зв'язок?

Ви вже знаєте, що молекули води полярні, являють собою диполі, своїми негативними полюсами вони орієнтуються до позитивно заряджених йонів Натрію Na^+ , а позитивними полюсами — до негативно заряджених йонів Хлору Cl^- . Між різнойменно зарядженими йонами солі, що є в кристалі, та диполями води виникають сили притягання й утворюються своєрідні зв'язки — відбувається гідратація йонів. Урешті-решт йонні кристалічні ґратки руйнуються, вивільнюються окремі йони, оточені диполями води (мал. 21). Їх називають *гідратованими йонами*. У рів-



Мал. 21. Схема дисоціації речовин з йонним видом хімічного зв'язку

няннях реакцій гідратацію йонів найчастіше випускають, тому дисоціацію електролітів на йони скорочено показують так:



- Пригадайте з курсу фізики, що є носієм струму в металах і їх сплавах, які називаються провідниками 1-го роду.

На відміну від металів і сплавів у водних розчинах електролітів носіями електричного заряду є йони. Електроліти називаються провідниками 2-го роду.

Але чому ж тоді електролітами вважаються кислоти, адже вони — ковалентні сполуки і йонів не містять?

Справді, кислоти не є йонними сполуками. Проте під час розчинення у воді, наприклад, хлороводню HCl його молекули також гідратуються, внаслідок чого посилюється поляризація ковалентного зв'язку. Спільна електронна пара повністю переходить до більш електронегативного атома Хлору, який взаємодіє з диполями води. Виникають гідратовані йони H^+ і Cl^- (мал. 22).



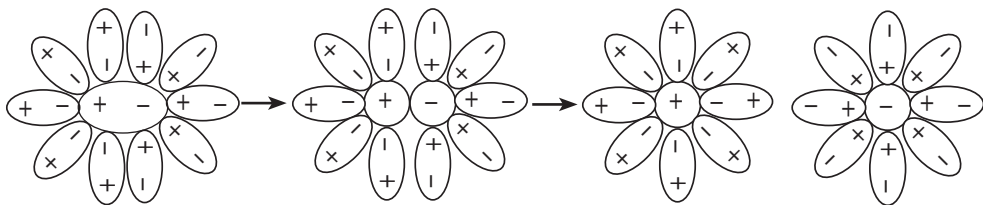
А чи відбувається процес дисоціації на йони речовин із неполярним ковалентним зв'язком?

Якщо в молекулі речовини, що розчиняється, є ковалентні неполярні зв'язки, то йонів у розчині не буде, бо неполярні молекули не притягують диполі води, й поляризація зв'язку не відбувається. Здебільшого ковалентними неполярними (або малополярними) зв'язками сполучені атоми в молекулах багатьох органічних сполук, тому вони зазвичай є неелектролітами. Отже,

електролітами можуть бути тільки речовини з йонним і сильно полярним ковалентним хімічним зв'язком.

Окрім того, молекули розчинника також мають бути полярними. Тільки за таких умов можна очікувати розщеплення молекул або кристалів речовин з утворенням реальних йонів.

Процес розпаду електролітів на йони у водному розчині (або в розплаві) називається електролітичною дисоціацією.



Мал. 22. Схема дисоціації речовин із сильно полярним ковалентним видом хімічного зв'язку

Висновки

- Електролітична дисоціація — це процес розпаду електроліта на йони. У водному розчині вона зумовлена взаємодією речовини з диполями води, а в розплаві — нагріванням.
- За здатністю речовин у водних розчинах проводити або не проводити електричний струм їх поділяють на електроліти й неелектроліти.
- Для електролітів є характерним йонний або ковалентний сильно полярний хімічний зв'язок.
- Дисоціація електролітів з йонним зв'язком складається з двох процесів — поляризації ковалентного зв'язку під дією диполів води і гідратації утворених йонів.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Що таке електроліти? Речовини яких класів належать до електролітів?
2. Чому електроліти не дисоціюють у бензині?
3. Що таке неелектроліти? Чому вони не дисоціюють у воді?
4. Чому речовини з неполярними молекулами не можуть бути електролітами?
5. Сформулюйте означення електролітичної дисоціації. Обґрунтуйте роль води в цьому процесі.
6. Укажіть серед наведених речовин і сумішей такі, що проводять електричний струм:
А зріджений хлороводень
Б водний розчин хлороводню
В розплав натрій гідроксиду
Г водний розчин калій броміду
7. Поміркуйте про електричну провідність води: а) водопровідної або колодязної; б) дистильованої; в) дощової. Поясніть електричну провідність води. Якої саме?

§ 11. ДИСОЦІАЦІЯ ЕЛЕКТРОЛІТІВ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

розуміти

суть понять «ступінчаста дисоціація», «ступінь дисоціації», «оборотні» та «необоротні реакції»;

знати

означення кислот, основ, солей з погляду електролітичної дисоціації;

уміти

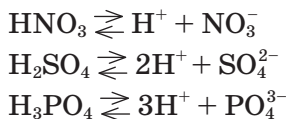
розрізняти сильні та слабкі електроліти, складати рівняння дисоціації електролітів, ступінчастої дисоціації.

Дисоціацію електролітів у водних розчинах уперше пояснив шведський учений Сванте Арреніус 1887 р.

Дисоціація кислот.

- Пригадайте, які речовини називаються кислотами. Наведіть 2 — 3 приклади кислот (формули і назви).

Під час дисоціації кислот завжди утворюються йони Гідрогену. Вони зумовлюють найважливіші властивості кислот (кислий смак, зміну кольору індикаторів, взаємодію з основами тощо):



У водному розчині йони Гідрогену H^+ взаємодіють з диполями води, утворюючи йони гідроксонію H_3O^+ :

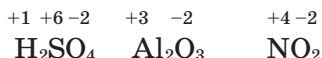


Але в рівняннях реакцій для стислості зазначають просто H^+ , пам'ятаючи при цьому, що йон Гідрогену H^+ гідратований і являє собою йон Гідроксонію H_3O^+ .

Наведені вище рівняння реакцій показують, що під час дисоціації кислот як позитивно заряджені йони (катіони) утворюються лише катіони Гідрогену H^+ і жодних інших позитивно заряджених йонів немає. А негативно заряджені йони кислотних залишків (аніони) можуть бути різними, залежно від кислоти. Отже, з погляду електролітичної дисоціації можна навести таке означення кислот.

Кислоти — це електроліти, що під час дисоціації утворюють тільки катіони Гідрогену; жодних інших позитивно заряджених йонів не утворюють.

Зверніть увагу, як позначають заряд йонів: знак заряду «+» або «-» ставлять зверху праворуч від формули йона після цифри, наприклад PO_4^{3-} , SO_4^{2-} . Тобто протилежно тому, як позначають ступінь окиснення елемента, де «+» або «-» ставлять зверху над знаком елемента і перед цифрою, наприклад:



А як дисоціюють багатоосновні кислоти? Дво- і багатоосновні кислоти дисоціюють ступінчасто, тобто поступово відщеплюють катіони



Сванте-Август АРРЕНІУС
(1859—1927)

Шведський фізико-хімік. Член Стокгольмської академії наук, директор Нобелівського інституту (з 1905 р.). Автор теорії електролітичної дисоціації. Працював у царинах хімічної кінетики, астрономії, астрофізики, біології. Лауреат Нобелівської премії (1903 р.).

Гідрогену H^+ . Наприклад, процес дисоціації сульфатної і ортофосфатної кислот відбувається так:



- Напишіть рівняння ступінчастої дисоціації сульфітної й сульфідної кислот. За першим ступенем дисоціація відбувається більшою мірою.



Лабораторний дослід 1

А. Виявлення йонів Гідрогену у водному розчині

У три пробірки налейте приблизно по 2 мл розбавленої хлоридної кислоти HCl . В одну з них додайте 1 — 2 краплини розчинів лакмусу, в другу — фенолфталеїну, в третю — метилоранжу. Що спостерігається? Чому? Який індикатор не можна використовувати для виявлення йонів Гідрогену в розчині? Чому?

Дисоціація основ.

- Пригадайте, які речовини називаються основами. Наведіть 2 — 3 приклади основ (формули і назви).

Під час дисоціації розчинних основ — лугів — обов'язково утворюються гідроксид-іони OH^- (йони гідроксогруп), наявність яких і зумовлює основні властивості (зміну забарвлення індикатору, взаємодію з кислотами тощо):



Інші негативно заряджені йони (аніони), крім гідроксид-іонів, під час дисоціації основ не утворюються. Отже,

основи — це електроліти, що під час дисоціації утворюють аніони тільки гідроксогруп; жодних інших негативно заряджених йонів не утворюють.

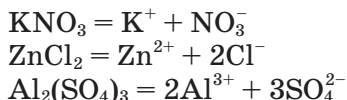
Б. Виявлення гідроксид-іонів у розчині

У три пробірки налейте приблизно по 2 мл розчину натрій гідроксиду. В одну з них додайте по 1 — 2 краплини розчинів лакмусу, в другу — фенолфталеїну, в третю — метилоранжу. Що спостерігається? Чому? Який індикатор найкраще використовувати для виявлення гідроксид-іонів у розчині? Чому?

Дисоціація солей.

- Пригадайте, які речовини називаються солями. Наведіть два—три приклади солей (формули і назви).

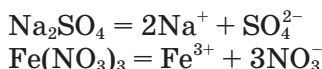
Під дією води кристали солей розпадаються на позитивно заряджені йони (катіони) металічних елементів і негативно заряджені йони (аніони) кислотних залишків. Наприклад:



Солі — це електроліти, які дисоціюють з утворенням катіонів металічних елементів і аніонів кислотних залишків.

Розрізняють кілька типів солей: середні, кислі й основні.

Середні солі — продукти повного заміщення атомів Гідрогену кислоти на йони металічних елементів, наприклад натрій сульфат Na_2SO_4 , ферум(III) нітрат $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$. Середні солі дисоціюють повністю:

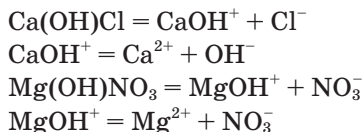


Кислі солі — продукти неповного заміщення атомів Гідрогену кислоти на атоми металічного елемента, наприклад калій гідрогенсульфат KHSO_4 , кальцій гідрогенкарбонат $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Вони дисоціюють ступінчасто:



У результаті крім катіонів металічного елемента й аніонів кислотного залишку є ще катіони Гідрогену H^+ .

Основні солі — продукти неповного заміщення гідроксильних груп основи на кислотний залишок, наприклад кальцій гідроксихлорид $\text{Ca}(\text{OH})\text{Cl}$. Вони дисоціюють також ступінчасто:



У результаті крім катіонів металічного елемента та аніонів кислотного залишку утворюються ще аніони гідроксогруп (гідроксид-іони).

Ступінь дисоціації. Часто речовини взаємодіють з водою, утворюючи йони, не повністю, і в розчині залишаються непродисоційовані молекули електроліту. Тому розчини електролітів характеризуються певним ступенем дисоціації (позначається α , читається «альфа»).

Ступінь дисоціації — це відношення числа частинок n , що розпалися на йони, до загального числа частинок N розчиненої речовини.

$$\alpha = \frac{n}{N}$$

Ступінь дисоціації виражають у частках одиниці або у відсотках. Якщо $\alpha = 0$, то дисоціація не відбувається, а якщо $\alpha \approx 1$, або 100 %, то електроліт повністю розпався на йони.

Сильні та слабкі електроліти. Залежно від ступеня дисоціації електроліти умовно поділяють на сильні та слабкі (табл. 4).

Таблиця 4

Сильні та слабкі електроліти (Л. О. Слета)

Електроліти	Сильні	Слабкі
Вода	—	H ₂ O
Солі	Переважна більшість	Деякі солі
Гідроксиди: нерозчинні (основи)	—	Всі
розчинні (луги)	Гідроксиди лужних і лужноземельних металів	Водний розчин NH ₃
амфотерні	—	Всі
Кислоти: безокисенові	HI, HBr, HCl	HF, H ₂ S
окисеновмісні	HClO ₄ , HMnO ₄ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃	HClO, HClO ₂ , H ₂ SO ₃ , HNO ₂ , H ₂ CO ₃ , H ₂ SiO ₃ , H ₃ PO ₄ , H ₃ BO ₃ , CH ₃ COOH та інші органічні кислоти

Сильні електроліти практично повністю дисоціюють на йони в розбавлених розчинах (α наближається до 1, або 100 %). Цей процес необоротний, і в рівняннях дисоціації ставлять знак «дорівнює». Сила електроліту залежить переважно від полярності хімічного зв'язку: чим зв'язок полярніший, тим легше він розривається з утворенням йонів і тим електроліт сильніший.

Сила електроліту залежить також від природи електроліту і природи розчинника, концентрації розчину, температури та інших чинників.

Слабкі електроліти лише частково дисоціюють на йони в розбавлених розчинах ($\alpha \ll 1$), їхні йони перебувають у динамічній рівновазі з недисоційованими молекулами. Тому дисоціація слабких електролітів — це оборотний процес, і в рівняннях реакцій замість знака «дорівнює» треба ставити знак оборотності ($\rightleftharpoons$).

Слабкими нині вважаються всі електроліти, в розчинах яких є хоча б яка-небудь частка недисоційованих молекул.

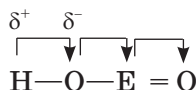


Силу оксигеновмісних мінеральних кислот можна визначити за таким емпіричним правилом: *сила кислоти тим більша, чим більша різниця між кількістю атомів Оксигену й Гідрогену в її молекулі*. Якщо формулу кислоти записати у вигляді $E(OH)_nO_m$, то m визначатиме силу кислоти: якщо $m < 2$ — кислота слабка, якщо $m \geq 2$ — сильна.

Наприклад:

хлорна	$HClO_4$, або $Cl(OH)O_3$	— дуже сильна;
хлорнувата	$HClO_3$, або $Cl(OH)O_2$	— сильна;
хлориста	$HClO_2$, або $Cl(OH)O$	— слабка;
хлорнуватиста	$HClO$, або $Cl(OH)$	— дуже слабка.

Залежність сили кислоти від кількості атомів Оксигену, що не входять до складу груп OH , пояснюється тим, що атом Оксигену як більш електро-негативний відтягує до себе спільні електронні пари. У результаті електро-нна густина в групі OH зміщується від атома Оксигену до атома кислотот-ворного елемента, і зв'язок стає ще більш полярним:



Зі збільшенням кількості атомів Оксигену ефект відтягування електрон-ної густини посилюється.

Висновки

- Для розчинів кислот, основ, солей характерна йонна електрична провідність.
- Речовини, що належать до класу кислот, дисоціюють у воді на катіони Гідрогену (йони гідроксонію) та аніони кислотних залишків.
- Речовини, що належать до класу основ (луги), дисоціюють у воді на катіони металічних елементів та аніони гідроксогруп OH .
- Речовини, що належать до класу солей, дисоціюють у воді на катіони металічних елементів і аніони кислотних залишків.
- Дисоціація електроліту може відбуватися повністю або частково. Сту-пінь дисоціації показує, яка частка електроліту розпалася на йони.
- Сильні електроліти дисоціюють практично повністю, їхня дисоціа-ція необоротна, відбувається в одному напрямку.
- Слабкі електроліти утворюють мало йонів, їхні розчини або роз-плави містять непродисоційовані молекули. Дисоціація слабких електролітів оборотна, відбувається у протилежних напрямках за тих самих умов.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Напишіть рівняння дисоціації таких електролітів: а) нітратної та сульфатної кислот; б) калій і кальцій гідроксидів; в) солей — магній хлориду, натрій карбо-нату, алюміній нітрату.
2. На етикетці пляшки з мінеральною водою написано:
Катіони: Na^+ та ін. Аніони: Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} .
Напишіть формули солей, що містяться в мінеральній воді.

3. Калій ортофосфат кількістю речовини 1 моль розчинили у воді. Визначте кількість речовини йонів Калію, що утворилися внаслідок повної дисоціації солі:
А 1 моль Б 2 моль В 3 моль Г 4 моль
4. Визначте кількість речовини сульфат-іонів, що утворилися внаслідок повної дисоціації алюміній сульфату кількістю речовини 2 моль, який розчинили у воді:
А 2 моль Б 3 моль В 6 моль Г 12 моль
5. Визначте сумарну кількість речовини йонів Феруму і йонів Хлору в розчині, що містить ферум(III) хлорид кількістю речовини 0,1 моль:
А 0,1 моль Б 0,2 моль В 0,3 моль Г 0,4 моль
6. Укажіть найсильнішу кислоту серед тих, формули яких наведено нижче:
А H_2CO_3 Б H_2SiO_3 В H_2SO_4 Г H_3PO_4
7. Розчин містить йони Алюмінію кількістю речовини 0,2 моль. Обчисліть масу йонів Алюмінію, що містяться в цьому розчині.

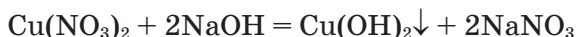
§ 12. РЕАКЦІЇ ОБМІНУ МІЖ РОЗЧИНАМИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ. ЙОННІ РІВНЯННЯ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете
знати умови перебігу йонних реакцій;
уміти складати рівняння реакцій обміну між електролітами в розчині; записувати повні та скорочені йонні рівняння.

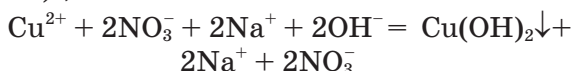
Ви вже знаєте, що електроліти під дією води розпадаються на йони. Отже, реакції між електролітами у розчині відбуваються за участю йонів. *Взаємодію йонів у розчині називають йонною реакцією.*

З'ясуємо за допомогою *демонстраційних дослідів*, за яких умов електроліти взаємодіють між собою.

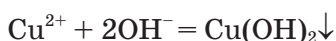
У демонстраційну колбу наливаємо розчин купрум(II) нітрату і додаємо розчин натрій гідроксиду. Випадає синій осад нерозчинної основи — купрум(II) гідроксиду (мал. 23):



Це хімічне рівняння можна написати у так званій йонній формі. Для цього треба формули розчинних сильних електролітів записати у вигляді тих йонів, на які вони дисоціюють у водному розчині, а формули слабких електролітів, у цьому разі нерозчинної речовини $\text{Cu}(\text{OH})_2$, залишити незмінними:



Такий запис називають *повним йонним рівнянням*. Якщо в ньому скоротити однакові йони у правій і лівій частинах рівняння (подібні члени), то дістанемо *скорочене йонне рівняння*:



Мал. 23. Утворення осаду

Це рівняння показує, що реакція між купрум(II) нітратом і натрій гідроксидом зводиться до взаємодії йонів Купрум(II) і гідроксид-іонів. Це супроводжується утворенням нерозчинної речовини купрум(II) гідроксиду, яка випадає в осад синього кольору. Очевидно, що йони Na^+ та NO_3^- участі в реакції не беруть.

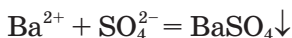
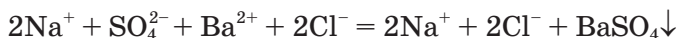
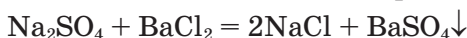
Виконайте лабораторні досліді.



Лабораторний дослід 2

Реакція обміну між електролітами у водних розчинах, що відбувається з утворенням осаду

Налийте у пробірку приблизно 2 мл розчину натрій сульфату і додайте стільки само розчину барій хлориду. Що спостерігається? Чому? Користуючись таблицею розчинності (див. *додаток*), складіть рівняння реакції та запишіть його у повній і скороченій йонних формах. Порівняйте записане вами з наведеним прикладом.



Зробіть висновок, яка умова забезпечила необоротність цієї реакції. Зрозуміло, що це — утворення осаду.



Лабораторний дослід 3

Реакція обміну між електролітами, що відбувається з виділенням газу

Покладіть у пробірку невеликі шматочки мармуру або крейди (обережно, аби не розбити дно) і долийте трохи хлоридної кислоти. Що спостерігається? Чому? Складіть рівняння реакції, запишіть його у повній і скороченій йонних формах. Перевірте правильність своїх записів:



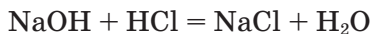
Зробіть висновок, яка умова в цьому разі сприяла необоротності реакції. Зрозуміло, що це — *виділення вуглекислого газу* CO_2 й утворення *слабкого електроліту* H_2O .



Лабораторний дослід 4

Реакція обміну між електролітами, що відбувається з утворенням води

Налийте у пробірку 2—3 мл розчину натрій гідроксиду і додайте 1—2 краплі розчину фенолфталеїну. Що спостерігається? Чому? Що засвідчує поява малинового забарвлення розчину? Додавайте по краплинах хлоридну кислоту до зникнення забарвлення. Складіть рівняння реакції, запишіть його у повній і скороченій йонних формах. Перевірте правильність своїх записів.



Зробіть висновок, за якої умови ця реакція відбулася до кінця, стала необоротною. Зрозуміло, що за умови утворення води — *слабкого електроліту*.

Зверніть увагу, що в йонних рівняннях прийнято записувати у недисоційованій формі формули малорозчинних, нерозчинних речовин і тих, що є газами або слабкими електролітами. Саме з цієї причини йонні рівняння інколи називають йонно-молекулярними. Чи правильно це? Адже в осад випадають нерозчинні солі або основи, що молекулу не містять, оскільки вони є йонними сполуками.

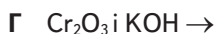
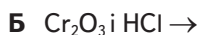
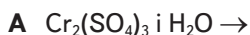
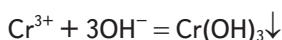
Висновки

- Реакції у розчинах електролітів відбуваються до кінця, тобто стають практично необоротними в тому разі, якщо йони, що беруть участь у реакції, повністю або частково видаляються зі сфери взаємодії. Таке трапляється, якщо серед утворених речовин є малорозчинні, нерозчинні сполуки, що випадають в осад, гази, вода або інші слабкі електроліти.

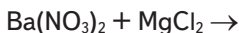
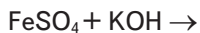
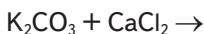


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

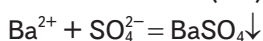
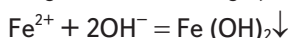
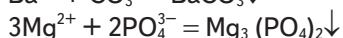
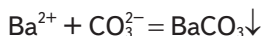
1. Напишіть три рівняння реакції нейтралізації та виведіть для них спільне скорочене йонне рівняння.
2. Укажіть, які реактиви треба взяти, щоб реакція відбулася згідно зі скороченою йонною формою рівняння реакції:



3. Користуючись таблицею розчинності (див. *додаток*), напишіть повні й скорочені йонні рівняння реакцій (якщо вони відбуваються) для таких пар речовин:



4. Напишіть рівняння реакцій, що відповідають таким скороченим йонним формам рівнянь реакцій:



5. Укажіть пару йонів, що беруть участь у хімічній реакції між розчинами аргентум(I) нітрату і калій хлориду:
А $K^+ \text{ і } Ag^+$ Б $K^+ \text{ і } NO_3^-$ В $K^+ \text{ і } Cl^-$ Г $Ag^+ \text{ і } Cl^-$

Додаткові завдання

6. Необоротною реакцією (чи реакціями) є така, що відбувається до кінця внаслідок зливання розчинів. Укажіть її:
А між калій хлоридом і натрій нітратом
Б між калій гідроксидом і хлоридною кислотою
В між сульфатною кислотою й натрій карбонатом
Г між ферум(III) сульфатом і натрій гідроксидом
7. Доведіть за допомогою рівнянь реакцій, які йони можуть, а які не можуть перебувати в розчині водночас: Ag^+ , Ca^{2+} , Fe^{2+} , Na^+ , NO_3^- , Cl^- , OH^- . Чому?
8. Укажіть, якій взаємодії відповідає скорочене йонне рівняння
 $2H^+ + CO_3^{2-} = H_2O + CO_2 \uparrow$:
А розчину ортофосфатної кислоти й кальцій карбонату
Б сульфідної кислоти й розчину натрій карбонату
В хлоридної кислоти й розчину натрій карбонату
Г розчину сульфатної кислоти й карбон(IV) оксиду
9. Визначте сумарну кількість речовини йонів Mg^{2+} і NO_3^- у розчині об'ємом 1 л, що містить магній нітрат кількістю речовини 0,15 моль:
А 0,15 моль В 0,45 моль
Б 0,30 моль Г 0,60 моль
10. Укажіть суми всіх коефіцієнтів у повному й скороченому йонних рівняннях реакцій між сульфідною кислотою та надлишком розчину калій гідроксиду:
А 12 і 4 В 12 і 6
Б 10 і 6 Г 12 і 3

Практична робота 1

Реакції йонного обміну між електролітами у водних розчинах

Варіант I (середній рівень)

1. Здійсніть реакції між розчинами таких речовин:

- а) аргентум(I) нітратом і натрій хлоридом;
б) магній нітратом і калій карбонатом.

Напишіть рівняння реакцій та зазначте повну і скорочену йонні форми.

2. Добудьте купрум(II) гідроксид і нейтралізуйте його нітратною кислотою. Складіть необхідне рівняння реакції і виразіть його у повній та скороченій йонних формах.

Варіант II (достатній рівень)

1. Здійсніть реакції між розчинами таких речовин:

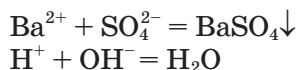
- а) калій ортофосфатом і сульфатною кислотою;
б) ферум(II) нітратом і натрій гідроксидом;
в) барій карбонатом і хлоридною кислотою.

Напишіть рівняння реакцій та зазначте повну і скорочену йонні форми.

2. Добудьте ферум(II) гідроксид і нейтралізуйте його сульфат-

ною кислотою. Складіть необхідне рівняння реакції і виразіть його в повній та скороченій йонних формах.

3. Здійснить реакції, що відповідають таким скороченим йонним рівнянням:



Варіант III (високий рівень)

1. Здійснить реакції між речовинами, зокрема у водних розчинах:

- а) натрій гідроксидом і ферум(III) хлоридом;
- б) цинк сульфатом і калій гідроксидом;
- в) натрій карбонатом і нітратною кислотою;
- г) купрум(II) оксидом і хлоридною кислотою.

Напишіть рівняння реакцій та виразіть їх у повній та скороченій йонних формах.

2. Добудьте алюміній гідроксид і нейтралізуйте його сульфатною кислотою. Напишіть рівняння реакції і виразіть його у повній та скороченій йонних формах.

3. Здійснить реакції, що відповідають таким скороченим йонним рівнянням:

- а) $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$
- б) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$
- в) $3\text{Cu}^{2+} + 2\text{PO}_4^{3-} = \text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2 \downarrow$

§ 13. ПОНЯТТЯ ПРО pH РОЗЧИНУ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

розуміти зміст поняття «водневий показник» і його значення;

знати, уміти як визначається кислотність або лужність розчинів; їх визначати за допомогою індикаторів.

Ви вже знаєте, що вода — слабкий електроліт, вона дуже погано проводить електричний струм, але її електропровідність можна виміряти, що пояснюється невеликою дисоціацією води на йони Гідрогену і гідроксид-іони:



Знаючи електропровідність чистої води, можна обчислити концентрацію йонів Гідрогену $[\text{H}^+]$ і гідроксид-іонів $[\text{OH}^-]$ у воді. При 25 °С вона дорівнює 10^{-7} моль/л.

Розчини, в яких концентрації йонів Гідрогену і гідроксид-іонів однакові, називаються нейтральними розчинами, тобто при 25 °С концентрація як йонів Гідрогену, так і гідроксид-іонів дорівнює 10^{-7} моль/л. У кислотних розчинах більшою є концентрація йонів Гідрогену, в лужних — гідроксид-іонів. Проте якою не була б реакція

розчину, добуток концентрації йонів Гідрогену і гідроксид-іонів залишається сталим.

Якщо, наприклад, до чистої води додати стільки кислоти, що концентрація йонів Гідрогену підвищиться до 10^{-3} , то концентрація гідроксид-іонів знизиться. Кислотність і лужність розчину можна кількісно характеризувати концентрацією йонів Гідрогену:

нейтральний розчин $[H^+] = 10^{-7}$ моль/л

кислотний розчин $[H^+] > 10^{-7}$ моль/л

лужний розчин $[H^+] < 10^{-7}$ моль/л

Замість концентрації йонів Гідрогену $[H^+]$ використовують водневий показник рН.



Величина рН уперше була введена данським хіміком С. Серенсоном. Літера «р» — початкова від данського слова *potenz* (ступінь) і «Н» — символ Гідрогену.

Наприклад, якщо $[H^+] = 10^{-5}$ моль/л, то рН = 5, а якщо $[H^+] = 10^{-9}$, то рН = 9 і т. д. Отже, в нейтральному середовищі $[H^+] = 10^{-7}$, рН = 7, в кислотному рН < 7, і тим менше, чим кислотніший розчин. У лужних розчинах рН > 7, і тим більше, чим більша лужність розчину.

Для вимірювання рН існують різні методи. Наближено реакцію розчину можна визначати за допомогою **індикаторів**, забарвлення яких змінюється залежно від концентрації йонів Гідрогену.



Лабораторний дослід 1

В. Встановлення приблизного значення рН води, лужних і кислотних розчинів

У три пробірки налейте трохи води, розчину натрій гідроксиду і хлоридної кислоти. За допомогою індикаторів установіть приблизне значення рН.

Випробуйте індикаторами деякі харчові продукти, засоби косметики чи побутової хімії (на вибір). Зробіть висновок про їхні значення рН.

Для багатьох процесів величина рН має вагоме значення. Так, рН крові людини і тварини має точне значення. Рослини можуть нормально рости лише тоді, коли рН відповідає значенням у певному інтервалі, що характерний для даного виду рослин. Властивості природних вод, зокрема їхня корозійна активність, дуже залежать від значення рН.

Висновки

- рН розчину — це водневий показник, за допомогою якого визначають кислотне, лужне або нейтральне середовище. рН нейтрального середовища дорівнює 7, кислотного < 7, лужного > 7.
- Визначити наближено рН розчину можна за допомогою індикаторів, оскільки вони змінюють свій колір залежно від рН розчину.

§ 14. ЯКІСНІ РЕАКЦІЇ НА ОКРЕМІ ЙОНИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

суть якісних реакцій на хлорид-, бромід-, йодид-, сульфат-, ортофосфат-, карбонат-іони;

уміти

проводити якісні реакції на окремі йони, складати рівняння реакцій і використовувати їх для виявлення йонів.

Відомо, що для розпізнавання речовин використовують різноманітні тести. Інколи для цього ще потрібне складне обладнання, а інколи проводять доволі прості лабораторні досліді. Всі вони відомі під назвою *якісного аналізу*.

Якісний аналіз — це сукупність хімічних, фізико-хімічних і фізичних методів, що їх застосовують для виявлення хімічних елементів, йонів і сполук, що входять до складу сумішей.

В якісному аналізі використовують характерні реакції, під час яких спостерігаються поява або зникнення забарвлення, випадання осаду або його розчинення, виділення газу, поява запаху тощо. Ці реакції мають бути специфічними (селективними) і легко виконуваними.

Якісний аналіз неорганічних сполук буває двох типів: «сухий» і «мокрый». Ми розглядаємо «мокрый» аналіз, тобто такий, що його здійснюють у водних розчинах, оскільки він ґрунтується на йонних реакціях і дає змогу виявляти наявні в розчинах катіони або аніони. Так, ви вже знаєте, що наявність у розчинах йонів Гідрогену H^+ можна виявити за допомогою індикаторів.

● Пригадайте, які індикатори ви знаєте. Якого забарвлення вони набувають у кислотному середовищі? (Див. § 13).

Виявлення інших катіонів розглядатимемо пізніше. А поки що виконаємо **лабораторні досліді** з виявлення деяких аніонів.



Лабораторні досліді 5 — 7

Виявлення хлорид-, бромід-, йодид-іонів у розчині

У пробірках під номерами 1, 2, 3 містяться розчини натрієвих солей — хлорид, бромід, йодид. Проведіть якісні реакції на аніони й визначте вміст кожної з пробірок. Порівняйте ознаки якісних реакцій на ці йони. Складіть рівняння якісних реакцій і зробіть висновок (табл. 5).



Лабораторні досліді 8 — 10

Виявлення сульфат-, ортофосфат-, карбонат-іонів у розчині

У пробірках під номерами 1, 2, 3 містяться розчини солей сульфат-, ортофосфат- і карбонат Натрію. Проведіть якісні реакції на аніони й визначте вміст кожної з пробірок. Порівняйте ознаки якісних реакцій на ці йони. Складіть рівняння якісних реакцій і зробіть висновок (див. табл. 5).

Т а б л и ц я 5

Якісні реакції на розпізнавання аніонів

Аніон	Символ	Якісна реакція	
		Що зробити	Результат
Хлорид	Cl^-		Білий осад AgCl , розчинний у розчині амоніаку
Бромід	Br^-	Добавити до розчину речовини розчин аргентум(I) нітрату AgNO_3	Блідо-жовтий осад AgBr , трохи розчинний у розчині амоніаку
Йодид	I^-		Жовтий осад AgI , нерозчинний у розчині амоніаку
Сульфат	SO_4^{2-}	Добавити до розчину речовини розчин барій хлориду BaCl_2	Білий осад BaSO_4 , нерозчинний у хлоридній кислоті
Карбонат	CO_3^{2-}	Добавити розбавленої хлоридної кислоти	Виділяється вуглекислий газ CO_2
Ортофосфат	PO_4^{3-}	Добавити розчин аргентум(I) нітрату AgNO_3	Жовтий осад Ag_3PO_4

Практична робота 2

Розв'язування експериментальних задач

Варіант I (середній рівень)

1. У трьох пробірках під номерами 1, 2, 3 містяться розчини кислоти, солі й луку. Визначте вміст кожної з пробірок.
2. Здійсніть якісну реакцію на хлорид-іон.

Варіант II (достатній рівень)

1. Здійсніть реакції, за допомогою яких можна здійснити такі перетворення:
 $\text{купрум(II) оксид} \rightarrow \text{купрум(II) хлорид} \rightarrow \text{купрум(II) гідроксид} \rightarrow \text{купрум(II) оксид}$
2. Здійсніть якісну реакцію на сульфат-іон.

Варіант III (високий рівень)

1. У трьох пробірках під номерами 1, 2, 3 містяться розчини хлориду, броміду та йодиду Калію. Розпізнайте, під яким номером у пробірках містяться ці розчини.
2. У двох пробірках під номерами 1, 2 містяться розчини ортофосфату і карбонату Натрію. Визначте вміст кожної з пробірок.
3. Здійсніть якісну реакцію на карбонат-іон.

РОЗДІЛ III



ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ

§ 15. КЛАСИФІКАЦІЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Опанувавши зміст параграфу, ви будете
розрізняти ознаки, за якими класифікують хімічні реакції;
розуміти суть понять «реагенти», «продукти реакції»;
уміти визначати тип хімічної реакції; наводити приклади і складати рівняння хімічних реакцій різних типів.

Нині відомо дуже багато хімічних реакцій. Кожна з них, безперечно, одинична, оскільки в ній беруть участь конкретні речовини з притаманними їм хімічними властивостями. Водночас хімічні реакції мають багато спільних ознак, що дає змогу об'єднати їх за типами. У таблиці 6 наведено деякі ознаки, за якими класифікують хімічні реакції.

Т а б л и ц я 6

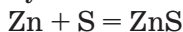
Класифікація хімічних реакцій

Ознака класифікації	Тип реакції
Зміна кількості реагентів і продуктів реакції	Реакції сполучення Реакції розкладу Реакції заміщення Реакції обміну
Зміна ступенів окиснення елементів у складі речовин, що беруть участь у реакції	Окисно-відновні реакції
Виділення або поглинання енергії під час хімічної реакції	Екзотермічні реакції Ендотермічні реакції
Відбуваються в одному напрямку та йдуть до кінця або в двох протилежних напрямках і до кінця не відбуваються	Необоротні реакції Оборотні реакції
Наявність каталізатора	Каталітичні реакції Некаталітичні реакції

Вам уже відомо багато з названих типів. Згадаймо класифікацію реакцій за першою ознакою — за числом вихідних і кінцевих речовин (реагентів і продуктів реакції) та узагальнимо здобуті знання.

Почнімо з *демонстраційних дослідів*.

У порцеляновій ступці змішаємо порошок цинку масою 6 г і порошок сірки масою 8 г. Суміш насипаємо купкою на керамічну плитку (чи бляху) і нагріваємо її в одному місці за допомогою довгої скіпки (не сірника!). Відбувається сильний спалах. Утворюється цинк сульфід ZnS (дослід краще робити у витяжній шафі).



- Користуючись таблицею 6, зробіть висновок, до якого типу належить ця хімічна реакція.
- Напишіть два рівняння реакцій сполучення і зазначте назви утворених речовин.

Хімічні реакції, у результаті яких із двох або кількох речовин утворюється одна нова речовина, називаються реакціями сполучення.

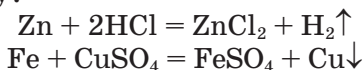
На керамічну плитку (чи бляху) насипаємо купкою оранжево-червоні кристали амоній дихромату $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$. У центрі купки робимо невелику заглибину і змочуємо її спиртом. Підносимо палаючу скіпку. Починається бурхливий розклад солі, що нагадує «виверження вулкана». Викидаються маса темно-зеленого хром(III) оксиду Cr_2O_3 і водяна пара.



Хімічні реакції, у результаті яких із однієї речовини утворюється дві або більше речовин, називаються реакціями розкладу.

- Напишіть два рівняння реакцій розкладу і зазначте назви утворених речовин.

В одну пробірку налейте 2 — 3 мл хлоридної кислоти, а в другу — стільки само розчину купрум(II) сульфату CuSO_4 . У першу пробірку помістіть гранулу цинку, а в другу — очищений від іржі цвяшок. Що спостерігається? Чому?



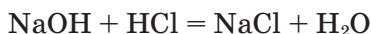
- До якого типу можна віднести такі реакції?

Хімічні реакції між простою і складною речовинами, під час яких атоми простої речовини заміщують атоми одного з елементів у складній речовині, утворюючи нову просту і нову складну речовину, називаються реакціями заміщення.

- Напишіть рівняння реакції заміщення і виразіть його у повній і скороченій йонних формах.

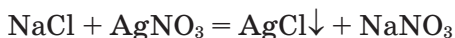
У пробірку налейте 2 — 3 мл розчину натрій гідроксиду NaOH , додайте 2 — 3 краплини розчину фенолфталеїну.

По краплинах добавляйте хлоридну кислоту, легко струшуючи пробірку після кожної краплини кислоти:



Що відбулося? Як називаються такі реакції?

У другу пробірку налейте 2 — 3 мл розчину натрій хлориду і добавте трохи розчину аргентум(I) нітрату AgNO_3 . Що спостерігається? Чому?



До якого типу належать ці реакції?

Хімічні реакції, під час яких дві речовини обмінюються своїми складовими частинами, утворюючи дві нові речовини, називаються реакціями обміну.

Напишіть рівняння реакції обміну і виразіть його у повній і скороченій йонних формах.

Класифікація хімічних реакцій за іншими ознаками розглядатиметься далі.

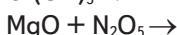
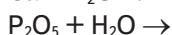
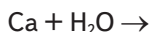
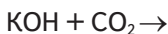
Висновки

- Хімічні реакції — це перетворення одних речовин (вихідних сполук) на інші (продукти реакції).
- Хімічні реакції за спільними ознаками поділяють на типи. За кількістю вихідних речовин і кінцевих продуктів хімічні реакції поділяють на реакції сполучення, розкладу, заміщення й обміну.
- За тепловим ефектом хімічні реакції поділяються на ендотермічні, що відбуваються з поглинанням теплоти, та екзотермічні — з виділенням теплоти.
- Реакції, що відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, є окисно-відновними, а реакції, що відбуваються в одному або двох протилежних напрямках, називаються оборотними чи необоротними.
- Є ще реакції, що відбуваються залежно від наявності каталізатора, — це каталітичні або некаталітичні реакції, тощо.

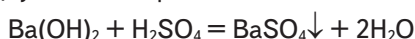


ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Наведіть два приклади реакцій нейтралізації. До якого типу хімічних реакцій вони належать?
- За наведеними схемами складіть рівняння хімічних реакцій і зазначте тип кожної з них:



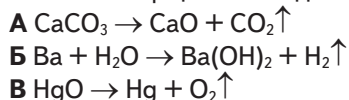
- Хімічна реакція відбувається за рівнянням:



Укажіть характеристики, що не відповідають її опису. Це реакція:

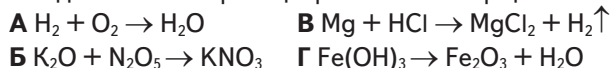
- А** нейтралізації **Г** супроводжується випаданням осаду
Б необоротна **Д** супроводжується виділенням газу
В обміну **Е** заміщення

4. Розставте коефіцієнти в поданих схемах реакцій:



Виберіть з них рівняння реакції розкладу.

5. У наведених схемах реакцій розставте коефіцієнти:



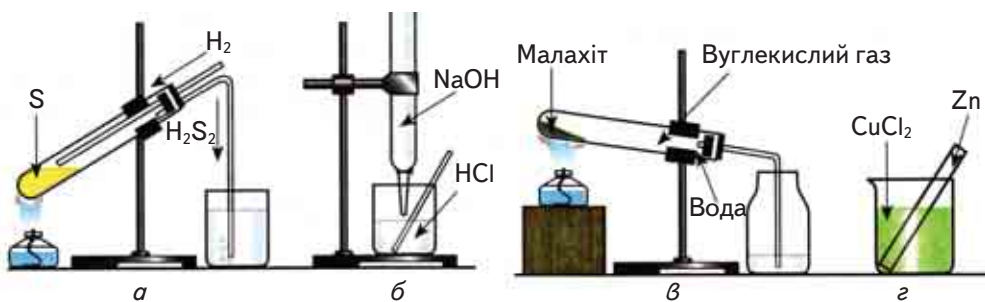
Додаткові завдання

6. За наведеними схемами складіть рівняння реакцій:



Виберіть рівняння такої реакції, яка одночасно є реакцією сполучення та екзотермічною.

7. Напишіть рівняння реакції обміну. На його підставі складіть умову задачі та розв'яжіть її.
 8. Розгляньте мал. 24 і поясніть, якого типу реакції відбуваються у випадках *а*, *б*, *в*, *г*.



Мал. 24. Типи хімічних реакцій

§ 16. ОКИСНО-ВІДНОВНІ РЕАКЦІЇ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

суть понять «окисно-відновна реакція», «окиснення», «відновлення», «окисник», «відновник»;

уміти

обчислювати коефіцієнти за методом електронного балансу.

Вам уже відомі різні типи хімічних реакцій. За кількістю речовин, що беруть участь у реакції та утворюються внаслідок її перебігу, реакції поділяють на такі типи: сполучення, розкладу, заміщення та обміну.

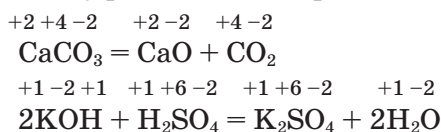
- Напишіть по одному прикладу рівнянь хімічних реакцій кожного із цих типів і пригадайте їхні означення.

Серед різноманітних хімічних реакцій можна вирізнити ще й такі, що відбуваються зі *змінюю ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагентів*. Що ж таке ступінь окиснення?

Ступінь окиснення — це умовний (уявний) заряд атома в речовині, який виник би на атомі за умови, що спільні електронні пари повністю змістилися б до більш електронегативного елемента (тобто атоми перетворилися б на йони).

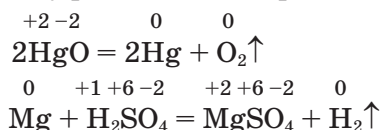
За цією ознакою всі хімічні реакції поділяють на два типи.

1. Реакції, що відбуваються без зміни ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагентів. Наприклад:



Як бачимо, ступені окиснення кожного елемента до і після реакції залишилися без змін.

2. Реакції, що відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагентів. Наприклад:



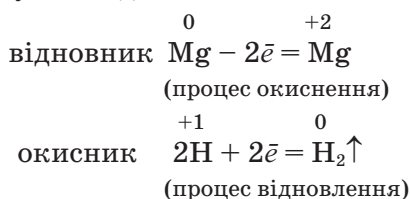
У першому рівнянні Меркурій та Оксиген, а в другому — Магній та Гідроген змінили ступені окиснення.

Реакції, що відбуваються зі зміною ступенів окиснення елементів, які входять до складу реагентів, називаються окисно-відновними.

Чим же пояснюється зміна ступенів окиснення елементів? Вона пояснюється тим, що в процесі реакції електрони переходять (або зміщуються) від одних атомів до інших.

Процес віддавання електронів атомом, йоном елемента називається окисненням, а процес приєднання електронів — відновленням.

У наведеному прикладі Магній до реакції мав ступінь окиснення 0 (нуль) (як завжди у простих речовинах), а після реакції +2. Це означає, що кожний атом Магнію в ході реакції віддав 2 електрони. Відбувся процес окиснення. Атоми Гідрогену до реакції мали ступінь окиснення +1, а після реакції 0 (нуль). Отже, кожний атом Гідрогену приєднав по одному електрону, тобто відбувся процес відновлення. Ці процеси можна подати у вигляді таких схем:



Речовини, які під час хімічної реакції віддають електрони, називаються відновниками.

У наведеному прикладі Магній — відновник. Віддаючи електрони, він окиснюється. Атоми Гідрогену зі ступенем окиснення +1 у складі сульфатної кислоти приєднують електрони й відновлюються до газуватого водню H_2 .

Речовини, які під час хімічної реакції приєднують електрони, називаються окисниками.

Отже, окисник у процесі реакції відновлюється, а відновник — окиснюється.

У будь-якій окисно-відновній реакції завжди є речовини, атоми хімічних елементів яких віддають або приєднують електрони. Це означає, що процеси окиснення й відновлення завжди супроводжують один одного.

Незалежно від того, переходять електрони від одного атома до іншого повністю чи лише частково зміщуються (відтягуються), умовно говорять лише про віддавання й приєднання електронів.

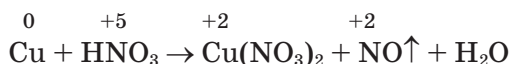
Складання рівнянь окисно-відновних реакцій. Коефіцієнти в окисно-відновних реакціях зручно підбирати за методом електронного балансу. Він ґрунтується на порівнянні ступенів окиснення атомів у вихідних і кінцевих речовинах.

Розглянемо конкретний приклад. Припустімо, треба підібрати коефіцієнти в рівнянні реакції міді з розбавленим розчином нітратної кислоти, що відбувається за схемою:

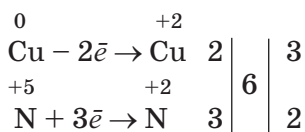


Можна дотримуватися такого алгоритму дій.

Визначте, які елементи змінюють ступінь окиснення, і зазначте його над символами елементів:



2. Запишіть електронні рівняння, зазначаючи, скільки електронів віддає відновник і скільки електронів приєднує окисник:

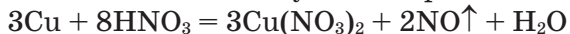


Такий запис означає, що кожен атом Купруму зі ступенем окиснення 0 (нуль) віддав 2 електрони і перетворився на $\overset{+2}{\text{Cu}}$, тобто мідь є відновником. Під час реакції вона окиснюється. Атоми Нітрогену зі ступенем окиснення +5 (у складі нітратної кислоти) приєднують кожний по 3 електрони, перетворюючись на $\overset{+2}{\text{N}}$ (у складі нітроген(II) оксиду NO). Виходить, що $\overset{+5}{\text{N}}$ (точніше, HNO_3) є окисником.

3. Число відданих і приєднаних електронів виносимо за вертикальну риску і, щоб зрівняти, знаходимо для цих чисел найменше спільне кратне (6) й ділимо його на ці числа, дістаємо додаткові множники. Їх записують за наступною вертикальною рисою. Пам'ятайте, що

загальне число електронів, що їх віддає відновник, має дорівнювати числу електронів, що їх приєднує окисник. Додаткові множники і будуть коефіцієнтами біля формул відновника і окисника.

4. Проставте у схемі реакції ці коефіцієнти для відновника і окисника і зрівняйте число їхніх атомів у лівій і правій частинах рівняння:



5. Методом підбору визначте коефіцієнти перед формулою води. Рівняння цієї реакції набуває такого вигляду:



6. Для перевірки правильності написання рівняння обчисліть кількість атомів кожного елемента в обох частинах рівняння. Найчастіше достатньо буває перевірити кількість атомів Оксигену в лівій і правій частинах рівняння.

Значення окисно-відновних реакцій. Окисно-відновні реакції відіграють важливу роль у природі й техніці. Вони самочинно відбуваються в природних біологічних системах — фотосинтез у рослин, процеси дихання у людини і тварин тощо. Горіння палива, що відбувається в топках теплових електростанцій і двигунах внутрішнього згоряння, — це також приклади окисно-відновних реакцій. За їхньою допомогою добувають метали, органічні й неорганічні сполуки, очищують різні речовини, природні й стічні води, газові викиди електростанцій, заводів тощо.

Висновки

- Окисно-відновні реакції відбуваються зі зміною ступенів окиснення зазвичай двох елементів, що входять до складу вихідних і кінцевих продуктів.
- Зміна ступенів окиснення елементів зумовлена переходом (зміщенням) електронів від одних атомів до інших.
- Віддавання електронів, тобто окиснення, завжди супроводжується приєднанням електронів, тобто відновленням. І навпаки, відновлення завжди супроводжується окисненням.
- Окисно-відновні реакції — це єдність двох протилежних процесів: окиснення й відновлення.
- Речовини, що приєднують електрони, — окисники; під час реакції вони відновлюються, а речовини, що віддають електрони, — відновники; під час реакції вони окиснюються.



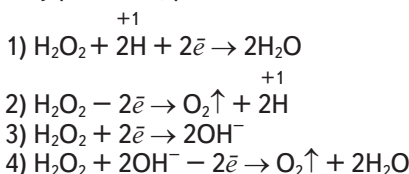
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які реакції відбуваються без зміни ступенів окиснення елементів, що входять до складу реагуючих речовин? Наведіть два приклади.
2. Розгляньте з погляду окиснення — відновлення: 1) розклад ртуті(II) оксиду під час нагрівання; 2) добування водню дією цинку на хлоридну кислоту. Який елемент у кожному з випадків: а) окиснюється; б) відновлюється; в) є окисником; г) є відновником?

3. Напишіть рівняння окисно-відновних реакцій: а) алюмінію з киснем; б) магнію з хлором; в) натрію із сіркою. Наведіть електронні рівняння, зазначте окисник і відновник.
4. Укажіть, що відбувається у процесі взаємодії $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$:
А Гідроген у сульфатній кислоті відновлюється
Б Гідроген у сульфатній кислоті окиснюється
В цинк відновлюється
Г цинк окиснюється
5. Укажіть, за якої умови відбувається процес відновлення:
А нейтральні атоми перетворюються на негативно заряджені йони
Б нейтральні атоми перетворюються на позитивно заряджені йони
В позитивний заряд йона збільшується
Г негативний заряд йона зменшується

Додаткові завдання

6. Укажіть суму коефіцієнтів у правій частині рівняння реакції, що відбувається за схемою $\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$:
А 2 **Б** 4 **В** 6 **Г** 8
7. Гідроген пероксид H_2O_2 виявляє як окиснювальні, так і відновлювальні властивості у реакціях, рівняння яких наведено нижче:



Укажіть рівняння реакцій, у яких гідроген пероксид H_2O_2 виявляє себе як відновник:

- А** 1, 2 **Б** 3, 4 **В** 1, 3 **Г** 2, 4
8. Розставте коефіцієнти в окисно-відновних реакціях, що відбуваються за наведеними схемами:
 1) $\text{Cu} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
 2) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2\uparrow$
 3) $\text{Al} + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{V} + \text{Al}_2\text{O}_3$
 4) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{KI} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{I}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
 5) $\text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{KMnO}_4 + \text{MnO}_2\downarrow + \text{K}_2\text{CO}_3$

§ 17. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ЕФЕКТ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ. ТЕРМОХІМІЧНІ РІВНЯННЯ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

суть понять «екзотермічна» або «ендотермічна реакція»; «внутрішня енергія»; «тепловий ефект реакції»;

уміти

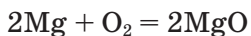
розв'язувати термохімічні рівняння термодинамічним способом.

Екзо- та ендотермічні реакції. Ви вже знаєте, що під час перебігу хімічних реакцій зберігається число атомів, їхня загальна маса, кількість електричних зарядів, а змінюються лише хімічні зв'язки між атомами: одні — руйнуються, інші — утворюються. На руйнування

хімічних зв'язків потрібна енергія, а під час утворення нових зв'язків енергія вивільнюється.

Звернімося до *демонстраційних дослідів*.

Запалимо магнієву стрічку (мал. 25):



Магній горить сліпучим полум'ям. При цьому відбувається перегрупування атомів Магнію та Оксигену з утворенням магній оксиду, що супроводжується виділенням теплоти і світла.



Мал. 25. Горіння магнію

Хімічні реакції, що відбуваються з виділенням теплоти, називаються екзотермічними.

У пробірку наливаємо темно-зелені кристали малахіту $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (або $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ — основна сіль) і закриваємо пробірку пробкою з газовідвідною трубкою, кінець якої занурюємо в стакан з вапняною водою.

Пробірку закріплюємо в штативі похило, як показано на мал. 26, і нагріваємо:



Спостерігаємо утворення речовини чорного кольору, це — купрум(II) оксид CuO . Помутніння вапняної води засвідчує виділення вуглекислого газу CO_2 , а на стінках пробірки з малахітом з'являються краплини води.

Відбулася реакція розкладу малахіту. Вона весь час потребує нагрівання. Якщо припинити нагрівання, то припиниться й реакція. Це означає, що вона відбувається із вбиранням теплоти.

Хімічні реакції, що відбуваються із вбиранням теплоти, називаються ендотермічними.

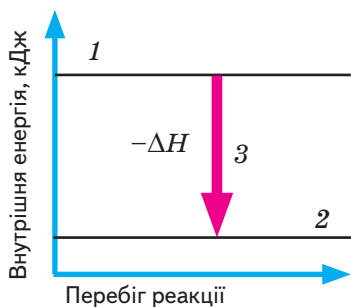
Виникає запитання: чому в одних випадках під час реакції енергія вивільнюється, а в інших — вбирається?

Внутрішня енергія й тепловий ефект реакції. З курсу фізики ви вже знаєте, що кожна речовина має певний запас енергії. Це так звана *внутрішня енергія*, тобто енергія хаотичного (теплого) руху всіх частинок, що входять до складу речовини (атомів, молекул, йонів, протонів, електронів тощо).

У процесі хімічної реакції, коли одні зв'язки руйнуються, а інші — утворюються, внутрішня енергія речовини змінюється. Це пояснюється тим, що перебудовуються електронні структури атомів, йонів, молекул.

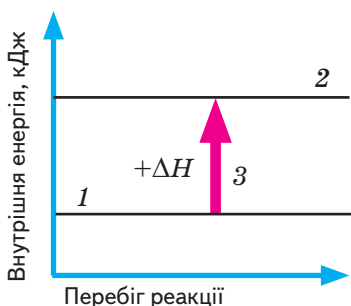
A photograph of a laboratory experiment. A person in a white lab coat is using a Bunsen burner to heat a test tube held in a clamp. The test tube is tilted, and its end is submerged in a beaker of water. Bubbles are visible coming out of the tube into the water.

Мал. 26. Розклад малахіту



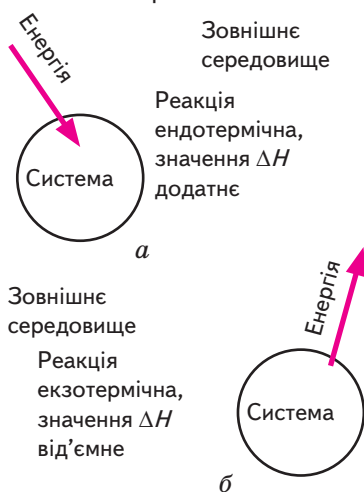
Мал. 27. Тепловий ефект екзотермічної реакції:

- 1 — енергія вихідних речовин;
2 — енергія продуктів реакції;
3 — виділення теплоти



Мал. 28. Тепловий ефект ендотермічної реакції:

- 1 — енергія вихідних речовин;
2 — енергія продуктів реакції;
3 — вбирання теплоти



Мал. 29. Схеми ендотермічних (а) та екзотермічних (б) процесів

А це спричиняє виділення або вбирання (поглинання) теплоти (світла, електричного струму) або інших форм енергії. Наприклад, згоряння багатьох речовин відбувається з виділенням теплоти і світла. Так само сполучення металів із сіркою чи хлором, нейтралізація кислот лугами супроводжуються виділенням значної кількості теплоти. Навпаки, такі реакції, як розклад кальцій карбонату CaCO_3 , маляхіту $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$, калій перманганату KMnO_4 , утворення нітроген(II) оксиду NO з азоту й кисню відбуваються із вбиранням теплоти.

Теплота, що вивільнюється або вбирається під час хімічної реакції, називається тепловим ефектом реакції.

Тепловий ефект реакції позначають ΔH (читається «дельта аш») і виражають у джоулях (Дж) або кратних одиницях — кілоджоулях (кДж).

Зрозуміло, якщо реакція екзотермічна, тобто супроводжується виділенням теплоти, то це означає, що вміст енергії у вихідних речовинах був більший, ніж у продуктах (мал. 27). А для ендотермічних реакцій, які потребують надходження теплоти ззовні, навпаки: вміст енергії у вихідних речовинах менший, ніж у добутих продуктах (мал. 28). Отже,

тепловий ефект реакції ΔH — це різниця між умістом енергії у вихідних речовинах і кінцевих продуктах реакції.

У цьому полягає фізичний зміст величини ΔH (тут грецька літера Δ — дельта означає різницю, зміну).

Оскільки тепловий ефект обчислюється відносно всієї реакційної системи, то для екзотермічних реакцій, коли теплота виділяється і енергія реакційної системи зменшується, він буде *негативним*. Для ендотермічних реакцій, коли теплота вбирається і енергія системи збільшується, тепловий ефект реакції ΔH буде *позитивним* (мал. 29).

Теплові явища, що супроводжують хімічні реакції, вивчає *термохімія* (один із розділів хімічної термодинаміки).

Термохімічні рівняння. Вам відомо, що під час згоряння речовини, наприклад водню, теплота виділяється. Цей процес можна виразити рівнянням:

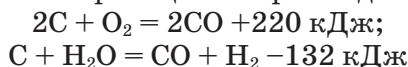


Хімічні рівняння, в яких зазначається кількість теплоти, що виділяється або вбирається, називаються *термохімічними рівняннями*.

Зверніть увагу: тепловий ефект реакції записують окремо від хімічного рівняння, після крапки з комою. Він стосується тієї кількості моль речовини, що визначена рівнянням реакції. У наведеному прикладі під час взаємодії кожних 2 моль водню з 1 моль кисню виділяється 572 кДж теплоти.

Для здійснення тієї або іншої реакції важливо знати значення її теплового ефекту. Залежно від того, відбувається реакція з виділенням чи вбиранням теплоти, визначають умови її проведення.

У літературі вам може трапитися застарілий спосіб запису термохімічних рівнянь, коли тепловий ефект реакції позначений безпосередньо в рівнянні хімічної реакції. Наприклад:



Тут для екзотермічної реакції тепловий ефект позначено зі знаком «плюс», для ендотермічної реакції – зі знаком «мінус».

Ми дотримуємось сучасного термодинамічного способу запису термохімічних рівнянь, де знаки для екзо- та ендотермічних реакцій є протилежними. Тому, користуючись літературою минулих років, слід уважно дивитися, за яким способом — термохімічним чи термодинамічним — записано термохімічні рівняння.

Висновки

- Кожна речовина має певну внутрішню енергію, тобто енергію хаотичного (теплового) руху і взаємодії всіх її мікрочастинок.
- Під час перебігу хімічної реакції внутрішня енергія реагуючих речовин і енергія системи в цілому змінюються. Зміна енергії відбувається через руйнування одних хімічних зв'язків й утворення інших. Саме тому хімічні реакції супроводжуються певним тепловим ефектом — виділенням або вбиранням теплоти.
- За тепловим ефектом хімічні реакції поділяються на два типи: екзотермічні, що відбуваються з виділенням теплоти, і ендотермічні, що відбуваються із вбиранням теплоти.
- У разі екзотермічних реакцій енергія реакційної системи зменшується, і тепловий ефект ΔH позначають зі знаком «мінус» ($-\Delta H$). У випадку ендотермічних реакцій енергія системи збільшується, і тепловий ефект реакції ΔH позначають зі знаком «плюс» ($+\Delta H$).



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Укажіть, який із наведених параметрів під час перебігу хімічної реакції завжди залишається незмінним:
А маса **В** тиск
Б об'єм **Г** концентрація
- Що таке величина ΔH ? Як ви розумієте її фізичний зміст?
- Укажіть, які з наведених рівнянь відповідають ендотермічним реакціям:



- Складіть термохімічне рівняння взаємодії фосфору із хлором, якщо при цьому на кожний моль утвореного фосфор(V) хлориду виділяється 375 кДж теплоти.

Додаткові завдання

- Укажіть тепловий ефект реакції ΔH (у кілоджоулях) перетворення речовини **А** на речовину **В** згідно з наведеним графіком (графік 1).

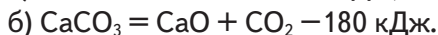
А +50 **В** +100 **Д** +150

Б -50 **Г** -100 **Ж** -200

- Укажіть, який відрізок на графіку вказує значення теплового ефекту реакції (графік 2)

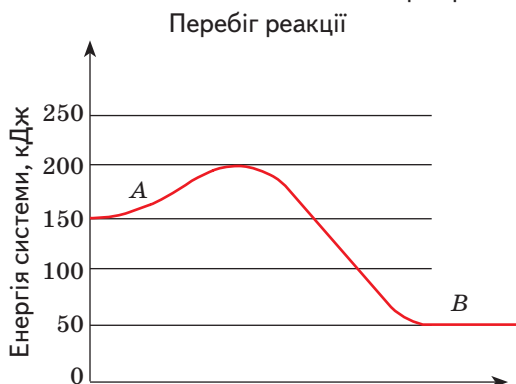
А *a* **Б** *b* **В** *v* **Г** *z*

- Наведені термохімічні рівняння напишіть так, як прийнято в термодинаміці:

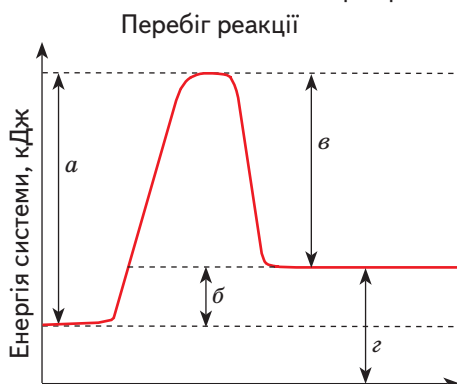


Визначте, який із процесів є екзо-, а який — ендотермічним.

Графік 1



Графік 2



§ 18. ШВИДКІСТЬ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

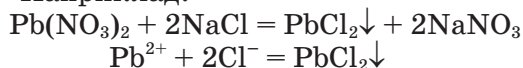
розуміти	суть поняття «швидкість хімічної реакції»;
знати	чинники, від яких залежить швидкість хімічної реакції;
уміти	пояснювати залежність швидкості реакції від певного чинника.

Ви вже знаєте основні типи хімічних реакцій, умієте відрізняти їх від фізичних явищ і робити розрахунки за хімічними рівняннями, а тепер настав час дізнатися, як можна керувати хімічними реакціями.

Для цього треба з'ясувати суть поняття «швидкість хімічної реакції». Це поняття вивчає розділ хімії, що називається *хімічною кінетикою*.

Вам відомо, що вироби із золота (мал. 30) зберігають свою красу та блиск упродовж віків, а виготовлені із заліза — швидко іржавіють, особливо у вологому повітрі, і з часом перетворюються на брухт. Йонні реакції відбуваються практично миттєво.

Наприклад:



Вивітрювання гірських порід — перетворення граніту на пісок, глину та інші речовини, надзвичайно тривалий процес. Отже, хімічні реакції відбуваються з різною швидкістю (мал. 31).

У житті часто виникає потреба керувати швидкістю хімічної реакції: треба прискорити реакцію горіння, а для гасіння пожежі — сповільнити і припинити зовсім. Небажаною реакцією є іржавіння заліза. Якщо ми не в змозі припинити цей процес, то можемо хоча б загальмувати його. Для контролю за швидкістю хімічної реакції потрібно знати, від чого вона залежить. Розглянемо чинники, які впливають на швидкість перебігу хімічних реакцій.

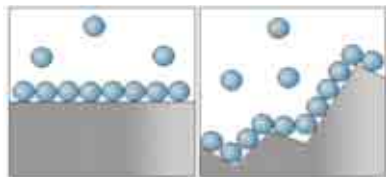
1. Природа реагуючих речовин. Ви вже знаєте, що в процесі реакції руйнуються хімічні зв'язки. Отже, міцність зв'язків впливає на швидкість хімічної реакції. Так, швидкість взаємодії металів з кислотами залежить від того, який узято метал (і яку взято кислоту). Наприклад, під час взаємодії магнію з хлоридною кислотою швидкість виділення



Мал. 30. Золота пектораль (Скіфія, IV ст. до н. е.)



Мал. 31. Пам'ятник Богдану Хмельницькому. Бронзова фігура у вологому повітрі вкривається зеленим нальотом основного купрум(II) карбонату $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$



Мал. 32. Додаткова поверхня після руйнування

водню більша, ніж під час взаємодії цинку з цією самою кислотою. Своєю чергою, залізо взаємодіє з хлоридною кислотою ще повільніше, ніж цинк, а мідь зовсім не взаємодіє. Чому? Спробуйте пояснити.

2. Ступінь подрібнення речовини.

Безперечно, ви знаєте, що дрова легше запалити, якщо спочатку порубати поліна на тріски. Важко запалити шматок цукру, а цукровий пил може миттєво спалахнути й навіть вибухнути. Це пояснюється тим, що в твердій речовині частинки не можуть вільно переміщуватися, вони лише коливаються, а реакція відбувається тільки на поверхні твердої речовини. Якщо ж речовину подрібнити, то поверхня стикання між речовинами збільшується і відповідно збільшується швидкість реакції між ними (мал. 32).



Лабораторний дослід 11

А. Вплив площі поверхні контакту реагентів на швидкість хімічної реакції

В одну пробірку насипте трохи порошку заліза, а в другу — стільки само за масою залізних ошукрок. В обидві пробірки налейте по 2 мл розбавленої хлоридної кислоти (1 : 2). Що спостерігається? Поясніть спостереження і зробіть висновок.

3. Концентрація реагуючих речовин. Якщо порівняти горіння речовин на повітрі та в чистому кисні, легко помітити, що в чистому кисні горіння відбувається інтенсивніше (чому?). Ви знаєте, що в повітрі на частку молекул кисню припадає приблизно 4 молекули інших газів, тобто концентрація молекул кисню в повітрі приблизно у 4 рази менша, ніж у чистому кисні. Через те число зіткнень молекул у чистому кисні буде більшим, отже, і швидкість реакції горіння вища.

Б. Вплив концентрації речовин на швидкість хімічної реакції

У кожную із двох пробірок покладіть по 2 гранули цинку. У першу налейте 2 мл розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 10), а в другу — такий самий об'єм розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 20). Що спостерігається? Поясніть свої спостереження і зробіть висновок.

Якщо реакція відбувається між газами, то її швидкість можна збільшити за допомогою тиску, оскільки в разі підвищення тиску концентрація газу збільшується.

В. Вплив температури на швидкість хімічної реакції

У кожную із двох пробірок покладіть по дві гранули цинку. В обидві пробірки налейте по 2 мл розбавленого розчину сульфатної кислоти (1 : 10). Одну пробірку трохи нагрійте, а другу залишіть для порівняння. Що спостерігається? Поясніть свої спостереження і зробіть висновок.

Підвищення температури як чинник прискорення процесу широко використовується на підприємствах у виробництві різних продуктів. Це дає змогу підвищувати економічність процесу і знижувати собівартість продукції.

Висновки

- Швидкість хімічної реакції залежить від природи реагуючих речовин, ступеня їх подрібненості (збільшення поверхні зіткнення), концентрації та температури.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- Відомо, що для повного розкладання залишеної у лісі газети потрібен рік, для іржавіння консервної банки — десять років, а скло практично не руйнується і протягом століть. Що ви можете сказати про швидкість зазначених хімічних процесів? Який практичний висновок можна зробити з наведених прикладів?
- Як ви розумієте швидкість хімічних реакцій? Від яких чинників вона залежить? Відповідь обґрунтуйте.
- Чому в кам'яновугільних шахтах у разі нагромадження вугільного пилу виникає загроза вибуху? Як запобігти цьому?
- Чому реакції горіння сірки, фосфору, заліза у повітрі відбуваються повільніше, ніж у чистому кисні? Відповідь мотивуйте.

§ 19. КАТАЛІТИЧНІ РЕАКЦІЇ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	суть понять «каталіз», «каталітична реакція», «отруєння каталізатора», «інгібітор»;
уміти	пояснювати суть каталітичної дії; значення каталітичних процесів.

Вам уже відомі чинники, що впливають на швидкість хімічних реакцій. Це природа реагуючих речовин, ступінь їх подрібнення, внаслідок чого збільшуються поверхня зіткнення реагуючих речовин, їхня концентрація і температура. Ще одним важливим чинником, що впливає на швидкість хімічних реакцій, є наявність каталізатора.

- Пригадайте, які речовини називаються каталізаторами. Наведіть приклад.

Звернімося до *демонстраційних дослідів*.

На аркуші паперу змішуємо приблизно однакові об'єми алюмінієвого пилу і розтертого у порошок кристалічного йоду. Суміш купкою висипаємо на керамічну плитку (чи бляху) і в заглибину на купці капаємо з довгої піпетки (або скляної трубки) 1 — 2 краплини води (більша кількість води гальмуватиме перебіг реакції). Починається бурхлива реакція (мал. 33):



Вода у цьому разі є каталізатором взаємодії алюмінію з йодом.

Як пояснити спостережувані явища — появу фіолетової пари, вогню тощо?



Мал. 33. Вода — каталізатор

Мал. 34. Каталітичний розклад
гідроген пероксиду H_2O_2

Ця реакція екзотермічна. Від теплоти, що виділяється, утворений алюміній йодид випаровується, а за умов високої температури згоряє у кисні повітря з утворенням алюміній оксиду (білого порошку), іскор та простої речовини йоду, що відлітає у вигляді фіолетової хмари.

У хімічну колбу наливаємо 30 — 50 мл розчину гідроген пероксиду з масовою часткою H_2O_2 10 % і додаємо трохи (на кінчику шпателя) манган(IV) оксиду MnO_2 . Спостерігається бурхливе виділення газу (ефект кипіння). Як довести, що цей газ — кисень? До отвору колби підносимо жевріючу скіпку. Вона спалахує, бо гідроген пероксид унаслідок каталітичної дії MnO_2 розкладається, виділяючи кисень (мал. 34):



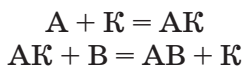
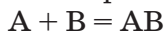
А як довести, що манган(IV) оксид MnO_2 виконує в цій реакції роль каталізатора?

Для доведення спочатку відфільтруємо чорний порошок MnO_2 , а потім добавимо його до нової порції розчину гідроген пероксиду H_2O_2 . Ефект буде таким самим: манган(IV) оксид знову спричиняє розклад нової порції гідроген пероксиду H_2O_2 .

Зверніть увагу: після розкладу всього гідроген пероксиду H_2O_2 каталізатор MnO_2 залишився на дні колби в незмінному вигляді. Саме через цей факт ви можете помилково вважати, що каталізатор не бере участі в реакції. Тоді виникає запитання, яким чином він впливає на її швидкість?

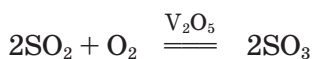
Доведено, що каталізатор бере участь у реакції. Наприклад, реакція між речовинами А і В відбувається за рівнянням $\text{A} + \text{B} = \text{AB}$ з дуже малою швидкістю.

Ситуацію змінює каталізатор К. Він легко взаємодіє з одним із реагентів, наприклад з речовиною А, утворюючи проміжну сполуку АК. Остання швидко взаємодіє з речовиною В з утворенням бажаного продукту АВ і вивільненням каталізатора.



Реакції, що відбуваються за наявності каталізатора, називаються *каталітичними*, а сам процес зміни швидкості реакції під дією каталізатора — *каталізом*.

Термін «каталіз» зазвичай стосується прискорення реакції. Так, ванадій(V) оксид прискорює окиснення сульфур(IV) оксиду у виробництві сульфатної кислоти:



Проте бувають випадки, коли необхідно зменшити швидкість процесу, наприклад корозію металу.

Для цього підбирають відповідні сповільнювачі швидкості, їх називають **інгібіторами**.

Буває й так, що каталізатор утворює з реагуючою речовиною (або домішками в ній) дуже міцну проміжну сполуку, з якої він самочинно вивільнитися не може. Тоді його каталітична дія припиняється. Таке явище називають *отруєнням каталізатора*.

Каталізатори характеризуються специфічністю дії: вони вибірково прискорюють якусь одну реакцію, а на швидкість інших не впливають.

Універсального каталізатора немає. Для кожної реакції існує специфічний (свій) каталізатор. Хоча інколи буває й так, що одна й та сама речовина може впливати на швидкість кількох різних реакцій.

Значення каталітичних реакцій. У сучасній хімічній промисловості переважна більшість процесів є каталітичними. Переробка нафти, добування барвників, виробництво сульфатної кислоти, амоніаку, полімерів, синтетичного каучуку та багато інших виробництв не можуть обійтися без каталізаторів.

Каталізатори відіграють істотну роль і в тих реакціях, що відбуваються в живих організмах. Біологічні каталізатори — **ферменти** — забезпечують стабільний безперервний перебіг біохімічних процесів. Однак і в організмі може статися отруєння біологічних каталізаторів. Ферменти можуть бути отруєні алкоголем (або продуктами його окиснення), нікотином або іншими шкідливими речовинами. У такому разі перебіг багатьох біохімічних процесів порушується, і організм починає хворіти, буває, що й гине.

Висновки

- Каталізатори — це речовини, що прискорюють хімічні реакції, а самі залишаються в незмінній кількості.
- Реакції, що відбуваються за участю каталізаторів, називають каталітичними, а сам процес прискорення швидкості реакції під дією каталізатора — каталізом.
- Каталізатор бере участь у хімічній реакції. Він сприяє розриву зв'язків у вихідних речовинах і робить реакцію енергетично вигіднішою.
- Для каталізаторів є характерним явище отруєння, коли їхня каталітична дія припиняється. Тому важливо обережати каталізатори,

зокрема біологічні (ферменти), від каталітичних отрут — алкоголю, нікотину, інших шкідливих речовин.

- Сучасна хімічна промисловість неможлива без каталізаторів, та й саме життя людини й тварин, існування рослинного світу, оскільки все це ґрунтується на каталітичних процесах.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке каталізатор? Поясніть механізм його дії.
2. Сухий хлор на залізо не діє, тому його можна зберігати у залізних балонах. Вологий хлор залізо руйнує. Як ви можете це пояснити?
3. Чи впливає каталізатор на значення теплового ефекту реакції? Відповідь поясніть.
4. Укажіть, у якому з наведених випадків має місце каталітична дія:
 - А швидкість реакції водню з бромом зростає під час нагрівання
 - Б інтенсивність реакції горіння вугілля підвищується після його подрібнення
 - В швидкість реакції горіння фосфору зростає в разі внесення його в атмосферу чистого кисню
 - Г швидкість реакції розкладу бертолетової солі KClO_3 збільшується внаслідок додавання до неї манган(IV) оксиду MnO_2

§ 20. ОБОРОТНІ ТА НЕОБОРОТНІ РЕАКЦІЇ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

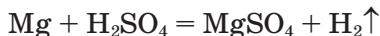
суть прямої реакції; зворотної реакції; оборотної і необоротної реакцій; хімічної рівноваги;

уміти

пояснювати вплив різних чинників на стан хімічної рівноваги; складати рівняння оборотних і необоротних реакцій.

Ви вже знаєте, що хімічні реакції полягають у взаємодії вихідних речовин (реагентів) й утворенні кінцевих продуктів. Проте не слід думати, що напрямок хімічної реакції завжди єдиний (реагенти $\rightarrow$ продукти). Насправді хімічні реакції відбуваються в прямому і зворотному напрямках.

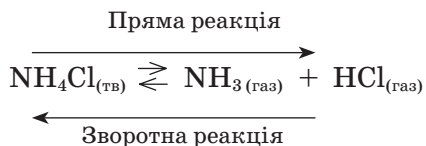
У пробірку з розбавленою сульфатною кислотою H_2SO_4 опускаємо стружку магнію:



Реакція закінчується тоді, коли весь магній прореагує. Якщо спробувати здійснити цю реакцію у зворотному напрямку, тобто пропускати водень у розчин магній сульфату, то металічний магній і сульфатна кислота при цьому не утворюються. Отже, ця реакція не може відбутися у зворотному напрямку, вона є необоротною.

У велику демонстраційну пробірку поміщаємо кристали амоній хлориду масою 2 — 3 г. Трохи прикриваємо отвір пробірки скловатою і нагріваємо. Амоній хлорид розкладається з утворенням двох газів — амоніаку NH_3 і гідроген хлориду HCl , які у верхній, холоднішій

частині пробірки взаємодіють між собою з утворенням дрібних кристалів амоній хлориду NH_4Cl (мал. 35), і ми бачимо густий білий дим:



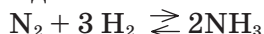
Реакція, під час якої з вихідних речовин утворюються кінцеві продукти, називається **прямою реакцією**. У рівнянні реакції це позначають стрілкою, спрямованою зліва направо.

Реакція, під час якої вихідні речовини слугують продуктами реакції, називається **зворотною реакцією**.

У рівнянні реакції це позначають стрілкою, спрямованою справа наліво.

У рівняннях оборотних реакцій замість знака «дорівнює» ставлять дві протилежно напрямлені стрілки.

Наприклад:

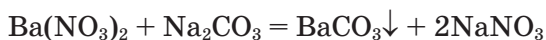


На початку реакції концентрації вихідних речовин азоту N_2 і водню H_2 великі, швидкість прямої реакції також велика. В міру витрачання вихідних речовин швидкість прямої реакції зменшується. Водночас починає нагромаджуватися продукт реакції амоніак NH_3 . Доки його мало, швидкість зворотної реакції незначна. З нагромадженням амоніаку швидкість зворотної реакції зростає. Настає такий момент, коли швидкість прямої та зворотної реакцій зрівнюються.

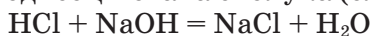
Проведення оборотних реакцій у промисловості не вигідне, оскільки вихід продукту занадто малий.

У необоротних реакцій зворотний процес також має місце, але виражений він дуже слабо. Тому необоротні реакції відбуваються практично до кінця. До них належать зазвичай ті реакції, під час перебігу яких:

- один із продуктів, що утворюється, виходить зі сфери реакції — випадає в осад або виділяється у вигляді газу:



- утворюється малодисоційована сполука (слабкий електроліт):



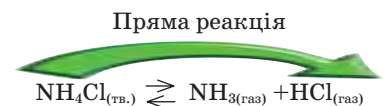
Амоній хлорид сублімується та розпадається з утворенням газів гідроген хлориду та амоніаку — це пряма реакція

Амоній хлорид повторно конденсується



Твердий амоній хлорид

Теплота



Цей символ означає оборотність



Мал. 35. Оборотна реакція

- реакція супроводжується виділенням великої кількості енергії:
 $2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}; \quad \Delta H = -1\,205 \text{ кДж}.$

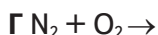
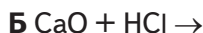
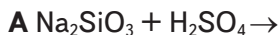
Висновки

- Хімічні реакції бувають оборотні та необоротні.
- Оборотні реакції одночасно відбуваються у двох протилежних напрямках — у прямому і зворотному. Самочинний перебіг оборотних реакцій відбувається не до кінця.



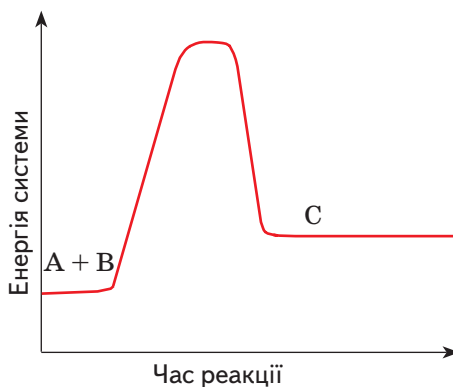
ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

- За якою ознакою реакції поділяють на оборотні та необоротні? За яких умов реакція буде необоротною? Наведіть приклади.
- Напишіть рівняння реакцій між зазначеними речовинами і укажіть серед них оборотну реакцію:



Додаткове завдання

- Що ви можете сказати про реакцію, загальний вигляд якої
 $\text{A} + \text{B} = \text{C},$
 на підставі наведеного графіка?



- A** реакція відбувається дуже швидко
B реакція екзотермічна
B реакція ендотермічна
Г графік ілюструє стан рівноваги

РОЗДІЛ IV



ПОЧАТКОВІ ПОНЯТТЯ ПРО ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

§ 21. ЩО ТАКЕ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Опанувавши зміст параграфу, ви будете
розуміти суть поняття «органічні сполуки»;
знати елементний склад органічних речовин, їхні харак-
терні ознаки;
розрізняти органічні та неорганічні сполуки.

Органічні речовини навколо нас. Серед сполук різних елементів окрему групу становлять ті, що утворені Карбоном, так звані органічні сполуки. Цей термін виник на початку XIX ст. і не випадково має спільний корінь зі словом «організм». Тоді вважалося, що органічні речовини можна виділяти з продуктів рослинного й тваринного походження і вивчати їх у готовому вигляді, але неможливо добути в лабораторії з інших речовин, тобто хімічним способом. Справді, живі організми є ніби хімічними лабораторіями, де утворюються і розкладаються органічні речовини. Проте, як виявилось, їх можна добути і в лабораторних умовах. Із часом було розроблено безліч способів добування органічних речовин шляхом синтезу, в тому числі з неорганічних речовин. Але назва «органічні сполуки» збереглася, і галузь хімічної науки, що вивчає сполуки Карбону, традиційно називається органічною хімією.

Навколо нас переважно органічні речовини: з них виготовлено меблі, одяг, взуття; харчові продукти — жири, цукор — також належать до органічних сполук. Папір для книжки, яку ти зараз читаєш, виготовлений із целюлози, що є органічною речовиною (мал. 36). З органічних речовин будуються рослинні й тваринні організми, а життєво важливі біохімічні процеси, що відбуваються в них, є реакціями між органічними сполуками.



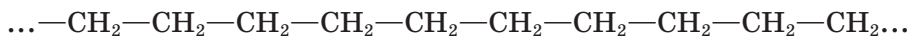
Мал. 36. Продукти і матеріали органічного походження

Люди здавна використовували органічні речовини і реакції між ними. Обробкою жирів рослинним попелом добували мило — органічну сполуку, виробляли барвники рослинного й тваринного походження — індиго, пурпур та інші. Вино, оцет виготовляли бродінням виноградного соку (при цьому взаємодіють органічні речовини). Засоби стародавньої медицини та косметики також складалися з органічних речовин.

Особливості органічних сполук. Які ж особливості сполук Карбону зумовляють вивчення їх окремо від сполук інших елементів? Насамперед сполук Карбону у багато разів більше, ніж тих, що його не містять. Нині відомо понад 60 млн органічних речовин. Щороку їх кількість збільшується на 200 — 300 тисяч нових, добутих синтетично. Зважте, що неорганічних речовин відомо лише близько 200 тисяч.

Атоми Карбону можуть послідовно сполучатися між собою, утворюючи молекули різноманітної форми: прямі й розгалужені, довгі й короткі ланцюги, кільця (мал. 37).

Є сполуки, що містять у молекулі один атом Карбону, як у відомому вам газі метані CH_4 , а є такі, до складу яких входять тисячі цих атомів, як у поліетилені:

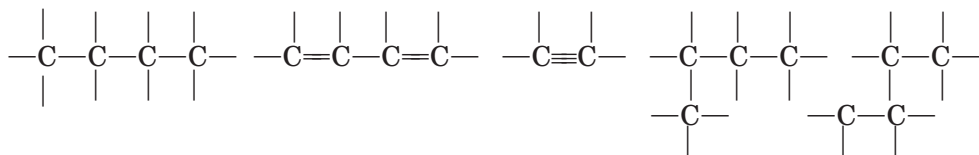


Фрагмент молекули поліетилену

Крім них молекули органічних речовин можуть містити атоми Гідрогену, Оксигену, Нітрогену, галогенів, Сульфуру, Фосфору та деяких інших елементів.

На відміну від неорганічних речовин якісний склад органічних сполук обмежений кількома хімічними елементами, проте кількісний — значно багатший.

Валентність більшості хімічних елементів у неорганічних сполуках змінна (пригадайте сполуки, в яких Сульфур, Фосфор, Нітроген мають різну валентність), а хімічні елементи в органічних сполуках виявляють значно менше валентних станів. Карбон в органічних речовинах завжди чотиривалентний.



Мал. 37. Атоми Карбону утворюють молекули різноманітної форми

Різноманітніші й види хімічних зв'язків у неорганічних речовинах — йонний, ковалентний, металічний. Органічні ж речовини утворюються переважно завдяки ковалентним зв'язкам, хоча є серед них і йонні сполуки.

Кристалічні ґратки більшості органічних сполук молекулярні, через це вони легкоплавкі, часто мають запах. На відміну від тугоплавких, стійких проти нагрівання йонних неорганічних речовин (температура плавлення натрій хлориду становить $800\text{ }^{\circ}\text{C}$), органічні згоряють з утворенням води й вуглекислого газу і виділенням теплоти або розкладаються під час нагрівання до $300\text{--}400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Горючість органічних речовин зумовлює їх використання у вигляді палива і пального (вугілля, деревина, гас, бензин тощо) (мал. 38).

Проводячи реакції між неорганічними речовинами, ви часто використовували їхні водні розчини. Органічні ж речовини здебільшого не розчиняються у воді. Для видалення з тканини плям органічного походження, наприклад масних, треба застосовувати спеціальні органічні розчинники, а не воду.

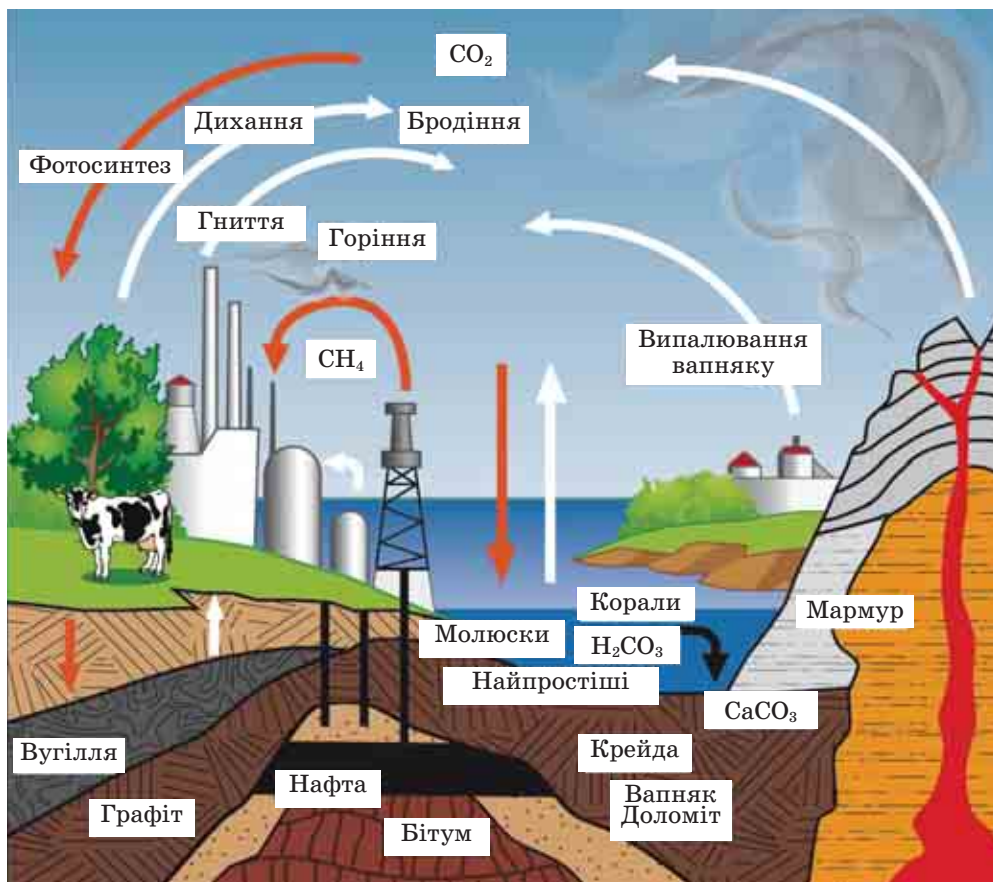
Вивчаючи хімічні властивості неорганічних речовин, ви спостерігали утворення осадів, газів, зміну забарвлення тощо, при цьому ефект виникав одразу ж після змішування речовин, тобто реакції відбувалися швидко, практично миттєво. Органічні речовини реагують між собою, як правило, повільно, до того ж реакції можуть мати кілька напрямків, з утворенням різних побічних продуктів. Оскільки в рівняннях реакцій органічних сполук зазвичай записують лише основні продукти, то замість знака рівності прийнято ставити стрілку.

Однак, незважаючи на істотні відмінності між органічними та неорганічними речовинами, поділ їх на ці дві групи є умовним. Утворення й реакції органічних речовин відбуваються за тими самими законами, що й для неорганічних речовин. Серед органічних речовин є розчинні у воді сполуки, електроліти (наприклад, солі органічних кислот), є термостійкі (наприклад, відомий вам тефлон, з якого виготовляють жаростійке покриття посуду).

Органічні та неорганічні речовини об'єднує і те, що вони можуть взаємно перетворюватися. Пригадайте кругообіг речовин у природі. З неорганічних речовин вуглекислого газу і води в рослинах синтезується органічна речовина глюкоза. Спожита у вигляді корму, вона використовується тваринами як джерело енергії і при цьому знову перетворюється на вуглекислий газ і воду (мал. 39). Так само можна простежити перетворення сполук Нітрогену, Оксигену, Гідрогену, Фосфору.



Мал. 38. Під час горіння органічних речовин утворюються вуглекислий газ і вода



Мал. 39. Колообіг Карбону

«БІОГРАФІЇ» ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Кожна хімічна сполука має історію відкриття, синтезу, застосування, тобто власну «біографію». Хоча органічні сполуки здавна застосовували у практичній діяльності, їх почали розрізняти з мінеральними лише із середини XVII ст., а з першої чверті XIX ст. органічна хімія виокремила в галузь хімічної науки.

В історії хімії походження органічних сполук пов'язують передусім із рослинними і тваринними організмами, з яких ці речовини добували. Від виділення їх із природної сировини до сучасного хімічного синтезу минули віки, що вмістили зміни теоретичних уявлень у хімії, розробки хімічних методів дослідження речовин, пошук сировинних джерел, розвиток техніки і технологій тощо.

Потреби практики стимулювали хіміків до розробки способів добування речовин із певними властивостями. Наприклад, синтез барвників зумовлений потребами текстильної промисловості, синтез лікарських засобів — необхідністю боротьби з хворобами, розвиток автомобілебудування — потребами в якісному пальному і надійній гумі для коліс.

Ви можете самі продовжити приклади, знайшовши для цього потрібну інформацію, якщо візьметеся за виконання навчального проекту з історії органічної хімії. Ви переконаєтеся, що «біографії» органічних сполук — це захоплюючі, повчальні, несподівані й цікаві розповіді, що відкриють для вас нові сторінки історії науки.

Висновки

- Органічні речовини — ті, що містять атоми Карбону, сполучені з атомами Гідрогену, Оксигену, Нітрогену. До їх складу можуть входити також атоми галогенів, Сульфору, Фосфору та деяких інших елементів.
- Органічні сполуки дуже поширені: з них виробляють харчові продукти, тканини, ліки, папір, пальне та багато іншого.
- Органічні речовини є основою рослинних і тваринних організмів.
- Атоми Карбону в органічних сполуках можуть утворювати молекули різноманітного складу й різної форми.
- Органічні сполуки мають такі характерні ознаки: переважно ковалентні зв'язки між атомами, молекулярні кристалічні ґратки, горючість, погана розчинність у воді.
- Органічні та неорганічні речовини здатні до взаємоперетворень.
- Поділ на органічні та неорганічні речовини є умовним.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Який елемент становить основу складу органічних сполук?
2. Чому, на вашу думку, кількість органічних речовин значно переважає кількість неорганічних речовин?
3. Чим різняться між собою органічні та неорганічні речовини?
4. Розгляньте предмети навколо себе. Які з них, на вашу думку, виготовлено з органічних речовин?

Додаткове завдання

5. Складіть порівняльну таблицю неорганічних та органічних речовин за ознаками, що розглядалися в тексті параграфа.

§ 22. МЕТАН

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	молекулярну і структурну формули, застосування метану;
описувати	фізичні й хімічні властивості метану;
уміти	складати рівняння реакцій метану з киснем і хлором;
розрізняти	поняття «повне» і «часткове окиснення».

Склад і будова молекули. Найпростішою органічною сполукою, до складу якої входять лише один атом Карбону і чотири атоми Гідрогену, є метан, його молекулярна формула CH_4 (мал. 40, а).

Щоб з'ясувати електронну будову молекули метану, пригадаймо електронну будову атома Карбону. Його електронна формула $1s^2 2s^2 2p^2$. У зовнішньому електронному шарі атома містяться 4 електрони: два s - і два p -електрони, а одна p -орбіталь вільна. У цьому разі говорять про *основний стан атома Карбону*:



Основний стан атома Карбону Збуджений стан атома Карбону

Під час утворення сполуки атом Карбону переходить у *збуджений стан*, при цьому один s -електрон переміщується на вільну p -орбіталь. Відтак у атома Карбону в зовнішньому шарі містяться чотири неспарені електрони, завдяки яким можуть утворюватися чотири зв'язки з іншими атомами, тобто Карбон виявляє валентність чотири.

Атоми Гідрогену мають по одному електрону і є одновалентними. Надаючи у спільне користування чотири електрони, атом Карбону утворює чотири ковалентні зв'язки з чотирма атомами Гідрогену.

Позначивши валентні електрони крапками, дістанемо електронну формулу метану (мал. 40, б).

Замінімо крапки, що позначають електронні пари, рисками — матимемо структурну формулу метану (мал. 40, в).

Будову молекул можна передати за допомогою моделей. Для конструювання моделей атоми Карбону і Гідрогену виготовляють у вигляді кульок, а хімічні зв'язки — у вигляді стержнів, тому такі моделі називають *кулестержневими* (мал. 40, г).

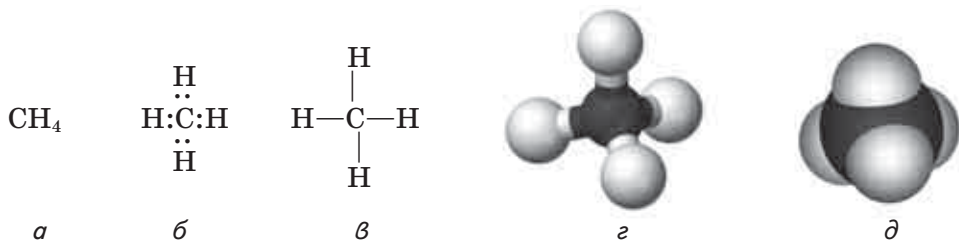
Використовують також *масштабні* моделі, в яких розміри атомів і зв'язків передаються точніше, пропорційно реальним розмірам молекул (мал. 40, д).

Фізичні властивості й поширення у природі. За нормальних умов метан — газ, безбарвний, без запаху, майже вдвічі легший за повітря. У воді практично не розчиняється, але добре розчинний в органічних розчинниках.

Природний газ, що надходить до газової магістралі, на 98 % складається з метану і має, як ви знаєте, неприємний запах. Він спричинений додаванням спеціальних речовин, що пахнуть.

● З якою метою, на вашу думку, це роблять?

Як основа природного газу метан утворився в надрах Землі, ймовірно, внаслідок взаємодії розжарених карбідів металічних елементів з водяною парою.

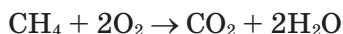


Мал. 40. Метан: *a* — молекулярна формула; *б* — електронна формула;
в — структурна формула; *г* — кулестержнева модель молекули;
д — масштабна модель молекули

У природі можна спостерігати метан, що утворюється під час гниття рослинних решток без доступу повітря. На болотах він утворює бульбашки на поверхні води (болотний газ) (мал. 41). У вугільних шахтах є рудниковий газ — це також метан.

Метан є не тільки на Землі. Він становить основу атмосфери планет Юпітер і Сатурн.

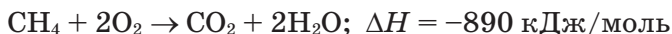
Реакції окиснення. Одна з хімічних властивостей метану відома вам із побуту — реакція **горіння**. Ця реакція відбувається під час згоряння природного газу, що надходить газопроводами (мал. 42). Унаслідок згоряння метану так само, як і інших органічних речовин, утворюються вода й вуглекислий газ:



Продукти реакції можна виявити за допомогою *досліду*. Підпалимо метан, зібраний у циліндрі, або опустимо газовідвідну трубку з полум'ям метану в скляний циліндр. Через деякий час помітимо утворення вологи на стінках циліндра. Додавимо в циліндр вапняної води; стікаючи по стінках циліндра, вона каламутнішає. Отже, внаслідок горіння метану виділяються вода і вуглекислий газ. Ці продукти утворилися з Карбону і Гідрогену, які є у складі метану. Дослід підтверджує якісний склад цієї сполуки.

- Пригадайте, як відбувається реакція вуглекислого газу з вапняною водою. Складіть хімічне рівняння. Чому вода стає каламутною?

Крім продуктів окиснення виділяється також велика кількість теплоти. Термохімічне рівняння реакції горіння метану записується так:



- Пригадайте, як називають реакції, що відбуваються з виділенням теплоти.

З хімічного погляду горіння метану — це реакція **повного окиснення**. У разі нестачі кисню метан окиснюється неповністю (реакція **часткового окиснення**), і замість карбон(IV) оксиду утворюється вуглець (у вигляді сажі) або карбон(II) оксид:



Карбон(II) оксид — дуже токсична речовина без запаху і кольору. Слід знати, що за умов неповного окиснення метану в побуто-



Мал. 41. Утворення метану в заболоченій водоймі



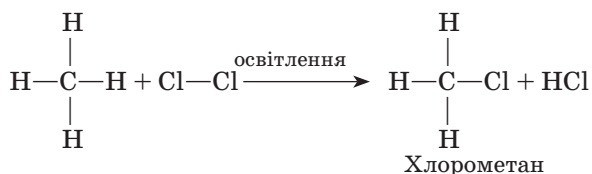
Мал. 42. Горіння метану в газовій конфорці кухонної плити

вих газових приладах його полум'я набуває жовтого забарвлення завдяки розжареним часточкам вуглецю, а посуд для приготування їжі вкривається кіптявою.

- Пригадайте, в чому полягає отруйність чадного газу. Яким чином можна уникнути отруєння ним?

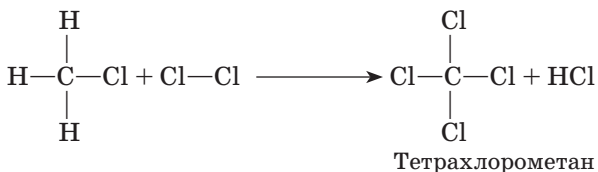
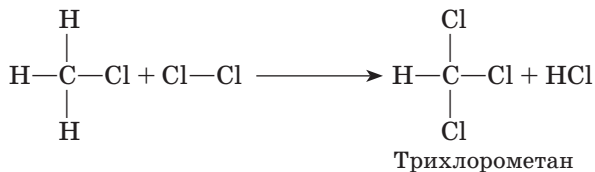
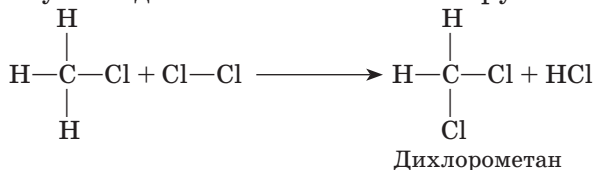
Метан утворює вибухонебезпечні суміші з киснем і повітрям. Вибух може статися навіть від іскри, якщо концентрація метану досягає критичної, ось чому слід дотримувати правил безпеки, постійно провітрювати приміщення, де встановлено газові опалювальні прилади.

Реакції заміщення. Метан вступає в реакцію з хлором Cl_2 . Під час освітлення скляної посудини з сумішшю цих двох газів ультрафіолетовим промінням або під час нагрівання відбувається реакція **хлорування** метану:

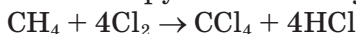


На розсіяному сонячному світлі реакція відбувається повільно, можна спостерігати поступове зникнення жовто-зеленого забарвлення хлору, що затрачається на взаємодію з метаном.

За хімічним характером це реакція заміщення. Вона не припиняється на першій стадії, а відбувається до повного заміщення всіх атомів Гідрогену за умови достатньої кількості хлору:



- Напишіть рівняння наведених реакцій за допомогою молекулярних формул. Сумарне рівняння повного хлорування метану:



На практиці утворюється суміш сполук, так званих *хлоропохідних* метану.

Застосування метану. Хоча склад метану як основи болотного і рудникового газів було визначено на початку XIX ст., його широке використання почалося лише через сто років. Завдяки теплоті, що виділяється внаслідок згоряння метану, він використовується як відносно дешеве паливо у побуті та багатьох промислових процесах.

Широко застосовують продукти хімічних перетворень метану: вуглець (сажу) — для виготовлення гуми, друкарських фарб; водень — у синтезі амоніаку; хлорометан використовують в органічному синтезі; дихлорометан, трихлорометан — як розчинники; трихлорометан (інша назва — хлороформ) довгий час використовували в медицині як знеболювач під час хірургічних операцій; тетрахлорометан — як засіб гасіння вогню. Продукти термічного розкладу метану є вихідними для виготовлення пластмас, їх використовують в органічному синтезі.

Висновки

- Метан — найпростіша органічна сполука.
- У молекулі метану, як і в інших органічних сполуках, атом Карбону чотиривалентний, тобто утворює чотири ковалентні зв'язки.
- Метан згоряє з утворенням вуглекислого газу і води.
- Метан вступає в реакцію часткового окиснення з утворенням карбон(II) оксиду або вуглецю; в реакцію заміщення з хлором.
- Метан — основа складу природного газу.
- Метан використовують як паливо, а продукти його хімічної переробки — в різних галузях господарства.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як можна довести на досліді хімічний склад метану?
2. Який тип зв'язків існує між атомами в молекулі метану?
3. Складіть структурну формулу метану. Що позначає риска у структурній формулі речовини?
4. Завдяки якій властивості метану його можна спостерігати у вигляді бульбашок на поверхні заболочених водойм?
5. В які реакції вступає метан? Напишіть рівняння, визначте типи реакцій.
6. Позначте речовини, що утворюються в результаті неповного згоряння метану:
А карбон(IV) оксид і вода
Б вуглець і вода
В карбон(II) оксид і вода
Г карбон(II) оксид і водень
7. Поясніть, виходячи з рівняння реакції горіння метану, чому його використовують як паливо.

Додаткові завдання

8. Метан можна синтезувати з простих речовин. Складіть рівняння реакції. Чи має вона практичне значення? Теоретичне? Дайте пояснення.
9. Складіть електронну формулу хлорометану.
10. З'ясуйте, що таке лампа Деві, у чому її особливість.

§ 23. ГОМОЛОГИ МЕТАНУ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете знати	молекулярні й структурні формули, назви десяти гомологів метану, їхню загальну формулу;
розуміти	суть понять «насичені вуглеводні», «гомологи», «гомологічний ряд»;
порівнювати	фізичні властивості гомологів метану;
уміти	складати рівняння реакцій повного окиснення (горіння) гомологів метану.

Склад і будова молекул. Ви вже знаєте, що атоми Карбону мають здатність сполучатися між собою, утворюючи ланцюги. Якщо два атоми Карбону сполучаються між собою ковалентним зв'язком, надаючи у спільне користування по одному електрону, то в кожного з атомів залишається по три електрони, що можуть утворити спільні електронні пари з трьома атомами Гідрогену. Хімічний склад такої сполуки C_2H_6 . Ця сполука називається **етаном**.

Її електронна та структурна формули, кулестержнева й масштабна моделі наведено на мал. 43.

Тепер складемо структурну формулу сполуки Карбону з Гідро-геном, у якій містяться три послідовно сполучені атоми Карбону, пам'ятаючи, що Карбон чотири-, а Гідроген одновалентний.

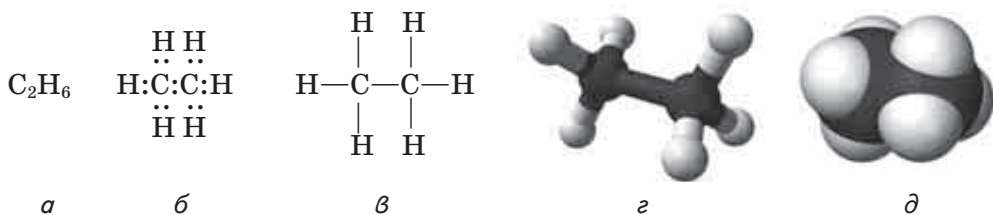
Молекулярна формула **пропану** (а саме так називається ця сполука) — C_3H_8 .

Структурні формули можна записувати у спрощеному вигляді. Наприклад, для етану CH_3-CH_3 , для пропану $CH_3-CH_2-CH_3$.

До складу наведених сполук входять лише атоми Карбону і Гідро-геноу, що повністю використали свої валентності, інакше кажучи, валентності атомів Карбону повністю насичені атомами Гідро-геноу. Такі сполуки називаються **насиченими вуглеводнями** (за старими назва-ми елементів — вуглець і водень). До них належить і метан.

У таблиці 7 наведено характеристики насичених вуглеводнів за зростанням кількості атомів Карбону в молекулах.

Назви перших чотирьох сполук цього ряду склалися історично, а починаючи з пентану утворюються від грецьких або латинських числівників додаванням суфікса **-ан**.



Мал. 43. Етан: *a* — молекулярна формула; *б* — електронна формула;
в — структурна формула; *г* — кулестержнева модель молекули;
д — масштабна модель молекули

Таблиця 7

Характеристики насичених вуглеводнів

Назва алкану	Формула		Температура, °С		Густина, г/см ³
	молекулярна	скорочена структурна	плавлення	кипіння	
Метан	CH ₄		-182	-162	
Етан	C ₂ H ₆	CH ₃ —CH ₃	-183	-89	
Пропан	C ₃ H ₈	CH ₃ —CH ₂ —CH ₃	-188	-42	
Бутан	C ₄ H ₁₀	CH ₃ —(CH ₂) ₂ —CH ₃	-138	-0,5	
Пентан	C ₅ H ₁₂	CH ₃ —(CH ₂) ₃ —CH ₃	-130	36	0,63
Гексан	C ₆ H ₁₄	CH ₃ —(CH ₂) ₄ —CH ₃	-95	69	0,66
Гептан	C ₇ H ₁₆	CH ₃ —(CH ₂) ₅ —CH ₃	-91	98	0,68
Октан	C ₈ H ₁₈	CH ₃ —(CH ₂) ₆ —CH ₃	-57	126	0,70
Нонан	C ₉ H ₂₀	CH ₃ —(CH ₂) ₇ —CH ₃	-51	151	0,72
Декан	C ₁₀ H ₂₂	CH ₃ —(CH ₂) ₈ —CH ₃	-30	174	0,73



Лабораторний дослід 12

Виготовлення моделей молекул вуглеводнів

Моделі молекул можна зібрати з деталей стандартного набору заводського ґатунку або виготовити з пластиліну й сірників.

Вам знадобиться пластилін двох кольорів. Виготовте п'ять кульок одного кольору більшого діаметра (атоми Карбону) і дванадцять кульок іншого кольору й меншого діаметра (атоми Гідрогену).

Щоб зібрати модель молекули метану, до однієї кульки більшого діаметра приєднайте за допомогою сірників (хімічні зв'язки) кульки меншого діаметра. Для виготовлення моделей молекул гомологів метану послідовно сполучайте між собою кульки більшого діаметра та потрібну кількість кульок меншого діаметра. Пильнуйте, щоб атоми Карбону були чотиривалентні!

Фізичні властивості. Агрегатний стан речовин ряду, родоначальником якого є метан, змінюється поступово від газуватого до твердого (за нормальних умов) зі збільшенням кількості атомів Карбону в молекулі. Як свідчать константи, наведені у таблиці 8, перші чотири речовини за нормальних умов — гази, далі йдуть рідини, а починаючи з вуглеводню складу C₁₈H₃₈ (у таблиці не наведений) — тверді речовини (мал. 44). Насичені вуглеводні не розчиняються у воді, але розчинні в органічних розчинниках. Сполуки складу C₅—C₁₇ мають характерний «бензиновий» запах.

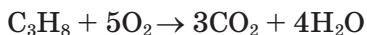
Пропан і бутан легко скраплюються за підвищеного тиску. Суміш цих газів (балонний газ) використовується в побуті як паливо.

(C₁—C₄)(C₅—C₁₇)(C₁₈—C...)

Мал. 44. Агрегатний стан гомологів метану

Основне природне джерело насичених вуглеводнів — нафта.

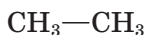
Реакції окиснення. За хімічними властивостями ці вуглеводні подібні до метану, повністю окиснюються (**горять**) з утворенням вуглекислого газу і води:



Пропан

- Складіть рівняння реакцій повного окиснення кількох інших насичених вуглеводнів.

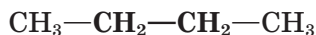
Ці сполуки мають подібні властивості, хоча й різняться кількісним складом молекул. Уважно розглянувши таблицю 7, ви помітите, що ця різниця виражається кількістю груп CH₂:



Етан



Пропан



Бутан

Сполуки, що мають подібну будову молекул і подібні хімічні властивості й різняться між собою за складом на одну чи кілька груп CH₂, називають **гомологами**, а ряд таких сполук — **гомологічним рядом** (від грец. слова, що означає *відповідність*).

Група CH₂ — **гомологічна різниця** складу.



Мал. 45. Парафін і озокерит застосовують у медицині

Явище гомології дуже поширене серед органічних речовин. Розглянуті нами метан, етан, пропан, бутан та інші вуглеводні належать до **гомологічного ряду метану**.

Загальна формула насичених вуглеводнів C_nH_{2n+2}. Знаючи її, можна вивести формулу будь-якої з цих сполук. Наприклад, формула насиченого вуглеводню, що містить 15 атомів Карбону, C₁₅H₃₂ (пентадекан).

Застосування. Як і метан (див. с. 77), його гомологи широко застосовують у різних галузях. *Пропан* і *бутан* — гази, що легко скраплюються. Це зумовлює їхнє використання у двигунах автомобілів, а також у по-

буті: у вигляді балонного газу для газових плит, у запальничках тощо. Ці сполуки, як і метан, є сировиною для добування багатьох органічних речовин, з яких, у свою чергу, отримують інші сполуки.

Парафін є сумішшю твердих вуглеводнів з числом атомів Карбону в молекулі від 18 до 35. Його використовують у медицині, виробництві мийних засобів, пластмас, свічок, жувальної гумки тощо (мал. 45).

Медичне застосування має *озокерит*, або гірський віск, — вкопана речовина нафтового походження, що є сумішшю вуглеводнів, смол, мінеральних речовин.

«БІОГРАФІЇ» ОРГАНІЧНИХ СПЛУК

Горючі гази, що виділяються з тріщин у земній поверхні, були відомі ще стародавнім римлянам. Нині досліджено, що у складі природних горючих газів переважають насичені вуглеводні, вони ж становлять значну частину складу нафти. З цих природних джерел добуто численні гомологи — від метану CH_4 до тритриаконтану $\text{C}_{33}\text{H}_{68}$.

Виділення болотного газу спостерігали також давно, рудниковий став відомим із XV ст., коли траплялися вибухи його в рудниках. Але лише 1785 р. було встановлено, що до складу болотного газу входять Карбон і Гідроген; ще через 20 років визначили кількісний склад газу, а ще через 40 років здійснили синтез метану в хімічній лабораторії.

Перші десять гомологів метану було синтезовано або виділено з природної сировини вже в середині XIX ст.

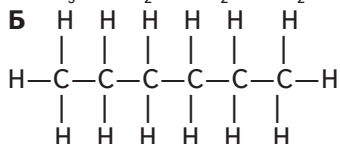
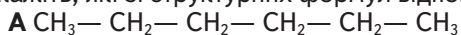
Висновки

- Гомологи метану належать до групи насичених вуглеводнів.
- Загальна формула насичених вуглеводнів $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$.
- Температури плавлення і кипіння парафінів зростають пропорційно зростанню їхніх молекулярних мас.
- У природі насичені вуглеводні містяться переважно в нафті.
- Насичені вуглеводні горять з утворенням вуглекислого газу і води.

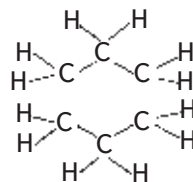


Завдання для самоконтролю

1. Які сполуки називають насиченими вуглеводнями?
2. Які сполуки називають гомологами? Наведіть приклади (назви, молекулярні формули сполук).
3. Наведіть загальну формулу гомологів метану.
4. Складіть молекулярну, структурну (скорочену) формули гомолога метану, що містить 12 атомів Карбону.
5. Як називається насичений вуглеводень, що має відносну молекулярну масу 114? 72?
6. Укажіть, які зі структурних формул відповідають гексану:



В



7. Чи можна змити водою нафтову пляму з тканини?
8. Поясніть, чи існує залежність між агрегатним станом гомологів метану і їхньою відносною молекулярною масою.
9. Назвіть спільні й відмінні ознаки гомологів.
10. Яка хімічна реакція властива насиченим вуглеводням? Наведіть приклади хімічних рівнянь.
11. Парафін для свічок складається переважно з гомолога метану, що містить у молекулі 25 атомів Карбону. Складіть молекулярну формулу сполуки та рівняння реакції її горіння.

Додаткові завдання

12. Намалюйте графік зміни температури кипіння гомологів метану. Продовжіть графік пунктиром. Яку температуру кипіння можна припустити для сполуки складу $C_{14}H_{30}$?
13. Користуючись довідником, спробуйте виявити закономірність у зміні густини в ряду гомологів метану.
14. Проаналізуйте дані, наведені в таблиці 8. Яким чином теплота згорання пов'язана зі складом молекул насичених вуглеводнів?

Таблиця 8

Теплота згорання вуглеводнів

Назва	Формула	Теплота згорання, кДж/моль
Метан	CH_4	890
Етан	C_2H_6	1560
Пропан	C_3H_8	2220
Бутан	C_4H_{10}	2878
Пентан	C_5H_{12}	3536
Гексан	C_6H_{14}	4141
Гептан	C_7H_{16}	4817
Октан	C_8H_{18}	5474

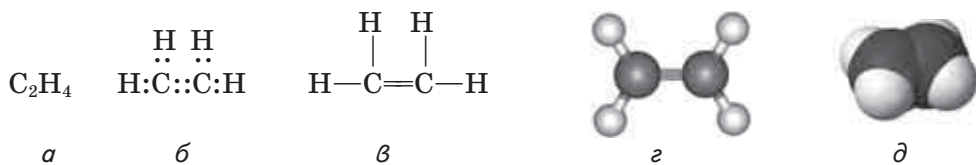
15. Чому, на вашу думку, в побутових газових балонах використовують пропан-бутанову суміш, а не метан?
16. Як уникнути утворення кіптяви на посуді під час приготування їжі на газовій плиті?
17. Насичені вуглеводні застосовують у різних галузях: як паливо, сировину для синтезу інших речовин, у медицині тощо. Користуючись додатковими джерелами інформації, підготуйте повідомлення про застосування цих сполук.

§ 24. ЕТЕН І ЕТИН

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	молекулярні й структурні формули етену й етину;
розуміти	суть поняття «ненасичені вуглеводні», відмінності хімічного складу і реакцій горіння етену й етину;
уміти	складати рівняння реакцій етену й етину.

Склад і будова молекул. Існують вуглеводні, що містять Гідрогену ніби менше, ніж це необхідно для насичення чотиривалентності Карбону. Наприклад, у сполуці складу C_2H_4 ніби не вистачає двох атомів



Мал. 46. Етен: а — молекулярна формула; б — електронна формула;
в — структурна формула; г — кулестержнева модель молекули;
д — масштабна модель молекули

Гідрогену, а у сполуці складу C_2H_2 — аж чотирьох атомів Гідрогену. Цією ненасиченістю і пояснюється назва групи сполук — **ненасичені вуглеводні**.

Особливість цих сполук полягає в тому, що атоми Карбону в них сполучені між собою подвійним або потрійним зв'язками.

У молекулі **етену** C_2H_4 (традиційна назва — етилен) атоми Карбону надають у спільне «користування» не по одному електрону, як у молекулі етану C_2H_6 , а по два електрони й утворюють дві спільні електронні пари, тобто два ковалентні зв'язки. По два валентні електрони, що залишились у атомів Карбону, використовуються для зв'язків з атомами Гідрогену (мал. 46).

У молекулі **етину** (традиційна назва — ацетилен) C_2H_2 атоми Карбону використовують для зв'язку між собою по три електрони, утворюючи три спільні електронні пари, тобто потрійний зв'язок. Кожен атом Карбону надає по одному електрону, що залишився у нього, для утворення зв'язку з атомом Гідрогену (мал. 47).

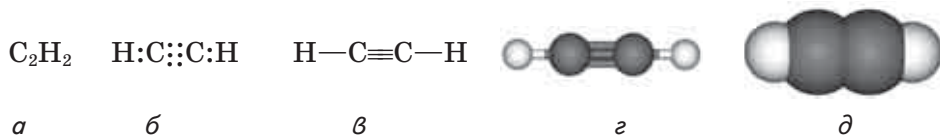
Фізичні властивості етену й етину. Етен — безбарвний газ, майже без запаху, малорозчинний у воді, трохи легший за повітря. Етин — також безбарвний газ, без запаху, малорозчинний у воді, трохи легший за повітря.

У природі ці сполуки не трапляються у вільному стані через високу активність молекул. Етен утворюється під час переробки нафти, етин добувають шляхом синтезу, зокрема й з неорганічних речовин.

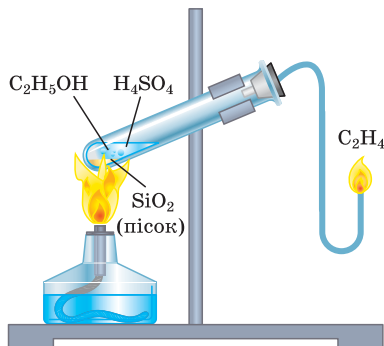
Реакції окиснення. Як і інші вуглеводні, етен і етин **горять** (тобто повністю окиснюються) з утворенням карбон(IV) оксиду й води та виділенням теплоти:



Добудемо етен за допомогою приладу, зображеного на мал. 48. Підпалимо газ біля кінця газовідвідної трубки — спостерігається свічен-



Мал. 47. Етин: а — молекулярна формула; б — електронна формула;
в — структурна формула; г — кулестержнева модель молекули;
д — масштабна модель молекули



Мал. 48. Горіння етену

ня полум'я. Пригадайте, що метан горить майже безбарвним полум'ям.

Пояснити цю відмінність можна, виходячи зі складу молекул метану й етену. Масова частка Карбону в метані становить 75 %, а в етені — 86 %.

Отже, етен, розкладаючись у полум'ї, утворює порівняно з метаном більше часточок вуглецю, що розжарюються і зумовлюють свічення. У верхній частині полум'я вони згоряють до вуглекислого газу.

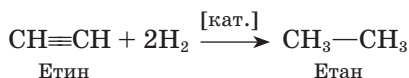
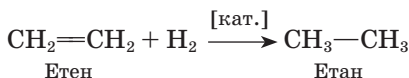
Можна припустити, що етин горітиме з виділенням ще більшої кількості кіптяви, оскільки масова частка Карбону в його молекулі становить 92 %. Переконаємось у цьому на *досліді*.

Добудемо етин у приладі, зображеному на мал. 49. Підпалимо газ, що виділяється, і переконаємось, що справді етин горить кіптявим полум'ям.

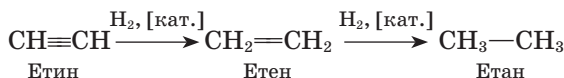
Для повного згоряння етину, наприклад під час зварювання металів, у полум'я додатково подається повітря або кисень.

Наявність подвійного і потрійного зв'язків зумовлює характерні хімічні властивості етену й етину, про які йдеться далі.

Реакції приєднання. Якщо для метану властива реакція заміщення, то для етену й етину — **реакція приєднання**. За наявності катализатора (платини, нікелю) за місцем кратного зв'язку може приєднуватися водень:

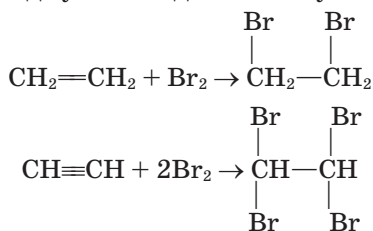


Оскільки етин має більш ненасичений характер, остання реакція може розглядатися як двостадійна: спершу утворюється етен, потім — етан:

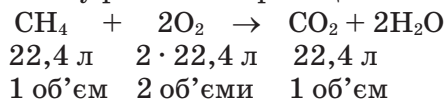


Реакцію приєднання атомів Гідрогену називають **реакцією гідрування**. Гідруванням можна перетворити ненасичені вуглеводні на насичені.

Етен і етин вступають у реакції приєднання з галогенами, причому до молекули етену приєднується одна молекула галогену, а до етину — дві такі молекули:



Об'ємні співвідношення газів під час хімічних реакцій. На прикладах реакцій горіння газуватих вуглеводнів можна помітити, що співвідношення об'ємів газів, які реагують і утворюються в результаті реакцій, відповідає коефіцієнтам у рівняннях реакцій:

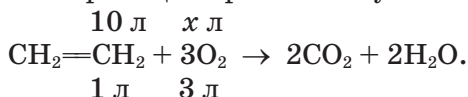


Скільки молекул метану не згоріло б, на це затратиться удвічі більше молекул кисню, тобто об'єми газуватих речовин пропорційні кількості цих речовин. Це узгоджується із законом Авогадро, за яким однакове число молекул різних газів за однакових умов займає однаковий об'єм.

Отже, в разі взаємодії газів можна за коефіцієнтами в рівнянні реакції встановити їхні об'ємні співвідношення. У разі горіння метану $V(\text{CH}_4) : V(\text{O}_2) : V(\text{CO}_2) = 1 : 2 : 1$.

Задача. Визначте об'єм кисню, що затрачається на спалювання етену об'ємом 10 л.

Складаємо рівняння реакції горіння етену:



Згідно з хімічним рівнянням етен і кисень реагують у співвідношенні 1 : 3, тобто на повне згорання 1 л етену затрачається 3 л кисню.

$$\begin{aligned} 1 : 3 &= 10 \text{ л} : x \text{ л}; \\ x &= 30 \text{ л}. \end{aligned}$$

Відповідь: для спалювання етену об'ємом 10 л необхідно 30 л кисню.

Застосування етену й етину. Етен і етин належать до багатотоннажних промислових продуктів, вони утворюються у процесі переробки вуглеводнів, що містяться в нафті. З етену добувають багато цінних продуктів. Це насамперед поліетилен, що його використовують для виробництва пластмаси. З етену добувають і етиловий спирт, що застосовується у виробництві цінних органічних продуктів.

Фрукти й овочі виділяють етен під час достигання. Ви, напевно, помічали, що зелені помідори, загорнуті в пакунок разом із червоними, через деякий час також червоніють. Це відбувається під дією етену, що виділяють стиглі плоди. Його використовують для прискорення достигання овочів і фруктів. Є сполуки, здатні розкладатись з утворенням етену. Якщо таку сполуку ввести в рослину під час достигання плодів, то можна прискорити цей процес завдяки дії газу, що виділяється.



Мал. 49. Горіння етину



а



б

Мал. 50. Для ацетилено-кисневого зварювання металу (а) використовують спеціальне обладнання (б)

Через високу теплотворну здатність етин використовують для газового різання і зварювання металів (мал. 52). У наш час етин — важлива хімічна сировина, джерело величезної кількості органічних речовин, що є, у свою чергу, вихідними для синтезу ще більшої кількості сполук.

«БІОГРАФІЇ» ОРГАНІЧНИХ СПЛУК

Етен вперше добули в XVII ст., однак упродовж деякого часу його, як і інші горючі гази, ототожнювали з воднем, що був описаний Г. Кавендішем як «горюче повітря». Правильну хімічну формулу етину запропонував А. Авогадро 1821 р.

Етену немає у природі, за винятком незначної домішки, що міститься в природному газі. Через те промислові потреби в цьому газі задовольняються шляхом виділення його із суміші газів, що утворюються внаслідок переробки нафти. Під час нагрівання мазуту високомолекулярні вуглеводні розщепляються на вуглеводні з низькими відносними молекулярними масами, серед яких і газ етен.

Етин відкривали двічі: у 1836 р. його було добуто з кальцій карбїду CaC_2 , виявлено склад і вибухові властивості газу. Але про це забули на 25 років, поки не з'ясували природу вихідної речовини, а також відкрили інші способи добування етину. Широке застосування етину стало можливим після розроблення дешевого способу виробництва карбїду. Наприкінці XIX ст. етин почали використовувати для освітлення (ацетиленові лампи). Проте ця галузь застосування не набула розвитку через нещасні випадки, спричинювані вибухами етину.

Наприкінці XIX ст. виявили, що в суміші з киснем він дає найгарячіше полум'я з відомих на той час і за його допомогою можна зварювати сталь.

Нині відкрито й інші способи добування етину, зокрема з метану.

Висновки

- Етен і етин — ненасичені вуглеводні. У молекулі етену атоми Карбону сполучені подвійним, а в молекулі етину — потрійним зв'язком.
- Етен і етин горять світним полум'ям; вступають в реакцію приєднання з воднем і галогенами.
- У результаті повного окиснення етену й етину утворюються вуглекислий газ і вода.
- Етен і етин є сировиною для добування багатьох цінних речовин.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Чим різняться за складом етин і етин?
2. Чому етен і етин належать до ненасичених вуглеводнів?
3. Чому метан горить майже безбарвним полум'ям, а етин — світним?
4. З утворенням яких сполук горять ненасичені вуглеводні?
5. Поясніть, чим різняться реакції етину й етену.
6. Етин вибухає в суміші з повітрям. Укажіть, за якого об'ємного співвідношення кисню й етину реагенти взаємодіють повністю:
 А 1 : 2 В 5 : 1
 Б 5 : 2 Г 1 : 20

Додаткові завдання

7. Спробуйте скласти по кілька формул гомологів етену й етину.
8. Складіть загальні формули гомологів етену й етину.
9. Наведіть рівняння послідовного перетворення етину на етан.

§ 25. ПОЛІЕТИЛЕН

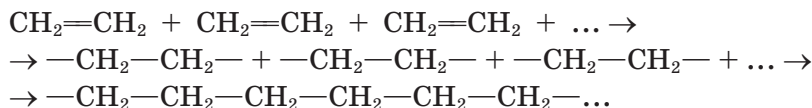
Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	загальну формулу поліетилену;
розуміти	суть реакції полімеризації;
розрізняти	мономер і полімер, полімер і пластмасу;
пояснювати	властивості й застосування поліетилену.

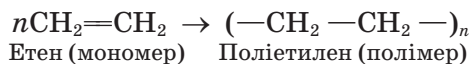
Склад і будова поліетилену. Молекули етену можуть вступати в реакцію сполучення між собою, утворюючи довгі ланцюги з високими значеннями молекулярних мас. У результаті реакції утворюється так званий *полімер*.

Процес послідовного сполучення молекул низькомолекулярної речовини з утворенням високомолекулярної називають полімеризацією (від грец. *полі* — численний, багато і *мерос* — частина).

Унаслідок полімеризації етену утворюється полімер **поліетилен**:



Або у скороченому вигляді:



Реакція відбувається за підвищених тиску і температури та за наявності каталізатора.

Вихідні низькомолекулярні речовини називають *мономерами* (від грец. *моно* — один). Етен — мономер у реакції полімеризації.

Число *n* у формулі полімера, що показує, скільки мономерних ланок сполучається, називається *ступенем полімеризації*.

Властивості поліетилену. Поліетилен — тверда речовина білого кольору, але легко забарвлюється в різні кольори, не тоне у воді. Пла-

висься у межах 102 — 105 °С або 125 — 137 °С, залежно від способу добування полімеру.

Процес плавлення полімерів має свої особливості, зумовлені взаємодією між молекулами, що мають значну довжину і в масі полімера сплутані в клубки. У процесі нагрівання в розплавлений стан переходять насамперед коротші молекули, потім — довші, тому в полімерів широкий інтервал температур плавлення, а не точка плавлення, як у низькомолекулярних речовин.

У розплавленому стані поліетилену можна надати будь-якої форми, що зберігається після охолодження полімеру. Така властивість називається *термопластичністю*.

● Пригадайте, що таке пластичність.

Поліетилен — доволі міцний матеріал. Плівку з поліетилену можна зігнути, зім'яти, але важко розірвати. Поліетилен не проводить електричного струму.

Поліетилен — хімічно інертна сполука, не взаємодіє з кислотами, лугами, окисниками.

Розглянемо зразки поліетиленової плівки, емностей, ізоляційного покриття для електропроводів тощо. Випробуємо матеріал на дотик, пластичність, міцність. Шматочок поліетилену нагріємо над полум'ям спиртівки, змінимо його форму, охолодимо і повторимо цей дослід. Покладемо шматочки поліетилену в пробірки з розчинами кислоти, лугу. Переконаємося, що поліетилен не взаємодіє з цими речовинами.

Можна зробити висновок: поліетилен не виявляє хімічної активності; під дією нагрівання розм'якшується і зберігає форму після охолодження.

Застосування поліетилену. Різноманітні властивості поліетилену зумовлюють його широке застосування. Ці відомості наведено у таблиці 9 (див. також мал. 51).



Мал. 51. Пакувальну плівку з поліетилену виготовляють витискуванням розплавленого полімеру крізь кільцевий отвір. У полімерну трубу накачують повітря

Для надання полімеру потрібних експлуатаційних властивостей, тобто перетворення його на **пластмасу** — матеріал, з якого можна виготовляти різні вироби, до полімерної маси добавляють спеціальні речовини. Наприклад, завдяки *пластифікаторам* твердий полімер перетворюється на еластичний матеріал. Щоб зробити пластичну масу поруватою, до неї добавляють речовини, в результаті розкладу яких виділяються гази; у такий спосіб виготовляють *пінопласти*. Для підвищення термо-, світло- і

хімічної стійкості додають *стабілізатори* й *антиоксиданти*, для забарвлення — *пігменти*, для запобігання наелектризованості — *антистатики*; у пластмаси вводять також *наповнювачі* — кварц, крейду, волокна тощо з метою здешевлення матеріалу й поліпшення його механічних властивостей. Завдяки різним добавкам із того самого полімеру можна виробляти різні за властивостями матеріали, а з них — виготовляти різні вироби, наприклад деталі конструкцій і взуття (схема 2).

Таблиця 9

Властивості й застосування поліетилену

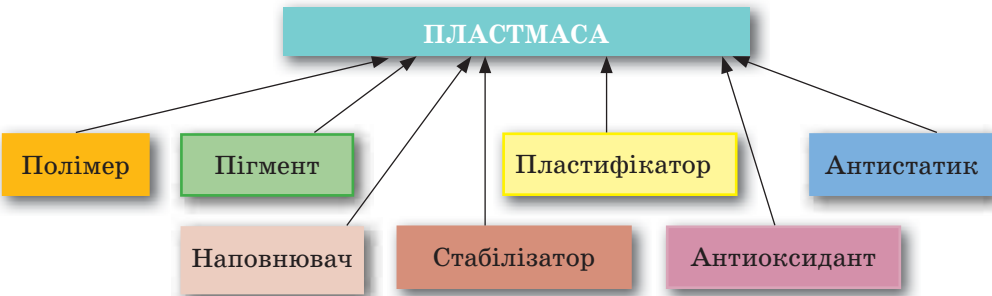
Властивості	Галузі застосування
Хімічна стійкість	Виготовлення деталей апаратів, що працюють в агресивному середовищі; виготовлення тари для зберігання хімічно агресивних рідин; виготовлення посуду та водогінних труб, антикорозійних покриттів
Водо- і газонепроникність	Виготовлення пакувальних матеріалів, плівки для теплиць
Електроізоляційні	Виготовлення ізоляційних матеріалів для електричного дроту

Пластмаси належать до найважливіших сучасних матеріалів, що застосовуються в техніці, сільському господарстві, побуті. Це зумовлено тим, що вони мають властивості, завдяки яким їх використання є економічно вигідним. До них належать: низька густина (легкість), хімічна стійкість, низька теплопровідність, можливість забарвлювання, високі оптичні якості, а також можливість змінювати ці властивості в широких межах через зміну структури полімерів.

Значні переваги пластмас полягають у технічній і технологічній простоті виготовлення виробів, маловідходності методів добування і переробки, низькій енергоємності цих процесів, а отже, високій продуктивності виробництва.

Експлуатаційні недоліки пластмас пов’язані переважно з їхньою низькою термостійкістю, горючістю, крихкістю. Використання поліети-

Схема 2



лену, наприклад, обмежується його низькою температурою плавлення.

Поліетилен може поглинати жири, мастильні матеріали, різні забруднення, через це із часом втрачає свої властивості.

- З якими перевагами і недоліками пластмасових виробів ви стикалися у процесі їх використання? Наведіть приклади.

«БІОГРАФІЯ» ОРГАНІЧНОЇ СПОЛУКИ

Поліетилен у вигляді смолистої речовини був уперше випадково синтезований наприкінці XIX ст. і, як часто траплялося, про нього забули, бо ніде його не застосовували. Парафіноподібна речовина, що утворилася в результаті експериментування з етеном під високим тиском аж 1933 р., з 50-х років стала продуктом масового вжитку.

Нині екологи б'ють на сполох: використані вироби з поліетилену та інших пластмас катастрофічно забруднюють довкілля. Однак на проблему можна подивитися й з іншого боку. Хіба причиною є пластмасові вироби, що їх можна збирати й переробляти? А, може, некультурність людини, її зневага до природи і недобра звичка будь-де залишати після себе сміття? Вирішуйте для себе самі!

Висновки

- Поліетилен утворюється в результаті реакції полімеризації етену.
- У реакції полімеризації етен є мономером, поліетилен — полімером.
- Поліетилен — термопластичний матеріал.
- Для поліетилену характерні хімічна стійкість, водо- і газонепроникність, електроізоляційні властивості.
- Для виготовлення пластмаси до полімеру додають спеціальні речовини.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке мономер? Полімер?
2. Укажіть тип реакції, до якого належить реакція полімеризації:

A обміну	B приєднання
Б заміщення	Г розкладу
3. Укажіть середню молекулярну масу поліетилену, якщо n становить 1000:

A 14 000	B 56 000
Б 30 000	Г 28 000
4. Поліетиленові пакети виготовляють методом зварювання. Яка властивість поліетилену при цьому використовується?
5. Чим відрізняються пластмаси від власне полімерів? Завдяки чому з поліетилену можна виробляти і плівку, і посуд?

Додаткові завдання

6. Полімерний матеріал тефлон, що його використовують для виготовлення посуду з антипригарними властивостями, виробляють з мономеру, який має формулу $\text{CF}_2=\text{CF}_2$. Складіть загальну формулу полімеру, взявши за зразок формулу поліетилену.

7. Знак  ставлять на виробках, виготовлених з матеріалів, придатних для повторної переробки. На вашу думку, чи можна ставити такий знак на виробках із поліетилену?
8. Підготуйте розповідь про застосування поліетилену в побуті.
9. Підготуйте повідомлення про використання полімерів у техніці.

§ 26. ПРИРОДНИЙ ГАЗ, НАФТА, КАМ'ЯНЕ ВУГІЛЛЯ — ПРИРОДНІ ДЖЕРЕЛА ВУГЛЕВОДНІВ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

називати	природні джерела вуглеводнів; нафтові фракції;
знати	склад і застосування природного газу, нафти, кам'яного вугілля;
описувати	процес перегонки нафти.

У природі вуглеводні трапляються переважно у вигляді природного газу, нафти, кам'яного вугілля. Є два способи використання цих горючих копалин: як палива, тобто як джерело енергії, та як сировини для подальшої переробки. Перший спосіб означає звичайне спалювання, другий — це органічний синтез. З вуглеводнів, виділених з нафти, природного газу і вугілля, можна добути багато різних речовин, а з них виробити ще більше корисних матеріалів.

Природний газ, нафта, вугілля належать до невідновлюваних природних ресурсів. Ця обставина змушує розвідувати нові родовища і разом з тим експлуатувати вже відкриті так, щоб максимально вилучати з них копалини і раціонально, з найбільшою користю використовувати їх.

Не важко зрозуміти, що доцільніше піддавати нафту, вугілля і газ хімічній переробці, ніж спалювати їх у котельнях, двигунах, промислових і побутових печах тощо.

- Які альтернативні джерела енергії вам відомі?

Природний газ. Газуватими за нормальних умов є вуглеводні з низькими відносними молекулярними масами, саме вони і містяться у природному газі. Переважає в цій суміші метан — його масова частка становить від 80 до 90 %, решта — гомологи метану: етан, пропан, бутан та інші гази.

Природні горючі гази, що виділялися в деяких місцевостях із тріщин земної кори, були відомі людині з давніх-давен. Подекуди ці гази займалися, наприклад, під час грози. Деякі народи вважали священним вогонь у місцях постійного виходу природних газів.

- На теренах України є родовища природного газу. Назвіть їх, покажіть на мапі.

У товщі земної кори природний газ перебуває у стиснутому стані. Через свердловини газ під тиском виходить на поверхню. Спрямував-

ши газ у газопровід, можна транспортувати його на великі відстані (мал. 52). Із газопроводів газ потрапляє на заводи і до житлових приміщень, де використовується як паливо.

- Використовуючи газ у побуті, ми спалюємо цінні речовини, що є сировиною для добування багатьох інших речовин. Зважаючи на це, який висновок ви можете зробити щодо економії такого палива?

Природний газ широко використовується у промисловості. У доменних печах метан згоряє до вуглекислого газу, який, реагуючи з коксом, утворює відновник карбон(II) оксид. У процесі виробництва сталі мартенівським способом природний газ використовується як джерело теплоти. З цієї самою метою застосовують метан і в скловарних печах.

- Чи є, на вашу думку, раціональним використання природного газу в доменних печах?

Природний газ не лише спалюють, а й переробляють на різні цінні хімічні продукти. Він є сировиною для добування етину, водню, що використовується в хімічному синтезі, наприклад амоніаку. Сажа, добута з метану, є незамінним складником у виготовленні друкарської фарби, гумових виробів (як наповнювач). Застосування природного газу — це, по суті, застосування метану.

- Пригадайте, на яких властивостях метану ґрунтується добування зазначених вище продуктів.

Суміш інших газів, що виділяються разом із метаном, розділяють і використовують як паливо і як хімічну сировину. Суміш пропану і бутану зріджують і зберігають під тиском у балонах. Це дає змогу транспортувати газ у місця, що не підключено до мережі газопроводів.

Нафта. За фізичними властивостями нафта — це густа олійста рідина зі специфічним запахом, темно-бурого чи чорного кольору, легша за воду і нерозчинна в ній. Нафта різних родовищ відрізняється за складом, густиною, кольором, запахом тощо.

Нафта не є індивідуальною речовиною, це суміш близько 1000 різних речовин, серед яких переважають рідкі насичені вуглеводні, в ній

також містяться домішки сульфуро-, нітрогено-, оксигеновмісних органічних сполук, водний розчин неорганічних солей.

Нафта відома людям здавна. Їх почали використовувати близько 5000 років тому в місцях, де вона просочувалася на поверхню ґрунту. Горючість нафти помітити було нескладно, тому й застосовувалась вона переважно як паливо, для освітлення, а також як мас-



Мал. 52. Ділянка газопроводу

тило. Нафтопродукти використовувалися стародавньою медициною у вигляді мазей, для бальзамування мумій тощо. Сирою нафтою обробляли днища кораблів для гідроізоляції. Стародавні шумери застосовували нафтовий бітум як будівельний матеріал, у Китаї нафта використовувалась з військовою метою. Нафта входила до складу відомого в стародавні часи так званого грецького вогню, що займався від контакту з водою і спалив не один військовий корабель. Погасити його можна було лише піском.

● На вашу думку, чому? Пригадайте умови гасіння полум'я.

Нафту видобувають із надр Землі через свердловини. Іноді під час буріння вона спершу викидається на поверхню під тиском, потім до свердловини закачують повітря, вуглекислий газ чи воду, які витискують нафту (мал. 53). Із районів видобутку до місць переробки нафту перевозять суходелом (у залізничних цистернах), морем чи річкою (у танкерах) або перекачують по нафтопроводах.

Перегонка нафти. Не всі з вас бачили сиру нафту, але всі знають, що таке бензин, гас, вазелін, мазут. Ці продукти є нафтовими фракціями (від лат. *fraction* — розламування), що утворюються внаслідок перегонки нафти.

У чому полягає цей процес? Як суміш речовин нафта не має певної температури кипіння, а переходить у газуватий стан у широкому інтервалі температур. Нафту можна розділити на окремі складники (фракції) зі значно вужчими інтервалами температур кипіння за допомогою методу фракційної перегонки. Нафтові фракції — також не індивідуальні речовини, хоча й містять близькі за складом і властивостями сполуки.

На виробництві перегонка здійснюється в ректифікаційній колоні (від лат. *rectificatio* — випрямлення) (мал. 54, 55).

Характеристика продуктів перегонки нафти наведена у таблиці 10.

Під час перегонки нафти ніяких хімічних змін із продуктами не відбувається, спосіб ґрунтується на різних фізичних властивостях, а саме: різних температурах кипіння речовин, що входять до складу нафти. Але є способи її переробки, під час яких відбуваються хімічні реакції, речовини зазнають змін складу і будови.

Застосування нафтопродуктів.

Нафта відіграє надзвичайно велику роль у житті людства, у розвитку цивілізації. Насамперед це одне із найважливіших джерел енергії, що вивільнюється в результаті спалювання нафтопродуктів. Крім того, хімічною переробкою з нафти добувають незліченну кількість речовин, що використовуються, без перебільшення, повсюдно.



Мал. 53. Видобування нафти біля м. Борислава Львівської області



Мал. 54. Схема промислової установки для перегонки нафти: 1 — піч; 2 — ректифікаційна колона; 3 — холодильник



Мал. 55. Загальний вигляд нафтопереробного заводу

Таблиця 10

Продукти перегонки нафти

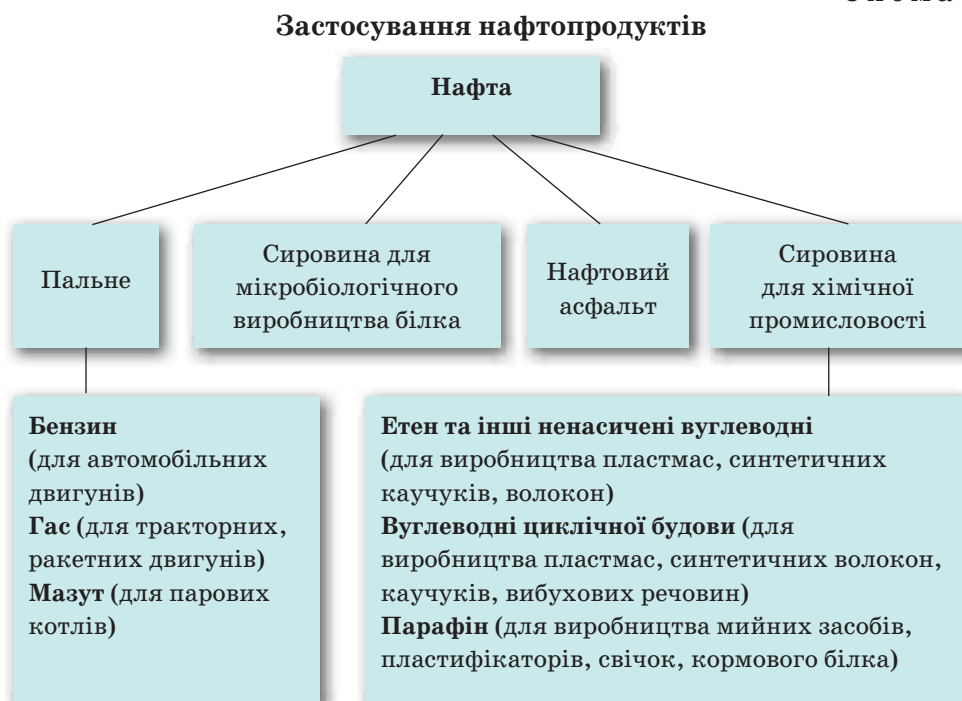
Нафтова фракція	Кількість атомів Карбону в молекулі	Інтервал температур кипіння, °С	Галузь застосування
Гази	$C_1—C_4$		Паливо
Бензин	$C_5—C_{12}$	40 — 180	Пальне для двигунів внутрішнього згоряння
Гас	$C_{12}—C_{15}$	120 — 315	Пальне для дизельних і реактивних двигунів
Газойль	$C_{15}—C_{25}$	180 — 360	Пальне для дизельних двигунів і котлоустановок
Мазут	Залишок перегонки		Переробка на мастила, котельне паливо, вазелін, гудрон

У результаті хімічної переробки чорна олійста рідина перетворюється на волокна і пластмаси, запашні й вибухові речовини, ліки і барвники. Чим глибша переробка нафти, тим більше корисних продуктів можна добувати з неї.

- Схарактеризуйте застосування продуктів нафтопереробки за схемою 3.
- Поміркуйте, які зміни відбулися б, якби видалили всі предмети, виготовлені із застосуванням нафтопродуктів.

Можна сказати, що ми залежимо від нафти, оскільки поки що вона незамінна як сировина для органічного синтезу і для виробництва

Схема 3



пального. На жаль, ще й сьогодні у вигляді пального більша частина нафтопродуктів спалюється (до 87 % видобутку), решта використовується для хімічної переробки.

Людство давно усвідомило, що нафта — надто цінна хімічна сировина, щоб спалювати її у вигляді пального. До того ж ресурси цієї копалини на планеті скорочуються. У зв'язку з цим постає питання про заміну нафти як джерела енергії і сировини.

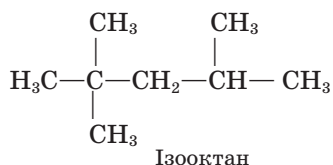
Принципово ця проблема може бути розв'язана за рахунок використання вугілля, запаси якого у природі значно більші, ніж запаси нафти. У вугіллі міститься вільний вуглець, який можна перетворити на різні речовини хімічним способом. Однак таке перетворення потребує значних матеріальних затрат, отже, продукт, добутий з вугілля, буде дорожчим, ніж добутий з нафти. У промисловості розроблено технологію виробництва рідкого пального з вугілля. Під час Другої світової війни в Німеччині, де немає власних джерел нафти, саме з вугілля виробляли пальне, мастила тощо. Але поки що використання цього методу економічно недоцільне.

Інший шлях заміни нафтопродуктів — використання органічних відходів та біомаси, основним складником якої є органічна сполука целюлоза. Про це ви дізнаєтесь згодом.



Пальне для двигунів внутрішнього згоряння буває різних сортів, їх характеризує так зване октанове число — 76, 92, 93, 95 тощо. Що означають ці числа? Виявляється, швидкість згоряння пального залежить від того,

які вуглеводні входять до його складу. Бензин, що складається переважно з гексану C_6H_{14} , гептану C_7H_{16} і октану C_8H_{18} лінійної будови, згоряє надто швидко і спричиняє детонацію (від лат. *detonatio* — вибух). Найліпші антидетонаційні характеристики мають вуглеводні розгалуженої будови, зокрема ізооктан:



За умовною шкалою ізооктану надане октанове число 100, а гептану — 0. Суміші вуглеводнів, що входять до складу бензину різних сортів, мають проміжні октанові числа, причому чим вищі, тим кращий сорт бензину, вища його детонаційна стійкість.

Кам'яне вугілля, як і нафта, — не індивідуальна речовина. До його складу входять вільний вуглець (до 10 %), органічні речовини, що містять Карбон, Гідроген, Оксиген, Сульфур, Нітроген, мінеральні речовини (вони залишаються у вигляді шлаку після спалювання вугілля).

Вам відомо, що вугілля використовується як паливо, але не менше значення має хімічна переробка вугілля з метою добування величезної кількості цінних речовин.

Унаслідок нагрівання до 1000 °С без доступу повітря вугілля перетворюється на кокс. Цей продукт на 96 — 98 % складається з вуглецю. Основна галузь його застосування — металургія.

- Пригадайте, які процеси відбуваються з коксом у доменній печі.

Кокс — не єдиний продукт процесу коксування вугілля, разом із коксом утворюються амоніакова вода, коксовий газ (суміш H_2 , CO , N_2 , вуглеводнів) і кам'яновугільний дьоготь. Цей продукт є багатим джерелом різноманітних цінних речовин, — з нього їх виділено близько 500.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Укажіть речовини, що входять до складу природного газу:

A метан	B гексан
Б етен	Г етан
2. Де використовують природний газ?
3. Наведіть хімічні рівняння, що підтверджують використання природного газу.
4. Чому, на вашу думку, в побуті надають перевагу паливу у вигляді природного газу або електричного струму?
5. Для спалювання суміші пропану і бутану об'ємом 20 л (н. у., об'ємне співвідношення газів 1 : 1) затрачається повітря. Визначте його об'єм:

A 100 л	B 575 л
Б 143,75 л	Г 20 л
- Вважати, що у повітрі міститься 20 % кисню за об'ємом.
6. Який хімічний склад нафти?
7. Чи має нафта хімічну формулу?
8. Назвіть основні нафтові фракції.

9. На основі якої властивості речовин-складників нафти її розділяють на фракції?
10. Які технічні винаходи сприяли видобутку й використанню нафти?
11. Як позначається густина нафти на екологічній безпеці під час її транспортування, зокрема, водними шляхами?
12. Назвіть дві основні галузі застосування нафти.
13. Які зміни відбулися в житті останніх поколінь завдяки використанню нафтопродуктів?
14. У чому полягає сенс відомого висловлювання Д. І. Менделєєва щодо спалювання сирої нафти: «Опалювати можна й асигнаціями»?
15. Коефіцієнт корисної дії автомобіля становить 25 % (тобто пальне використовується на 25 %). Чому, на вашу думку, даремно витрачається 75 % енергії пального?
16. Який хімічний склад кам'яного вугілля?
17. Поцікавтеся, звідки надходить паливо у вашу місцевість, з яких родовищ. Знайдіть їх на мапі.

§ 27. ВУГЛЕВОДНЕВА СИРОВИНА Й ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете
розуміти вплив вуглеводнів на довкілля;
оцінювати значення заходів, спрямованих на збереження природних ресурсів.

Життя людини повсякчас пов'язане зі спалюванням горючих речовин у побуті, на транспорті, у промисловості. Крім очевидної користі, застосування нафтопродуктів, вугілля і природного газу створює низку проблем, пов'язаних з розвитком цивілізації та загалом виживанням людства.

Тепловий баланс нашої планети підтримується завдяки тому, що вуглекислий газ і вода, що містяться в атмосфері, поглинають енергію сонячного випромінювання (інфрачервону частину спектра), а потім віддають її. Таким чином на планеті зберігається теплота.

Поглинання й випромінювання енергії вуглекислим газом та іншими речовинами спричиняє *парниковий ефект*. Отже, можна сказати, що ми живемо в умовах парникового ефекту, і це відповідає нормальному станові атмосфери, комфортному для нас. Проте посилення цього ефекту може мати згубні наслідки, а саме — глобальне підвищення температури й у зв'язку з цим зміни клімату.

До цього може призвести підвищення концентрації вуглекислого газу за рахунок спалювання горючих речовин. Протягом останніх 100 років у результаті техногенної діяльності людини вміст вуглекислого газу в атмосфері невпинно зростає.

- Напишіть рівняння реакцій горіння природного газу (метану), бензину (октану), вугілля (вуглецю). Зробіть висновок про вплив продуктів згоряння на довкілля.
- Подумайте, як підвищення температури на планеті може позначитись на природних умовах Північної півкулі. Чим це загрожує людству?



Мал. 56. Фотохімічний смог над містом

Крім парникового ефекту в результаті переробки й використання горючих корисних копалин атмосфера забруднюється шкідливими речовинами, такими як карбон(II) оксид CO (від неповного згоряння пального у двигунах), сульфур(IV) оксид SO_2 (утворюється із сірки, що міститься у вугіллі й бензині), метан CH_4 (витікання газу), сірководень H_2S (виділяється під час перегонки нафти), оксиди Нітрогену NO , NO_2 (під час високотемпературного горіння) та ін.

Усі ці речовини спричиняють *фотохімічний смог*, кислотні дощі тощо.

Фотохімічний смог утворюється в результаті реакцій, що відбуваються під дією сонячного світла (фотохімічні реакції). При цьому крім наявних у повітрі забруднювачів додатково утворюються нітроген(IV) оксид та озон. Останній реагує з вуглеводнями, що виділяються в повітря від неповного згоряння пального. У результаті утворюються сполуки, небезпечні для здоров'я людей і шкідливі для довкілля.

Фотохімічний смог уперше спостерігався в Лос-Анджелесі, де багато сонця та автомобілів (мал. 56).

Крім того, під час згоряння пального утворюються дим, у якому містяться дрібні часточки вуглецю і твердих вуглеводнів, що не згоріли, а також сполуки Кадмію, Плюмбуму, Меркурію та інших елементів, надзвичайно шкідливі для здоров'я.

- Зважаючи на те, що атмосфера не знає кордонів, поясніть глобальну небезпеку її забруднення.



а



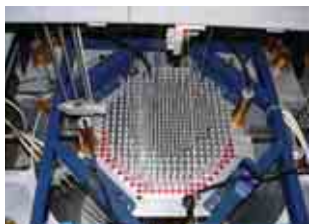
б



в



г



д



е

Мал. 57. Альтернативні джерела енергії: а — вітрові турбіни; б — гідроенергетика; в — сонячні батареї; г — воднева енергетика; д — ядерна енергетика; е — біогаз

Як можна позбутися шкідливих забруднювачів, що утворюються внаслідок використання палива і пального?

По-перше, можна ощадливо використовувати ці продукти, тим самим зменшуючи кількість шкідливих викидів. По-друге, можна вилучати з палива сірку ще до його використання. По-третє, створювати технологічні умови повного згоряння вугілля в котельнях, на теплоелектростанціях та бензину — у двигунах автомобілів. По-четверте, можна вловлювати відходи після згоряння палива за допомогою фільтрів. По-п'яте, можна замінити джерела енергії: замість енергії палива використовувати енергію Сонця, вітру, води, ядерну та геотермальну енергію (мал. 57).

- Які із зазначених чинників мають, на вашу думку, більше і менше значення? Розгляньте їх з погляду переваг і недоліків.

Висновки

- У природі насичені вуглеводні містяться у складі горючих корисних копалин, якими є природний газ, нафта, кам'яне вугілля.
- Природний газ є сумішшю летких вуглеводнів, серед яких переважає метан.
- Нафта є сумішшю рідких вуглеводнів.
- У результаті перегонки нафти утворюються такі основні фракції: бензин, гас, газойль, мазут, інші продукти.
- Перегонку нафти здійснюють у ректифікаційних колонах.
- Процес перегонки нафти ґрунтується на різних температурах кипіння вуглеводнів.
- Кам'яне вугілля піддають коксуванню, в результаті якого утворюються кокс, коксовий газ, кам'яновугільний дьоготь, амоніакова вода.
- Переробкою кам'яновугільного дьогтю добувають величезну кількість органічних речовин.
- Переробка й використання горючих корисних копалин призводять до забруднення довкілля.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Пригадайте, як виникає парниковий ефект у теплицях. Порівняйте його з парниковим ефектом на планеті.
2. Пригадайте колообіг Карбону у природі. Яким чином насадження і вирубування лісів позначаються на парниковому ефекті?
3. Кам'яне вугілля містить значну домішку сірки. Складіть рівняння реакції горіння вугілля (вуглецю) і сірки, а також рівняння реакцій оксидів, що утворюються, з водою. Поясніть вплив цих реакцій на екологічний стан довкілля.
4. Для вбирання сульфур(IV) оксиду в промисловості використовують негашене вапно CaO . Яку масу цієї речовини треба взяти, щоб нейтралізувати сульфур(IV) оксид, що утвориться внаслідок спалювання сірки масою 64 кг?

- Природний газ — екологічно безпечніше пальне порівняно з бензином. Чому? Яке значення має його використання в автомобілях замість бензину?
- Установіть відповідність між назвою процесу і назвою продукту, що утворюється при цьому:

Назва процесу

А коксування вугілля

Б перегонка нафти

В полімеризація етину

Г горіння пропан-бутанової суміші

Назва продукту

1 вуглекислий газ

2 тефлон

3 поліетилен

4 амоніакова вода

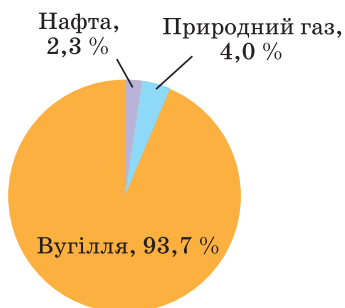
5 бензин

Додаткові завдання

- Природний газ, вугілля, нафта належать до «енергохімічних ресурсів». Як ви розумієте цей термін?
- Які, на вашу думку, перспективи існують у використанні альтернативних джерел енергії?
- Поясніть значення екологічного контролю за роботою двигунів автомобілів.
- Зіставте діаграми 1 і 2. Які висновки можна зробити щодо запасів і споживання нафти, вугілля, природного газу? Складіть кілька запитань, використовуючи наведені дані (у відсотках від світового видобутку й споживання).

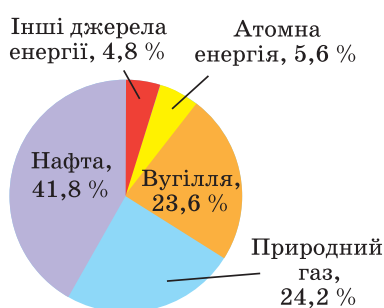
Діаграма 1

Загальні світові запаси джерел енергії



Діаграма 2

Частки різних джерел енергії, що споживає людство



- Використовуючи додаткові джерела інформації, з'ясуйте, що таке «грецький вогонь», де і коли його застосовували.

§ 28. Етанол

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

молекулярну й структурну формули етанолу, його застосування;

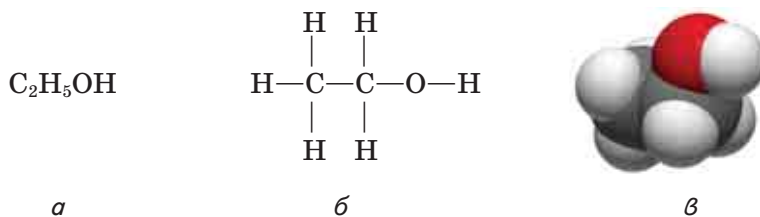
уміти

складати рівняння реакції горіння етанолу;

пояснювати

фізіологічну дію етанолу, розуміти її згубні наслідки.

Склад і будова молекули. Як уже зазначалося, молекули органічних сполук крім атомів Карбону і Гідрогену можуть містити атоми Оксигену. Уявіть, що в молекулі етану C_2H_6 один атом Гідрогену заміщений гідроксильною групою —ОН. Склад такої сполуки — **етанолу** — виражається хімічною формулою C_2H_5OH (мал. 58).



Мал. 58. Етанол: *a* — молекулярна формула; *б* — структурна формула; *в* — масштабна модель молекули

Ця сполука належить до класу **спиртів**, характерною ознакою якого є наявність у молекулі однієї або кількох гідроксильних груп.

Фізичні властивості етанолу. Етанол за стандартних умов — рідина, легша за воду, має специфічний запах, добре розчинна у воді. $t_{\text{кип}} = 78^\circ\text{C}$.

Реакція повного окиснення. Спирти, як і всі органічні сполуки, горять. Етанол миттєво спалахує в разі підпалювання й горить синюватим, майже непомітним полум'ям із виділенням великої кількості теплоти. Відбувається реакція повного окиснення:



Фізіологічна дія етанолу. Спирти — отруйні рідини, деякі спричиняють сліпоту, а в більших дозах призводять до смерті.

Етиловий спирт за дією на організм є наркотичною речовиною, що в невеликих дозах спричиняє сп'яніння, у великих — навіть смерть. Зловживання напоями, що містять етанол (інакше — алкоголь), призводить до страшного захворювання — алкоголізму.

Особливо небезпечний алкоголь для молодого організму. Навіть невеликі дози впливають на швидкість реакцій, здатність зосереджуватись, виконувати розумову роботу. Спожитий у великих дозах, алкоголь діє як отрута на всі системи організму людини. Специфічна зміна настрою після вживання алкоголю, пожвавлення є дуже оманливими, бо згодом настає фаза пригнічення центральної нервової системи, фізичної та психічної загальмованості.

У молодих людей захворювання на алкоголізм розвивається швидше, оскільки в їхньому організмі інтенсивніше відбуваються процеси обміну.

Застосування етанолу. Етанол — розчинник. Ця його властивість використовується в органічному синтезі та лабораторній практиці. Етанол як розчинник застосовується у фармації (екстрагування, виготовлення настоянок тощо), харчовій промисловості, як знезаражувальний засіб — у медицині.

За допомогою хімічних перетворень з етанолу добувають речовини, що є вихідними у виробництві пластмас і каучуку.

Етанол використовується для синтезу етанової кислоти, у суміші з бензином — як пальне.

«БІОГРАФІЯ» ОРГАНІЧНОЇ СПОЛУКИ

Етанол як горюча рідина, що її добували перегонкою вина, був відомий під багатьма назвами: «горюча вода» (*aqua ardens*), «вода життя» (*aqua vitae*), «дух вина» (*spiritus vini*). А ще — «етиловий спирт», «етанол», «винний спирт», «алкоголь» — назви-синоніми однієї сполуки, що є основою алкогольних напоїв і найвідомішою із класу спиртів. Археологічні розкопки засвідчують, що в епоху найдавніших цивілізацій уміли виробляти вино й пиво.

Скидається на те, що алкоголь був найпершою сполукою, яку добували шляхом синтезу. Перша літературна згадка про власне етиловий спирт як «горючу воду», добуту перегонкою вина, належить до VIII ст., а хімічний склад цієї речовини залишався таємницею для вчених аж до початку XIX ст.

Застосування етанолу як розчинника і незаражувального засобу, а також у харчовій промисловості відомо зі стародавніх часів.

Висновки

- Етанол належить до класу спиртів.
- Характерною ознакою спиртів є наявність у молекулах однієї або кількох гідроксильних груп.
- Етанол горить із виділенням великої кількості теплоти.
- Етанол використовують в органічному синтезі, у харчовій промисловості, фармації, медицині.
- Етанол отруйний.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

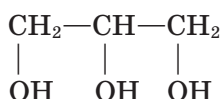
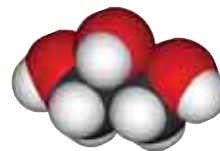
1. Які сполуки належать до класу спиртів?
2. Поясніть, на якій властивості етанолу ґрунтується його застосування у вигляді пального. Складіть рівняння реакції.
3. Поясніть шкідливість вживання алкоголю.
4. Обчисліть, чи вистачить кисню об'ємом 112 л для повного окиснення етанолу кількістю речовини 2 моль.

§ 29. ГЛІЦЕРОЛ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	молекулярну й структурну формули гліцеролу;
уміти	виявляти хімічним способом гліцерол серед інших сполук;
пояснювати	застосування гліцеролу на основі його властивостей.

Склад і будова молекули. Крім одноатомних спиртів, тобто тих, що містять у молекулі одну гідроксильну групу, існують багатоатомні спирти, до складу яких входять дві й більше гідроксильних груп. Най-

*a**б**в*

Мал. 59. Гліцерол: *a* — молекулярна формула; *б* — структурна формула; *в* — масштабна модель молекули

важливіший із них — **гліцерол** (традиційна назва гліцерин) — триатомний спирт (мал. 59).

Фізичні властивості гліцеролу. Це густа сиропоподібна рідина без запаху і кольору, солодка на смак, добре розчинна у воді. Властивості гліцеролу відбиває його назва «олійний цукор», вживана у XVIII ст., коли його було добуто вперше з маслинової олії. Назва *гліцерол* походить від грец. *глікос* — солодкий.

Виконаємо *дослід* із розчинення гліцеролу у воді. Змішаємо у пробірці воду і гліцерол (приблизно по 1 мл). Додавимо до суміші ще 1 мл гліцеролу і спостерігаємо його розчинення. Можна зробити висновок, що гліцерол добре розчинний у воді.

Реакція повного окиснення (горіння) відбувається, як і інших органічних речовин, з утворенням вуглекислого газу й води.

● Складіть рівняння реакції горіння гліцеролу.

Реакція з гідроксидами металічних елементів. Наявність кількох гідроксильних груп зумовлює деякі особливості хімічної поведінки гліцеролу. На відміну від одноатомного спирту етанолу він взаємодіє із гідроксидами лужних і важких металічних елементів.

У пробірку наллємо 1 мл розчину натрій чи калій гідроксиду і додавимо кілька краплин розчину купрум(II) сульфату. Спостерігаємо утворення осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додавимо гліцерол, суміш збовтаємо. У результаті реакції гліцеролу з купрум(II) гідроксидом утворюється прозорий розчин синього кольору. Продукт реакції — сполука складної будови, тому ми не записуємо рівняння реакції.

Ця хімічна спроба слугує для виявлення багатоатомних спиртів серед інших речовин.

Застосування гліцеролу. Гліцерол — продукт, що має широке застосування. Завдяки гігроскопічності він використовується в парфумерії та фармації як зм'якшувальний засіб або основа мазей, добавка до мила, у харчовій промисловості — як добавка до напоїв. У шкіряному виробництві та текстильній промисловості — для обробки пряжі й шкіри з метою їх пом'якшення та надання еластичності. З гліцеролу добувають вибухову речовину нітрогліцерин, що використовується для виготовлення динаміту. Нітрогліцерин чинить судинорозширювальну дію й у вигляді ліків використовується при серцевих захворюваннях.

«БІОГРАФІЯ» ОРГАНІЧНОЇ СПОЛУКИ

Свою назву гліцерол отримав від власного смаку. Біографія цієї сполуки тісно пов'язана з дослідженням жирів, оскільки гліцерол є продуктом, що утворюється внаслідок омилення останніх. Процес названо омиленням через те, що в результаті обробки жиру лугом утворюється мило, а гліцерол виділяється як побічний продукт. Цей спосіб добування гліцеролу чинний і нині, хоча існують і синтетичні методи. Сполуки, що є похідними гліцеролу, містяться в усіх рослинних і тваринних організмах.

Висновки

- Гліцерол – триатомний спирт.
- Гліцерол горить, взаємодіє з гідроксидами лужних і важких металічних елементів.
- Реакцію гліцеролу з купрум(II) гідроксидом використовують для аналітичного виявлення гліцеролу.
- Гліцерол широко застосовують у легкій, харчовій, фармацевтичній промисловості.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. До якого класу сполук належить гліцерол?
2. Порівняйте склад і властивості етанолу й гліцеролу. Чим зумовлена відмінність між цими сполуками?
4. У двох пробірках містяться етанол і гліцерол. Як хімічним шляхом розрізнити ці рідини?
5. Чи відомий вам гліцерол із побутового застосування? Розкажіть про це.
6. Трускавецька мінеральна вода «Юзя» містить гліцерол. Здавна місцеві дівчата вмиваються нею «для краси». На яких властивостях, на вашу думку, заснована дія цієї води?

Додаткові завдання

7. Двохатомний спирт етиленгліколь має формулу

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$$

Поміркуйте, чи є гомологами гліцерол і етиленгліколь.

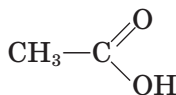
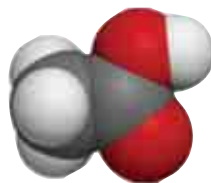
8. Підготуйте повідомлення про застосування етиленгліколю.

§ 30. ЕТАНОВА КИСЛОТА

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	молекулярну й структурну формули етанової кислоти; склад карбоксильної групи;
уміти	складати рівняння хімічних реакцій етанової кислоти; виявляти її кислотні властивості дослідним шляхом;
пояснювати	склад деяких вищих карбонових кислот; склад молекул мила, його мийну дію.

Склад і будова молекули. Характерний запах столового оцту відомий усім. Він зумовлений **етановою кислотою** CH_3COOH

*a**б**в*

Мал. 60. Етанова кислота: *a* — молекулярна формула; *б* — структурна формула; *в* — масштабна модель молекули

(мал. 60). Традиційна назва — оцтова кислота. Ця сполука належить до класу **карбонових кислот**, ознакою яких є наявність **карбоксильної групи** —COOH.

Фізичні властивості. Етанова кислота — безбарвна рідина, летка, має різкий специфічний запах, змішується з водою в будь-яких пропорціях, розчин кислий на смак. У побуті відома у вигляді 3—9 %-го водного розчину (столовий оцет) або 80 %-го водного розчину (оцтова есенція).

Хімічні властивості. Вони зумовлені наявністю карбоксильної групи, в якій атом Гідрогену може відщеплюватись, як і в неорганічних кислотах.

Електролітична дисоціація. Щоб переконатись у кислотних властивостях етанової кислоти, проведемо *дослід*: випробуємо дію етанової кислоти на індикатори.

У дві пробірки наллємо по 1—2 мл розчину етанової кислоти. До вмісту однієї пробірки добавимо кілька краплин розчину лакмусу, до іншої — розчину метилового оранжевого. Спостерігаємо зміну забарвлення індикаторів, що свідчить про кислотне середовище, створюване завдяки етановій кислоті.



- З утворенням яких йонів дисоціюють неорганічні кислоти? Складіть рівняння електролітичної дисоціації нітратної кислоти.

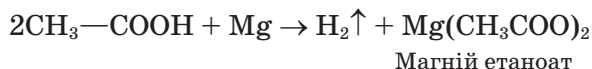
Ступінь дисоціації етанової кислоти дуже низький, отже, етанова кислота — слабкий електроліт, через це в йонних рівняннях реакцій її формулу записують у молекулярному вигляді.

Взаємодія з металами, лугами, основними оксидами, солями. З цими сполуками етанова кислота реагує подібно до неорганічних кислот. У цьому ви можете пересвідчитися на *дослідах*.

До розчину етанової кислоти в пробірці добавимо порошок магнію або помістимо в неї стружку магнію. Спостерігаємо виділення газу.

- Пригадайте, як взаємодіє магній з розбавленою сульфатною кислотою. Який газ при цьому виділяється? Складіть рівняння реакції.

У результаті реакції між етановою кислотою і магнієм утворюються водень і сіль магній етаноат. **Етаноати** — загальна назва солей етанової кислоти.

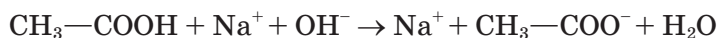
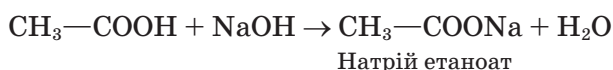


До 1—2 мл розчину натрій гідроксиду в пробірці добавимо кілька краплин фенолфталеїну. До забарвленого розчину по краплинах добавляємо розчин етанової кислоти до знебарвлення вмісту пробірки.

Про що це свідчить?

- Пригадайте взаємодію неорганічних кислот з лугами. Як називається ця реакція? Наведіть приклад, складіть рівняння реакції.

Етанова кислота реагує з лугом, утворюючи сіль і воду:



- Перевірте на досліді взаємодію етанової кислоти з основним оксидом. Напишіть рівняння реакції.

Етанова кислота як слабка кислота може витіснити ще слабші кислоти з їх солей, наприклад карбонатів.

До розчину етанової кислоти в пробірці добавимо шматочок крейди або порошку натрій гідрогенкарбонату (питної соди). Спостерігаємо бурхливе виділення газу (мал. 61).

Який газ виділяється? Складіть рівняння реакції.

- Пригадайте, як взаємодіє кальцій карбонат із хлоридною кислотою. Який газ при цьому виділяється? Складіть рівняння реакції.

Застосування етанової кислоти. У великих кількостях етанова кислота використовується в органічному синтезі, під час виробництва лікарських препаратів, штучного волокна, хімічних засобів захисту рослин, а також як розчинник. У харчовій промисловості застосовується як консервувальний засіб та смакова приправа.



Мал. 61. Взаємодія етанової кислоти (оцту) з питною содою (натрій гідрогенкарбонатом)

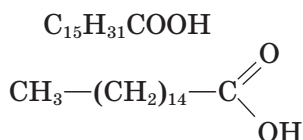
Інші карбонові кислоти. Мило.

До класу карбонових кислот належить багато сполук, що містять, порівняно з етановою кислотою, значно більше атомів Карбону у вуглеводневому ланцюзі. Такі карбонові кислоти називають вищими.

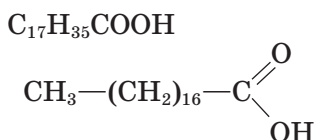
Наприклад, у пальмітиновій кислоті таких атомів 15, а в стеариновій — 17 (мал. 62). А олеїнова кислота, хоч і містить у вуглеводневій групі також 17 атомів Карбону, але атомів Гідрогену у її складі на два менше:



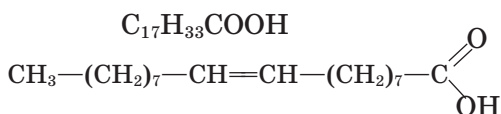
Мал. 62. Масштабна модель молекули пальмітинової кислоти



Пальмітинова кислота



Стеаринова кислота



Олеїнова кислота

Як видно зі структурних формул, стеаринова кислота — насичена сполука, а олеїнова — ненасичена, в її вуглеводневій частині є подвійний зв'язок між атомами Карбону.

- Пригадайте, як відбувається реакція гідрування етену. Складіть рівняння реакції.
- За подібною схемою складіть рівняння реакції перетворення ненасиченої олеїнової кислоти на насичену стеаринову.

Солі вищих карбонових кислот називають **милами**:



- Складіть рівняння реакції між стеариновою кислотою і лугом.

Натрієві солі вищих карбонових кислот — основна складова твердого мила, солі Калію — рідкого мила.

Туалетне мило відрізняється від господарського наявністю добавок: барвників, запашних речовин, антисептиків тощо.

Мийна дія мила — складний фізико-хімічний процес. Мило є посередником між полярними молекулами води і неполярними часточ-



П'єр Ежен Марселен БЕРТЛО
(1827—1907)

Французький хімік, член Паризької академії наук. Один із фундаторів синтетичної органічної хімії. Уперше синтезував жири, метан, етин і чимало інших сполук. Автор праць у галузі термохімії, хімічної кінетики, агрохімії, історії хімії. Громадський діяч, педагог.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які сполуки належать до класу карбонових кислот?
2. Укажіть, з якими речовинами реагує етанова кислота:
А лугами **Б** спиртами **В** гідроген хлоридом **Г** магнієм
3. Перелічіть реакції етанової кислоти, у результаті яких утворюються солі. Складіть рівняння реакцій.
4. Назвіть подібні та відмінні властивості етанової і хлоридної кислот. Складіть рівняння реакцій.
5. Етанова кислота реагує з натрій карбонатом як сіллю слабкішої кислоти. Укажіть ознаку реакції:
А утворення осаду
Б виділення газу
В зміна забарвлення
6. Під час приготування кондитерських виробів використовують «гасіння» питної соди оцтом. Складіть рівняння цієї реакції.
7. Змішали розчин етанової кислоти масою 20 г (масова частка кислоти становить 25 %) з таким самим розчином натрій гідроксиду. Вміст пробірки випарили. Яка сполука і якої маси утворилася?
8. Для приготування розчину етанової кислоти масою 20 г з масовою часткою кислоти 9 % треба взяти кислоту і воду. Визначте їхню масу:
А 2 г і 5 г **Б** 13,6 г і 6,4 г **В** 1,8 г і 18,2 г **Г** 0,18 г і 19,82 г
9. Укажіть, до якого класу належить мило:
А солей **В** естерів
Б спиртів **Г** карбонових кислот
10. Поясніть мийну дію мила.
11. Чим різняться за хімічним складом тверде мило і рідке? Господарське й туалетне?
12. Установіть відповідність між речовиною й галуззю її застосування:

Назва речовини	Галузь застосування
А поліетилен	1 добавка до пального
Б етин	2 вибухівка
В етанол	3 харчова добавка
Г етанова кислота	4 зварювання металу
	5 електроізоляційний матеріал
13. Визначте масу етанової кислоти, що міститься в 0,5 кг 9 %-го розчину оцту.

Додаткові завдання

14. Чай змінює колір після додавання шматочка цитрини. Зробіть припущення щодо причини цього явища.
15. Основу рідкого мила становлять калійні солі вищих карбонових кислот. Складіть рівняння реакції утворення такої солі.
16. Волосся, вимите милом у морській воді, вкривається липкою плівкою. Поясніть, чому.

Практична робота 3

Властивості етанової кислоти

Для роботи необхідні

реактиви: розчин етанової кислоти, натрій карбонат, порошок або стружка магнію, розбавлений розчин натрій гідроксиду, забарвлений фенолфталеїном, індикаторний папір або розчини індикаторів;
обладнання й хімічний посуд: штатив з пробірками.

Етанова (оцтова) кислота — безбарвна, прозора рідина з різким запахом; $t_{\text{кип}} = 118,1\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дослід 1. Дія етанової кислоти на індикатори.

До розчину етанової кислоти додайте розчин лакмусу чи метилового оранжевого.

Як змінилося забарвлення розчину? Що це засвідчує?

Дослід 2. Взаємодія етанової кислоти з основами.

До розчину натрій гідроксиду, забарвленого фенолфталеїном, по краплинах добавляйте розчин етанової кислоти до знебарвлення розчину фенолфталеїну.

Що підтверджує цей дослід? Напишіть рівняння реакції.

Дослід 3. Взаємодія етанової кислоти з металами.

У пробірку з розбавленим розчином етанової кислоти помістіть стружку магнію. Спостерігайте виділення газу. Який газ виділяється? Складіть рівняння реакції у молекулярній та йонній формах.

Дослід 4. Взаємодія етанової кислоти із солями.

У пробірку з розчином етанової кислоти додайте сіль кислоти, слабшої за етанову, наприклад натрій карбонат. Спостерігайте виділення газу.

Який газ виділяється? Напишіть рівняння реакції у молекулярній та йонній формах.

§ 31. ЖИРИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

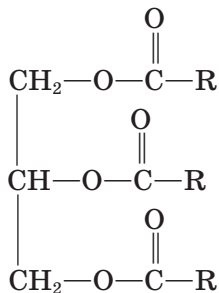
знати склад молекул жирів; розрізняти за складом рідкі й тверді жири;

пояснювати хімічну суть процесу гідрування рідкого жиру;

розуміти біологічну роль жирів.

Склад і будова молекул. Серед сполук, похідних карбонових кислот, чи не найбільше значення мають ті, що утворені триатомним спиртом гліцеролом і вищими карбоновими кислотами (пригадайте їхні формули і назви).

Якщо вуглеводневу групу молекули карбонової кислоти позначити як R, то формулу жиру можна записати в загальному вигляді:



Фізичні властивості жирів. Склад і будова вуглеводневих груп впливають на властивості жирів.

Ось як, наприклад, змінюються їхні температури плавлення:

Склад вуглеводневої групи R	Назва жиру	$t_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$
$-\text{C}_{17}\text{H}_{35}$	Тристеарин	65
$-\text{C}_{17}\text{H}_{33}$	Триолеїн	- 4

Як бачимо, жир, утворений насиченою кислотою, твердий за стандартних умов, ненасиченою — рідкий (мал. 63).

Рідкі рослинні жири називають ще оліями. До складу олій (соняшникової, кукурудзяної, маслинової тощо) входять залишки переважно ненасичених кислот, до складу тваринних (яловичого, баранячого та ін.) — залишки насичених кислот. У вершковому маслі містяться жири, що утворені насиченими й ненасиченими кислотами.

Жири легші за воду і нерозчинні в ній, але розчиняються в органічних розчинниках.



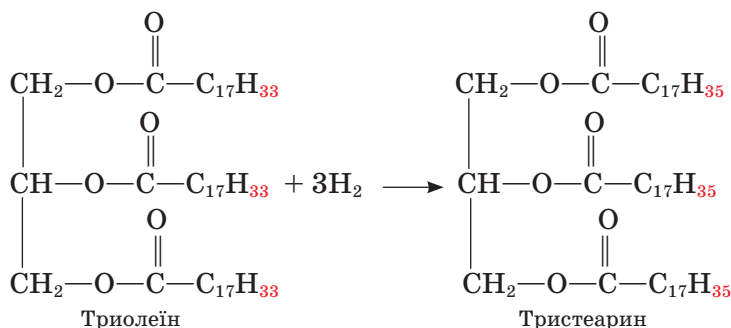
Мал. 63. Ці продукти містять жири

- Порівняйте на досліді розчинність олії у воді, спирті, бензині. Опишіть (усно) цей дослід.

Реакція окиснення. Під час тривалого зберігання на повітрі під дією теплоти і світла жири гіркнуть, у них з'являються неприємні запах і смак. Це є результатом процесів окиснення жирів, що супроводжуються утворенням вільних карбонових кислот та інших оксигеновмісних органічних сполук, нерідко шкідливих для здоров'я.

Реакція приєднання. У молекулах рідких жирів на відміну від твердих є подвійні карбон-карбонові зв'язки. За місцем подвійного зв'язку можлива реакція приєднання, зокрема Гідрогену (реакція гідронування). У результаті цієї реакції ненасичена сполука (рідкий жир) перетворюється на насичену (твердий жир).

Гідронування жирів відбувається за такою схемою:



Процес тверднення (гідрування) жирів є основою виробництва маргарину (від грецьк. слова, що означає *перлина*).

Окиснення негідрованих жирів легше відбувається за подвійними зв'язками, а гідрування уповільнює ці процеси. Крім того, воно уможливорює добування твердих жирів, подібних до вершкового масла.

Для одержання маргарину переробляють дешеві олії, риб'ячий і китовий жири.

Тверді жири мають переваги над рідкими, оскільки не містять подвійних зв'язків, отже, повільніше окиснюються, їх легше транспортувати, фасувати тощо. Для того щоб зробити гідрований жир придатним до вживання, до нього добавляють смакові, ароматичні речовини, барвники.

Біологічне значення жирів. Жири разом із білками та вуглеводами належать до біологічно активних речовин. Вони є складниками клітин рослинних і тваринних організмів і слугують для них джерелом енергії. У результаті окиснення 1 г жиру виділяється 37,7 кДж енергії, що удвічі більше, ніж під час окиснення 1 г білка або вуглеводу.

Основна кількість жирів, що їх споживає людина, міститься у м'ясі, рибі, молочних і зернових продуктах. Якщо в організм людини з їжею надходить більше енергії, ніж вона затрачає, то утворюються жироподібні речовини, що відкладаються в тканинах організму. У такий спосіб організм акумулює енергію.

Згідно з даними сучасної медицини надмірне вживання жирів, утворених насиченими кислотами, тобто тваринних жирів, може призвести до накопичення речовин, що утруднюють рух крові в артеріях, зокрема тих, що постачають кров'ю мозок.

Кориснішими для вживання визнаються жири, утворені ненасиченими кислотами, тобто олії. У складі соняшникової олії, наприклад, міститься 91 % ненасичених карбонових кислот.

«БІОГРАФІЯ» ОРГАНІЧНИХ СПОЛУК

Хімічну природу жирів було з'ясовано завдяки працям французького вченого М. Шевреля. На початку XIX ст. він почав вивчати склад жирів різних видів і дійшов висновку, що внаслідок омилення жиру виділяються солі кислот і гліцерол. Учений відкрив вісім таких кислот, названих «жирними», у тому числі вже відомі вам стеаринову й олеїнову.

М. Шеврель відомий також своїм внеском у теорію колірності й сприймання кольору. Він є автором знаменитої книжки «Наука про колір», що прислужилася розробленню системи передавання кольору в живопису, що її використовували постімпресіоністи.

Цікаво, що сам учений не вважав можливим зворотний синтез жирів із гліцеролу й жирних кислот. Цей процес успішно здійснив інший французький учений — М. Бертло в середині XIX ст., добувши тристеарин.

Висновки

- Жири — це продукти взаємодії гліцеролу й карбонових кислот.
- Тверді жири утворюються насиченими карбоновими кислотами, рідкі — ненасиченими.
- Рідкі жири можна перетворити на тверді за допомогою реакції гідрування.
- Жири — біологічно активні речовини.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Похідними яких сполук є жири?
2. У чому полягає відмінність хімічного складу рідких і твердих жирів?
3. Яка хімічна реакція покладена в основу виготовлення маргарину?
4. Які ознаки окиснення жирів?
5. Схарактеризуйте біологічне значення жирів.

Додаткові завдання

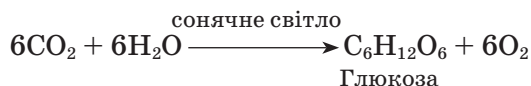
6. На упаковці маргарину написано: «Містить лише рослинні олії». Чи правильно це?
7. У трьох пронумерованих пробірках містяться: олія соняшникова, гліцерол і вода. Запропонуйте спосіб розпізнавання цих речовин.

§ 32. ВУГЛЕВОДИ. ГЛЮКОЗА

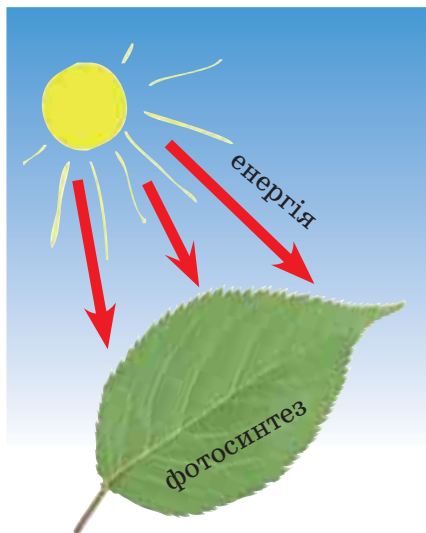
Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	хімічний склад вуглеводів, молекулярну формулу глюкози;
уміти	визначати глюкозу за допомогою якісної реакції;
пояснювати	біологічну роль глюкози.

Досі ви вивчали хімічні реакції, у результаті яких одні органічні сполуки перетворювалися на інші або окиснювалися до вуглекислого газу і води. У природі постійно відбувається зворотний процес: із вуглекислого газу і води утворюються органічні речовини, з яких побудовані рослинні організми. Під дією сонячної енергії у зелених листках рослин відбувається реакція фотосинтезу, внаслідок якої утворюється глюкоза. Процесу сприяє, тобто каталізує його, зелений пігмент хлорофіл, що вбирає сонячну енергію (мал. 64). У загальному вигляді процес фотосинтезу виражається рівнянням:



У рослинах із глюкози утворюються сахароза, крохмаль і целюлоза. Ці сполуки належать до класу **вуглеводів**. Така назва склалася



Мал. 64. Глюкоза утворюється в рослинах у результаті фотосинтезу

історично. Перші з вивчених сполук цього класу містили в молекулах крім атомів Карбону (колишня назва «вуглець») атоми Гідрогену й Оксигену у співвідношенні $H : O$, як $2 : 1$, подібно до води, — звідси «вуглеводи».

Склад молекули. Молекулярна формула глюкози — $C_6H_{12}O_6$. У молекулі глюкози, складну будову якої ми не розглядаємо, є п'ять гідроксильних груп $-OH$. Отже, глюкоза — багатоатомний спирт.

Фізичні властивості. Глюкоза дуже поширена у природі. Це безбарвна кристалічна речовина, добре розчинна у воді, солодка на смак. У вільному стані вона міститься в багатьох фруктах, зокрема у винограді (звідси назва глюкози — виноградний цукор), у

меду, є вона і в корінні, листках і квітках рослин, у крові людини і тварин (близько $0,1\%$).

- Пригадайте походження назви триатомного спирту гліцеролу. Користуючись словником, з'ясуйте, від якого слова походить назва глюкози, порівняйте назви цих сполук і їхні фізичні властивості.

Реакція окиснення. Внаслідок повного окиснення глюкози сильними окисниками утворюються вуглекислий газ і вода.

- Складіть рівняння реакції повного окиснення глюкози.

Взаємодія з купрум(II) гідроксидом. Оскільки молекула глюкози містить гідроксильні групи, можна припустити, що ця речовина вступатиме в реакцію, характерну для багатоатомних спиртів.

- Пригадайте, яку реакцію ви спостерігали під час розпізнавання гліцеролу. Які ознаки цієї реакції?
- Проведіть подібний дослід із глюкозою.



Мал. 65. Глюкоза — лікарський засіб



Лабораторний дослід 13

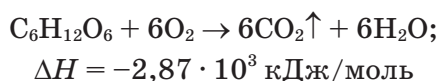
Взаємодія глюкози з купрум(II) гідроксидом

У пробірку налейте 1 мл розчину натрій гідроксиду і додайте кілька краплин розчину купрум(II) сульфату. Спостерігайте утворення осаду купрум(II) гідроксиду. До осаду додайте

розчин глюкози і суміш збавляйте. Спостерігайте утворення прозорого розчину синього кольору (рівняння реакції не записуємо через складність будови продукту).

Ця реакція свідчить про наявність у молекулі глюкози кількох гідроксильних груп.

Застосування та біологічне значення глюкози. Організм людини легко засвоює глюкозу і використовує її як джерело енергії, що виділяється внаслідок окиснення глюкози в клітинах організму. Сумарно цей процес можна виразити рівнянням:



Як поживна речовина глюкоза використовується в медицині для підтримання життєдіяльності ослабленого організму. Її розчин вводять прямо в кров, оскільки саме вона переносить глюкозу до клітин організму (мал. 65, 66).



Мал. 66. А. ван Утрехт.
Натюрморт із виноградом

Висновки

- Глюкоза належить до класу вуглеводів.
- Глюкоза — поширена у природі сполука, утворюється в рослинах у результаті реакції фотосинтезу.
- Як багатоатомний спирт глюкоза взаємодіє з купрум(II) гідроксидом.
- Глюкоза – біологічно активна речовина.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як ви розумієте назву «вуглеводи»?
2. У чому полягає подібність глюкози й гліцеролу? Як довести це дослідним шляхом?
3. Доведіть, що глюкоза справді може бути джерелом енергії в організмі.

Додаткове завдання

4. Поясніть взаємозв'язок між органічними і неорганічними речовинами на прикладі глюкози.

§ 33. САХАРОЗА

Опанувавши зміст параграфа, ви будете
знати молекулярну формулу сахарози;
описувати загальну схему виробництва цукру.

Склад молекули. До класу вуглеводів належить також **сахароза**, або буряковий, або тростинний, цукор. Молекулярна формула $C_{12}H_{22}O_{11}$. У природі синтезується з глюкози.

Сахароза міститься в рослинах, особливо багато її в коренеплодах цукрового буряку (16—20 %) і стеблах цукрової тростини (14—26 %) (мал. 67).

Фізичні властивості. Це безбарвна кристалічна речовина, солодка на смак, добре розчинна у воді. Під час нагрівання до 190—200 °С кристали плавляться, розплавлена маса після застигання утворює карамель.

Реакція окиснення. Як і інші органічні сполуки, сахароза повністю окиснюється до вуглекислого газу і води, а неповне окиснення відбувається з утворенням вугілля (вуглецю).

Проведемо *дослід*. Шматочок цукру закріпимо дротом і піднесемо до полум'я пальника. Спостерігаємо зміни: цукор жовтіє і може розплавитись. За хвилину виймемо цукор із полум'я, посиплемо золою від цигарки й повторно внесемо у полум'я — цукор легко займається і горить (мал. 68).

У цьому досліді зола виконує роль каталізатора процесу окиснення.

Україна належить до найбільших у світі виробників цукру.

Виробництво цукру. Оскільки сахароза — цінний харчовий продукт, її добувають у великій кількості (мал. 69). Добування полягає у виділенні її з природної сировини, наприклад цукрового буряку, очищенні та кристалізації продукту. Для цього насамперед миють і подрібнюють коренеплоди, потім обробляють масу гарячою водою. Як добре розчинна у воді сполука, сахароза переходить у розчин. Висолоджений залишок (жом) використовують для годівлі худоби. Для очищення розчину сахарози його спершу обробляють вапняним молоком, а потім пропускають крізь нього вуглекислий газ. В осаді залишається кальцій карбонат, а прозорий розчин знебарвлюють, обробляючи сульфур(IV) оксидом. Далі розчин випарюють, сахароза кристалізується — утворюється цукровий



Мал. 67. Цукровий буряк і цукрова тростина — джерела сахарози



Мал. 68. Горіння сахарози



Мал. 69. Цех цукрового заводу

пісок. Побічні продукти кристалізації — патоку і мелясу — використовують у виробництві дріжджів, етанолу, кондитерських виробів. Шляхом повторного розчинення й кристалізації отримують цукор-рафінад, що містить 99,9 % сахарози.

Важливим показником для виробництва цукру є цукристість буряку. Селекціонери працюють над виведенням сортів цієї культури з високим умістом цукру. Цукристість втрачається в разі тривалого зберігання коренеплодів, а тому на цукрових заводах намагаються переробляти їх якомога швидше.

«БІОГРАФІЯ» ОРГАНІЧНОЇ СПЛУКИ

Сахароза у вигляді тростинного цукру була відома у стародавні часи і використовувалася як лікувальний засіб. Батьківщиною цукру вважають Індію, де його добували випарюванням соку цукрової тростини. У Європі цукор-сирець із цукрової тростини з'явився в XVI ст., звідси рослина була вивезена на острови Карибського моря, а далі почався зворотний шлях цукру. Наявність цукру в кормовому буряку вперше виявив А. Маргграф у 1747 р., а цукрове виробництво розпочалося в Європі 1802 р. Значний внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості зробив М. А. Бунге.

Висновки

- Сахароза — це вуглевод.
- Сахароза синтезується в рослинах, відома як буряковий, або тростинний, цукор.
- Сахароза — цінний харчовий продукт.



Микола Андрійович БУНГЕ
(1842—1915)

Український хімік. Закінчив Київський університет, був професором цього навчального закладу. Працював у галузі електрохімії та хімічної технології. Досліджував електроліз розчинів неорганічних і органічних сполук, удосконалив методику газового аналізу. Вивчав процес виробництва цукру із цукрових буряків та умови його перебігу. Зробив вагомий науковий внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Складіть загальну схему виробництва цукру.
2. Чи належить виробництво цукру до хімічних виробництв?
3. Чому цукроваріння належить до сезонних виробництв, адже коренеплоди можна зберігати протягом усієї зими?
4. Укажіть масову частку цукру у склянці чаю (250 мл), в яку поклали дві чайні ложки цукру (по 8 г у кожній):
А 7,8 % **Б** 12,8 % **В** 3,2 % **Г** 6,4 %

Додаткові завдання

5. Якщо у вашій місцевості вирощують чи переробляють цукрові буряки, розкажіть про це.
6. Складіть розповідь про застосування сахарози.

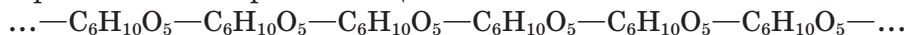
§ 34. КРОХМАЛЬ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете
знати загальну формулу крохмалю;
проводити якісну реакцію на крохмаль;
розуміти біологічну роль крохмалю.

Склад і будова молекули. Склад молекули **крохмалю** виражається загальною формулою $(C_6H_{10}O_5)_n$. Крохмаль — природний полімер, що синтезується в рослинах з глюкози за реакцією:



Фрагмент полімерного ланцюга можна записати так:



Крохмаль міститься в усіх рослинах, а в деяких — у великій кількості. Бульби картоплі містять за масою від 12 до 20 %, пшениця — від 57 до 75 %, рис — від 62 до 80 % крохмалю. Він накопичується в рослинах і використовується ними як джерело енергії, необхідної, наприклад, для проростання насіння.

Фізичні властивості. Крохмаль — білий аморфний порошок. У холодній воді нерозчинний, осідає на дні посудини, у гарячій воді набухає, утворюючи клейстер. У цьому можна переконатись на досліді.



Лабораторний дослід 14

Відношення крохмалю до води

У пробірку насипте трохи крохмалю, додайте холодної води. Розмішайте суміш, дайте їй відстоятися.

Що спостерігається?

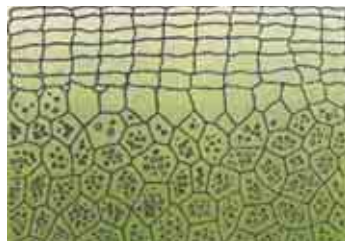
Чи розчинився крохмаль у холодній воді?

Закип'ятіть воду у склянці. Вилийте суміш із пробірки, перемішуючи, у гарячу воду.

Що спостерігається? Зробіть висновок про відношення крохмалю до води.

Збережіть крохмальний клейстер для наступного досліді.

Крохмаль можна добути з картоплі механічним способом. Розгляньте малюнок 70. Зерна крохмалю плавають у клітинному соку, їх можна видалити звідти. Для цього картоплю подрібнюють, промивають водою і відціджують. Разом з водою крохмаль проходить крізь сито, відстоюється. Потім воду зливають, а продукт висушують.



Мал. 70. Зріз картоплини під мікроскопом

Характерною хімічною властивістю крохмалю є реакція з йодом (йодокрохмальна реакція).



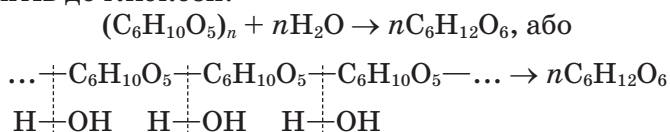
Лабораторний дослід 15

Взаємодія крохмалю з йодом

До приготовленого в попередньому досліді крохмального клейстеру додайте краплину спиртового розчину йоду або розчину Люголя (розчин йоду в калій йодиді). Спостерігайте появу синього забарвлення.

Ця реакція використовується як для виявлення крохмалю, так й елемента Іоду.

Біологічне значення крохмалю. Накопичений рослинами крохмаль розщеплюється під дією ферментів з утворенням глюкози, у результаті окиснення якої вивільнюється енергія. Якщо рослини запасують енергію у вигляді крохмалю, то тварини — у вигляді глікогену (вуглеводу, близького за структурою до крохмалю). Процес засвоєння крохмалю починається з ротової порожнини, з його **розщеплення** під дією ферментів до глюкози:



● Пригадайте, яким способом можна виявити наявність глюкози в розчині.

Надлишки глюкози відкладаються в печінці у вигляді «запасного» вуглеводу глікогену. У разі потреби, наприклад під час фізичних навантажень, глікоген перетворюється, як крохмаль у рослинах, на глюкозу, що живить організм.

Тепер ви знаєте, що в організмі людини енергія запасується у вигляді жирів та вуглеводів і вивільнюється під час їх окиснення. На думку фахівців, енергетичні потреби людини мають задовольнятися на 60 % за рахунок рослинної їжі, зокрема овочів і фруктів (мал. 71).



Мал. 71. К. Білокур. Снідання. 1950

Висновки

- Крохмаль – природний полімер.
- Рослини запасують енергію у вигляді крохмалю.
- У гарячій воді крохмаль утворює клейстер.
- Для виявлення крохмалю використовують йодокрохмальну реакцію.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Схарактеризуйте крохмаль як природний полімер.
2. На яких властивостях крохмалю ґрунтується його добування з картоплі?
3. Завдяки окисненню жирів у організмі виділяється вдвічі більше енергії, ніж під час окиснення вуглеводів. Яке значення має ця обставина для підтримання нормальної маси тіла?
4. Установіть відповідність між назвами сполук та хімічними реакціями, в які ці сполуки вступають.

Назва сполуки

Хімічна реакція

А глюкоза

1 з воднем

Б крохмаль

2 з купрум(II) гідроксидом

В триолеїн

3 з йодом

Г гліцерол

4 з водою

5. Випробуйте на наявність крохмалю борошно, макарони, печиво, зубний порошок, косметичну пудру тощо.

Додаткові завдання

6. Маса глюкози, що утворюється під час розщеплення крохмалю в організмі, більша за масу вихідного продукту. Поясніть, чому. Чи узгоджується це із законом збереження маси речовини?
7. Глюкоза належить до моносахаридів, а крохмаль є полісахаридом. Поясніть цей термін.
8. Пригадайте з курсу біології та поясніть, як утворюється крохмаль у рослинах.

§ 35. ЦЕЛЮЛОЗА

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

загальну формулу целюлози;

порівнювати

крохмаль і целюлозу за складом і будовою;

пояснювати

застосування целюлози.

Склад і будова молекул целюлози. Із ланок складу $\text{—C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5\text{—}$, такого самого, як у крохмалю, складаються ланцюгові молекули іншого природного полімеру — **целюлози** (від лат. *celula* — комірка), або **клітковини**.

Целюлоза дуже поширена у природі, оскільки з неї побудовані оболонки рослинних клітин. Якщо крохмаль — джерело енергії, то целюлоза — будівельний матеріал рослин. Рослинні волокна (бавовняні, конопляні, лляні) і деревина на 45 % складаються з целюлози. Майже чиста целюлоза відома вам у вигляді вати і фільтрувального паперу.

Зовнішня відмінність між цими волокнами і крохмалем очевидна, хоча полімерні ланцюги крохмалю і целюлози побудовані з однакових ланок. Що є причиною такої відмінності? Відповідь однозначна — склад та будова молекул. Загальна формула целюлози, як і крохмалю, — $(C_6H_{10}O_5)_n$. Але ступінь полімеризації, молекулярна маса целюлози набагато більші, ніж у крохмалю: n становить 10—14 тисяч, відносна молекулярна маса — кілька мільйонів.

Крім того, частина молекул крохмалю має розгалужену будову, а молекули целюлози ниткоподібні, лінійні, через це вони можуть утворювати волокна (мал. 72).

Є ще й інші істотні особливості внутрішньої будови, які ми не розглядаємо, але вони також зумовлюють відмінності між крохмалем і целюлозою.

Застосування целюлози. Віками целюлозу у вигляді деревини використовували як паливо.

- Складіть рівняння реакції горіння целюлози.

Проте з целюлози можна добути багато корисних речовин, піддаючи її хімічній переробці. Серед них — штучний шовк, вибухові речовини, спирти. З целюлози виготовляють папір. Зважаючи на величезне значення паперу, можна стверджувати, що сучасна цивілізація значною мірою залежить від целюлози.

У жуйних тварин і термітів у органах травлення під дією ферментів відбуваються розщеплення клітковини і її засвоєння (мал. 73).

В організмі людини целюлоза, спожита з рослинною їжею, не засвоюється через відсутність відповідних ферментів.

- Пригадайте з курсу біології людини, яке значення має клітковина для травлення.

У біомасі рослин, основним компонентом якої є целюлоза, на земній кулі заощаджена величезна кількість енергії. Виявляється, цю енергію можна вивільнити, використовуючи продукти переробки біомаси.

Сучасна наука розглядає її як перспективну сировину для добування вуглеводнів та інших органічних речовин. Це досягається методами



Мал. 72. Зріз оболонки рослинної клітини під електронним мікроскопом (видно волокнисту структуру целюлози)



Мал. 73. Жуйні тварини здатні перетравлювати целюлозу

біотехнології, що передбачають використання ферментів (біохімічних каталізаторів). Добуті в такий спосіб продукти поки що мають порівняно високу вартість, але в майбутньому до нафти, природного газу і кам'яного вугілля як джерел органічних сполук додасться ще й біомаса.

Висновки

- Целюлоза — вуглевод полімерної будови.
- Целюлоза – будівельний матеріал рослин.
- Целюлоза горить з виділенням великої кількості теплоти.
- Хімічною переробкою целюлози добувають багато цінних речовин.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Порівняйте склад і будову крохмалю та целюлози.
2. Іноді трапляється неправильне вживання терміна «вуглеводи» замість «вуглеводні» і навпаки. Поясніть ці терміни.
3. Висловіть своє думку щодо доцільності спалювання чи хімічної переробки целюлози.
4. Установіть відповідність між речовинами і їхніми характеристиками.

<i>Речовина</i>	<i>Характеристика</i>
А глюкоза	1 вступає в реакцію з йодом
Б сахароза	2 лікарський засіб
В крохмаль	3 не засвоюється організмом людини
Г целюлоза	4 належить до вуглеводнів
	5 швидко згоряє за наявності каталізатора
5. Розмістіть сполуки в порядку зменшення їхніх відносних молекулярних мас:

А сахароза	В етанол
Б глюкоза	Г крохмаль

Додаткові завдання

6. Завдяки якій особливості будови целюлози, на відміну від іншого полімера — крохмалю, можна виготовляти із целюлози штучні волокна?
7. Підготуйте повідомлення про розвиток біотехнології.

§ 36. АМІНОКИСЛОТИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

<i>знати</i>	хімічний склад амінокислот;
<i>записувати</i>	формулу аміноетанової кислоти;
<i>пояснювати</i>	амфотерні властивості амінокислот;
<i>розуміти</i>	біологічну роль амінокислот.

Склад і будова. Ви вже знаєте, що до складу рослинних і тваринних організмів уходять представники таких класів органічних сполук, як жири та вуглеводи. Не менш важливими для функціонування живих організмів є білки. Це високомолекулярні сполуки, утворені з ланок **амінокислот**.



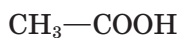
Іван Якович ГОРБАЧЕВСЬКИЙ
(1854—1942)

Український учений, академік. Народився в Україні, працював у Відні, Празі, професор, ректор Українського вільного університету в Празі. Наукові праці стосуються органічної хімії та біохімії. Уперше синтезував сечову кислоту і з'ясував шляхи її утворення в організмі. Висловив думку про амінокислотний склад білків. Зробив внесок у розвиток української наукової термінології. Автор підручників з хімії українською мовою.

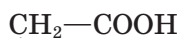
Думку про те, що амінокислоти є «цеглинками», з яких побудовані білки, уперше висловив видатний український біохімік і хімік І. Я. Горбачевський.

У чому полягає відмінність амінокислот від карбонових кислот, що ви їх вивчали раніше? Карбонові кислоти містять крім вуглеводневої ще й карбоксильну групу —COOH , а амінокислоти — дві групи: карбоксильну та **аміногрупу** —NH_2 .

Якщо в молекулі етанової кислоти CH_3COOH один атом Гідрогену у вуглеводневій групі замінити на аміногрупу, утвориться аміноетанова кислота:



Етанова кислота

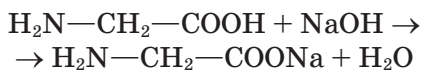
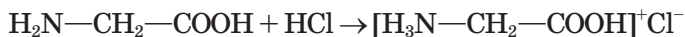


Аміноетанова кислота

Аміноетанова кислота — найпростіша з амінокислот (мал. 74). Серед них є такі, що містять дві карбоксильні групи або дві аміногрупи, гідроксильні та сульфуровмісні групи.

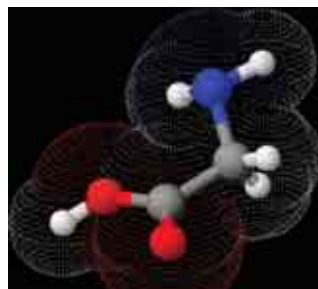
Фізичні властивості. Амінокислоти — безбарвні кристалічні речовини з високими температурами плавлення, більшість із них добре розчинні у воді.

Утворення поліпептидів. Карбоксильна й аміногрупа протилежні за хімічним характером: перша є носієм кислотних властивостей, друга — основних. Отже, амінокислоти — **амфотерні сполуки**, вони реагують і з кислотами, і з лугами.



- Пригадайте, у чому полягають особливості амфотерних неорганічних сполук, наведіть приклади реакцій.

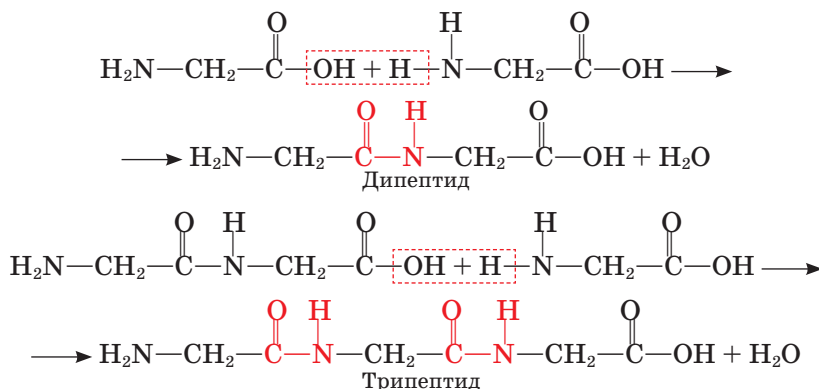
Найважливішою особливістю амінокислот є взаємодія молекул між собою. У реакцію вступають протилежні за функціями групи: карбоксильна група однієї молекули й аміногрупа іншої.



Мал. 74. Модель молекули аміноетанової кислоти



Мал. 75. Фрагмент моделі поліпептидного ланцюга



Унаслідок реакції можуть утворюватись ланцюги значної довжини — поліпептиди, або білки (мал. 75). Автором поліпептидної теорії є німецький учений Е. Фішер.

Біологічне значення амінокислот. До складу білків входять 20 амінокислот, причому 10 з них належать до *незамінних*. Їх назва пов'язана з тим, що тваринні організми, на відміну від рослинних, не здатні самостійно синтезувати амінокислоти. Отже, необхідні для життєдіяльності амінокислоти мають надходити в готовому вигляді, у складі їжі. Нестача амінокислот може спричинити хворобу, тому виснаженим людям амінокислоти, як ліки, вводять прямо у кров.

Амінокислоти, добуті шляхом синтезу, використовують для відгодівлі худоби.

Висновки

- Молекули амінокислот містять аміно- й карбоксильну групи.
- Амінокислоти належать до амфотерних сполук.
- Утворення поліпептидів – найважливіша хімічна властивість амінокислот.
- Амінокислоти мають біологічне значення.



Еміль Герман ФІШЕР
(1852—1919)

Німецький хімік, член Берлінської академії наук. Наукові праці присвячені хімії фізіологічно активних речовин. Синтезував низку вуглеводів, зокрема глюкозу і фруктозу. Встановив, що амінокислоти сполучаються між собою з утворенням поліпептидів, уперше добув дипептид. Лауреат Нобелівської премії 1902 р.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Сформулюйте означення амінокислот, виходячи з їхнього хімічного складу.
2. Чим, на вашу думку, зумовлюється багатоманітність амінокислот?
3. Яка причина амфотерності амінокислот?
4. Чому амінокислоти називають «цеглинками» білків?
5. Яка властивість амінокислот лежить в основі утворення білків?
6. Схарактеризуйте значення амінокислот, використовуючи знання з курсу біології людини. З'ясуйте, які продукти містять найбільше незамінних амінокислот.

§ 37. БІЛКИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	хімічний склад білків;
пояснювати	утворення білків з амінокислот, процеси денатурації, розкладу білків;
розуміти	складність будови і біологічну роль білків.

Склад і будова. Полімерний поліпептидний ланцюг — основа молекули будь-якого білка.

Кожен білок має набір амінокислот, сполучених у певній, властивій тільки йому послідовності.

Як вам відомо, лише 20 амінокислот беруть участь у побудові білкових макромолекул, а кількість з'єднаних у різній послідовності амінокислотних залишків сягає 10^{18} . Молекулярна маса деяких білків становить сотні мільйонів.

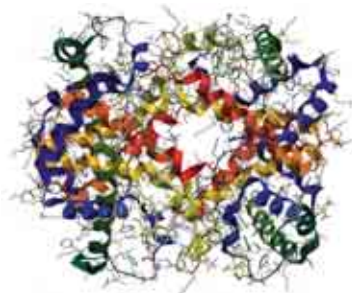
Будова білків дуже складна і зумовлюється не лише послідовністю амінокислотних залишків. Довгі ланцюги білкових молекул скручуються у спіралі, спіралі — у клубки, що певним чином розміщуються у просторі (мал. 76). Усе це в сукупності визначає особливості кожного білка зокрема. Через таку складність розшифрування структури природних білків — надзвичайно складне завдання.

Денатурація (від лат. *denaturare* — позбавлення природних якостей). Серед білків є розчинні у воді й такі, що утворюють колоїдні розчини. До перших належить білок курячого яйця. Саме з цим розчином зручно проводити досліди.

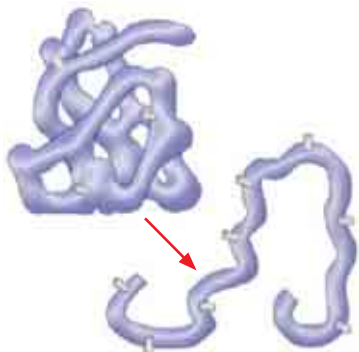
До білка курячого яйця у пробірці добавимо води, суміш розмішаємо. Переконаємося, що утворився прозорий розчин. Нагріємо розчин білка і спостерігатимемо, як він зсідається, або денатурує.

Саме цей процес **денатурації** має місце під час кулінарної обробки білкових харчових продуктів — м'яса, яєць, риби.

З хімічного боку, денатурація — це руйнування складної просторової структури білка (послідовність амінокислот-



Мал. 76. Модель молекули білка гемоглобіну



Мал. 77. Схема денатурації білка

них залишків при цьому не порушується) (мал. 77). Саме тому, наприклад, висока температура небезпечна для організму людини. При цьому білки втрачають біологічну активність, живі клітини гинуть. Те саме відбувається і під дією сильних кислот і лугів. У разі потрапляння їх на шкіру може статися хімічний опік. Денатурацію білка спричиняє також тривала дія алкоголю (етанолу).

Білки можуть **розкладатися** під дією мікроорганізмів. У результаті утворюються не амінокислоти, а амоніак, сірководень, інші речовини з неприємним запахом. Його поява свідчить про те, що відбувається процес розкладу (гниття) білка. Пригадайте, який неприємний запах мають протухле яйце, зіпсовані м'ясо чи риба. Заморожування продуктів, маринування, копчення знижують активність мікроорганізмів або навіть знищують їх, процес розкладу уповільнюється, і продукти зберігаються значно довше.

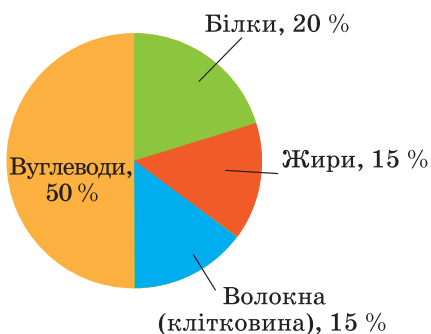
Біологічне значення білків. Білки їжі безпосередньо не засвоюються організмом, спершу вони розщеплюються до амінокислот під дією речовин, що містяться у травному тракті, потім амінокислоти всмоктуються у кров, а вже нею переносяться до печінки, де організм синтезує білки, характерні саме для нього.

Білки є основним будівельним матеріалом тваринних організмів, а саме його клітин. М'язи, гемоглобін крові, волосся, шкіра, ферменти мають білкову природу.

Запас амінокислот, необхідний для нормального функціонування, має поповнюватись в організмі людини за рахунок білків їжі (мал. 78).

Це особливо важливо для молодого організму, який росте і розвивається. Тому їжа молодой людини має містити достатню кількість білків. Найбагатші на білки м'ясо, риба, молоко, сир, яйця, бобові,

горіхи.



Мал. 78. Співвідношення поживних речовин у збалансованому харчуванні

Деякі види мікроорганізмів здатні використовувати вуглеводні як поживне середовище і виробляти на його основі білкову масу. На цій властивості мікроорганізмів ґрунтується мікробіологічний синтез. Наприклад, у такий спосіб можна добути білкову масу з вуглеводнів нафти, природного газу чи відходів переробки деревини і використовувати її для відгодівлі сільськогосподарських тварин.

Висновки

- Білки – природні полімери, що утворюються з амінокислот.
- Склад білків надзвичайно різноманітний завдяки різній послідовності амінокислотних залишків.
- Будова білків вирізняється великою складністю.
- Кожний білок має властиву тільки йому послідовність амінокислот.
- Білки — основний будівельний матеріал клітин тваринних організмів.

**ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Чим зумовлюється надзвичайна різноманітність білків?
2. Що означає денатурація білка? Де можна спостерігати явище денатурації?
3. Порівняйте процеси денатурації та розкладу білків.
4. Білки належать до біополімерів. Чи можна назвати так клітковину? Крохмаль? Глюкозу?
5. Чи можна повністю замінити білкову їжу на вуглеводну? Чому?

Додаткові завдання

6. Схарактеризуйте значення процесу розщеплення білків, жирів, вуглеводів у травному тракті для функціонування організму.
7. Білки горять з утворенням характерного запаху. Переконайтеся в цьому, обережно підпаливши пір'їну, вовняну нитку. Порівняйте із запахом бавовняної нитки, що горить.
8. Знаючи властивості білків, поясніть, чому посуд із-під молочних продуктів слід мити спершу холодною водою, а потім гарячою, а не навпаки.
9. Поясніть, виходячи з будови білків, які зміни відбуваються під час смаження яєшні.

§ 38. ПРИРОДНІ Й СИНТЕТИЧНІ ОРГАНІЧНІ СПОЛУКИ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

<i>розрізняти</i>	природні й синтетичні органічні речовини;
<i>наводити</i>	приклади природних і синтетичних органічних речовин;
<i>оцінювати</i>	значення органічного синтезу;
<i>розуміти</i>	роль органічних речовин у суспільному господарстві та житті людини.

Ви ознайомилися з найважливішими органічними речовинами, що є представниками різних класів: вуглеводнів, спиртів, карбонових кислот, жирів, вуглеводів, амінокислот, білків. Ці сполуки різні за складом, будовою і властивостями, але за всієї різноманітності для них характерні взаємні перетворення. З найпростіших можна добути складніші, від сполук одного класу перейти до сполук іншого.

- Пригадайте з вивченого приклади таких перетворень органічних речовин.

Які ж є джерела добування органічних речовин? Розрізняють органічні сполуки, що існують у природі або їх добуто з природних речовин, і ті, що виготовлено синтетичним шляхом за допомогою хімічних перетворень з інших органічних чи неорганічних речовин.

До природних органічних продуктів належать нафта, природний газ, вугілля, тобто корисні копалини органічної природи, продукти рослинного походження (наприклад, деревина, цукор, крохмаль, олії, природний каучук, волокна бавовни, льону), продукти тваринного походження (наприклад, амінокислоти, білки, жири, волокна вовни). Багато органічних речовин містить планктон.

До синтетичних органічних продуктів належать пластичні маси, синтетичні волокна та каучуки, хімічні засоби захисту рослин, лікарські препарати (мал. 79, 80), барвники, мило та інші мийні засоби, фотоматеріали, запашні, смакові речовини та багато інших.

Завдяки взаємним перетворенням органічних речовин можна проводити синтези, спрямовані на добування речовин із заздалегідь заданими властивостями.

Так, із порівняно простих за будовою вуглеводнів, що містяться в нафті чи кам'яному вугіллі, можна синтезувати багато складних речовин, потрібних і корисних людині.



Мал. 79. Лікарські засоби є продуктами багатоступеневого синтезу



Мал. 80. Модель молекули аспірину

Синтетична органічна хімія подарувала людству величезну кількість речовин, що не існують у природі, до того ж, значно дешевших порівняно з добутими з природної сировини. Розпитайте літніх людей, як змінилися протягом їхнього життя матеріали, з яких виготовляють одяг, предмети побуту, які зміни відбулися на транспорті, в будівництві, у приготуванні й зберіганні їжі, у пранні та чищенні одягу тощо. Ви переконаєтеся, що продукти синтетичної органічної хімії змінили наше життя, зробили його комфортнішим.

Однак іноді висловлюється думка про те, що «хімія отруєє все навколо». Ознайомившись під час навчання з величезною кількістю корисних хімічних сполук, ви можете заперечити, що не хімія відповідальна за стан довкілля.

Причиною є безвідповідальна господарська діяльність людини, бездумне використання досягнень науки, нехтування переробкою промислових і побутових відходів, очищенням промислових викидів, марне витрачання хімічних добрив та багато

іншого. Навпаки, саме хімія постачає такі засоби, що забезпечують використання хімічних матеріалів. Створено надійні промислові фільтри, засоби знезаражування стічних вод, способи переробки залишків хімічних виробництв.

Небезпека для довкілля пов'язана з роботою гірничодобувної, металургійної, хімічної промисловості, енергетики. Продукти й відходи виробництв цих галузей справді можуть стати забруднювачами, серед яких найтоксичнішими є так звані *стійкі органічні забруднювачі*. За хімічним складом це переважно хлоровмісні сполуки. Стійкими вони є тому, що не розкладаються у природних умовах, здатні мігрувати через ґрунтові води, земну кору та атмосферу повітря, накопичуватись у жирових тканинах людини і тварин, вони чинять канцерогенну, мутагенну дію тощо.

Нині у світі приділяють значну увагу знезараженню і знищенню стійких органічних забруднювачів. Знезараження їх відбувається завдяки використанню таких методів, як хімічна нейтралізація, окиснення (спалювання), ультразвуковий, радіаційний, електрохімічні та інші.

Наша держава приєдналася до Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі (2001 р.) й виконує всі заходи щодо її реалізації на теренах України.

Висновки

- Органічні речовини добувають виділенням із природної сировини або в результаті хімічного синтезу.
- Завдяки взаємоперетворенню органічних сполук можна здійснювати синтези, спрямовані на добування речовин із заздалегідь заданими властивостями.
- Синтетична органічна хімія забезпечує цінними речовинами всі галузі суспільного господарства.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Схарактеризуйте джерела органічних сполук. Наведіть приклади, не названі у тексті параграфа.
2. Поясніть значення органічного синтезу.
3. Установіть відповідність між назвами речовин та продуктами їх переробки.

Назва речовини	Продукт переробки
А целюлоза	1 оцет
Б метан	2 папір
В етанова кислота	3 бензин
Г рідкий жир	4 маргарин
	5 сажа
4. Виберіть із перелічених предметів і матеріалів ті, що виготовлено з органічних речовин: електрична лампочка, тефлонове покриття пательні, пакувальна плівка, пухова подушка, перлове намисто, вино, кахлі, вершкове масло, варення. Складіть формули цих органічних сполук.

5. Установіть асоціативні зв'язки між змістом колонок I і II.

I	II
A білок	1 картопля
Б крохмаль	2 амінокислоти
В целюлоза	3 цукор
Г мило	4 виноград
Д глюкоза	5 натрій стеарат
	6 клітковина

6. Складіть розповідь про добування і переробку органічних речовин у регіоні, де ви мешкаєте.
7. У пронумерованих пробірках містяться: а) розчин глюкози; б) розчин білка; в) розчин етанової кислоти. Складіть план визначення цих речовин.

Практична робота 4

Виявлення органічних сполук у харчових продуктах

Для роботи необхідні

матеріали: картоплина, борошно, білий хліб, стигле яблуко, волоський горіх, варена ковбаса, косметична пудра, зубна паста або порошок, бавовняна, вовняна й капронова нитки або шматочки тканин;

реактиви: розчин йоду в калій йодиді (можна використати аптечний розчин Люголя);

обладнання й хімічний посуд: штатив з пробірками, піпетка, пінцет, сірники.

Дослід 1. Виявлення крохмалю в харчових продуктах

На шматочок картоплини нанесіть піпеткою краплину розчину йоду. Що спостерігаєте?

Випробуйте інші харчові продукти на наявність крохмалю в їх складі. Складіть таблицю за результатами випробувань.

Зробіть висновок.

За цим зразком проведіть домашній експеримент із виявлення крохмалю в інших харчових продуктах.

Дослід 2. Виявлення жиру у волоських горіхах

Ядро волоського горіха звільніть від перегородок, покладіть його між двома аркушами фільтрувального паперу. Розімніть горіх твердим предметом (шпателем). Які зміни відбулися з папером? Розітріть горіхову масу між пальцями. Що відчуваєте?

Зробіть припущення щодо хімічного складу сполуки, яка може бути складником горіхової олії. Напишіть її формулу і назву.

Зробіть висновок.

Дослід 3. Виявлення природних і синтетичних волокон

Утримуючи пінцетом нитку з бавовни, обережно підпаліть її. Розітріть попіл між пальцями. Який запах відчуваєте?

Повторіть спробу з вовняною і синтетичною нитками. Порівняйте продукти згоряння на дотик і за запахом.

Зробіть висновок.

РОЗДІЛ V



РОЛЬ ХІМІЇ В ЖИТТІ СУСПІЛЬСТВА

§ 39. МІСЦЕ ХІМІЇ СЕРЕД НАУК ПРО ПРИРОДУ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете
розуміти суть понять «матерія» і «хімічна форма руху матерії»;
обґрунтовувати місце хімії серед наук про природу;
аналізувати хімічний склад оболонок Землі.

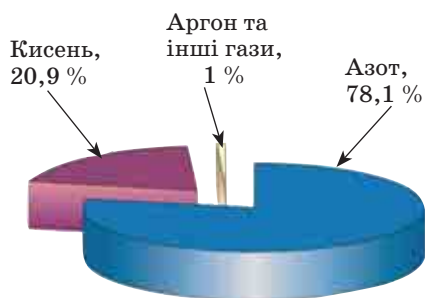
Ви знаєте, що фізика, хімія, біологія належать до природничих наук, предметом вивчення яких є матерія, *тобто все існуюче, суще, увесь світ, що нас оточує, з усією різноманітністю його існування і перетворень.*

Невід'ємною властивістю існування матерії є рух. Матерія перебуває у безперервному русі. Форми цього руху надзвичайно різні й взаємопов'язані.

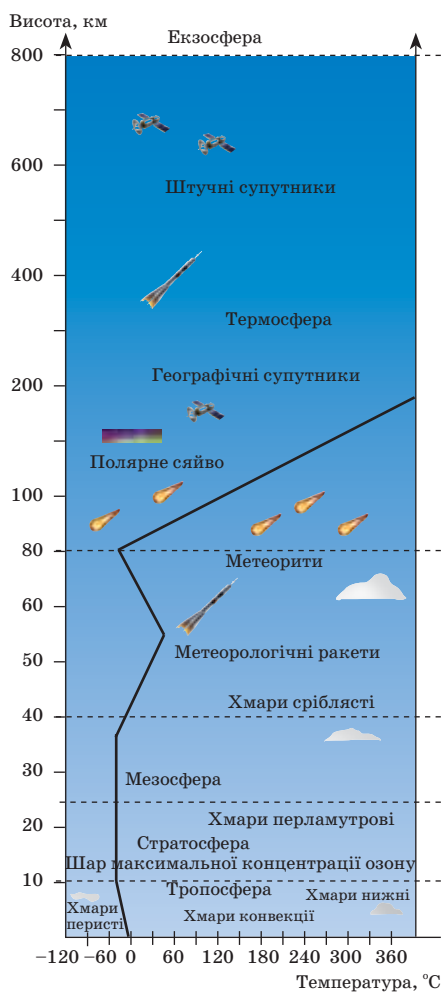
Кожна природнича наука вивчає певну форму руху матерії. Фізика вивчає механічний рух — переміщення тіл і мас у просторі, що є найпростішою формою руху, а також фізичні процеси — електромагнітні, гравітаційні, ядерні, що пов'язані з механічним рухом, але не зводяться до нього. Це так звана *фізична форма руху матерії*. Вона властива всім без винятку матеріальним об'єктам і тому лежить в основі всіх інших форм руху. Крім макрооб'єктів її носієм є елементарні частинки — протони, нейтрони, електрони та інші.

Хімія вивчає *хімічну форму руху матерії* — хімічні реакції. Вони криють у собі фізичну форму руху, наприклад перехід електронів від атомів одних елементів до атомів інших елементів, і супроводжуються фізичними процесами — вбиранням або вивільненням теплоти чи світла, зміною кольору тощо. Проте хімічні процеси не зводяться до фізичних форм руху. Найпростішим носієм хімічної форми руху матерії є атом, зокрема йонізований.

Отже, хімія — це наука про хімічну форму руху матерії, яка становить основу розвитку живої і неживої природи. Об'єктом вивчення хімії є хімічні елементи та їхні сполуки. Саме з хімічних елементів, як із «цеглинок», побудований Всесвіт.



Мал. 81. Склад атмосфери Землі



Мал. 82. Будова атмосфери

Усі хімічні елементи утворилися внаслідок складних процесів ядерного синтезу в космічному просторі. Існує багато теорій, що пояснюють походження хімічних елементів та їх поширення на Землі й у космосі (ми це не розглядаємо).

- Пригадайте, які елементи є найпоширенішими у Всесвіті, та порівняйте з їх поширенням на Землі.

Наша планета Земля, за сучасними уявленнями, утворилася близько 4,7 млрд років тому з розсіяної у протосонячній системі газо-пилової речовини. У результаті хімічної еволюції речовини Землі (під дією її гравітаційного поля та в умовах розігрівання земних надр) виникли й розвинулись різні за хімічним складом, агрегатним станом і фізичними властивостями геосферні оболонки Землі (атмосфера, гідросфера, літосфера та біосфера).

Атмосфера — повітряна оболонка Землі, що має відповідний склад і певну будову (мал. 81, 82) (табл. 11).

У повітрі є ще пил, водяна пара і домішки різних газів: SO_2 , CH_4 , NH_3 , CO тощо. Вони шкідливі для здоров'я людини і довкілля.

Таблиця 11
Приблизний склад повітря

Газ		Частка газу, %	
назва	формула	об'ємна	масова
Азот	N_2	79	75,5
Кисень	O_2	21	23
Аргон	Ar	0,93	1,3
Карбон(IV) оксид	CO_2	0,03	0,05
Інші гази		0,04	0,15

- За вказаними формулами газів пригадайте їхні назви.

Проте повітря не завжди було таким. Склад атмосфери змінювався внаслідок хімічної еволюції. Первісна атмосфера (кілька мільярдів років тому) складалася з карбон(IV) оксиду CO_2 , азоту N_2 і водяної пари H_2O . З появою зелених рослин в атмосфері з'явився кисень O_2 (1,5—2,0 млрд років тому). Його вміст із часом збільшувався, а в останні 0,5 млрд років залишається приблизно на одному рівні.

В атмосфері під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця відбуваються різні хімічні процеси (фотодисоціація, фотойонізація тощо), що частково вбирають згубне випромінювання Сонця і захищають життя на Землі (мал. 83).

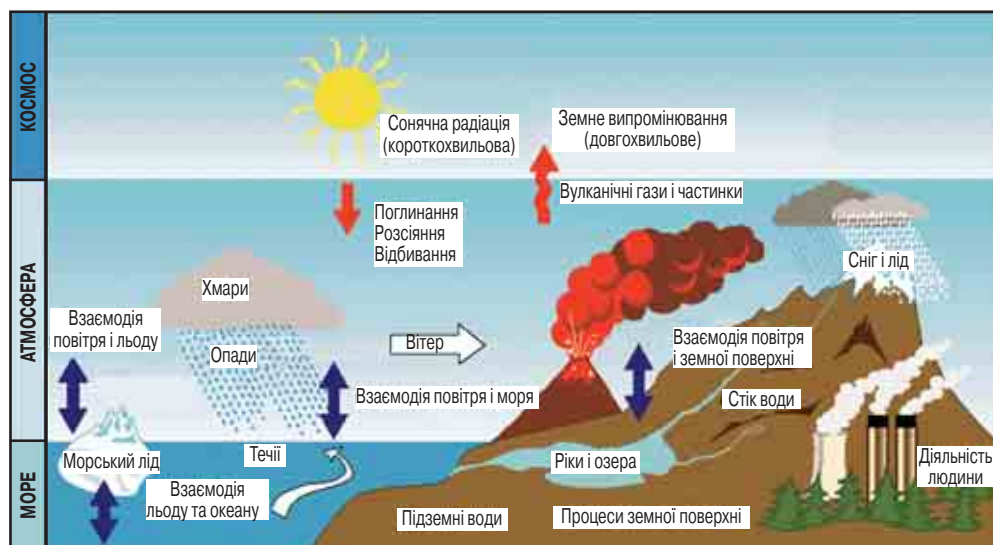
Гідросфера — водна оболонка Землі. Воді належить найважливіша роль у геологічній історії нашої планети. Ви вже знаєте, що життя на Землі зародилося у воді. Вода стала первісним середовищем для еволюції органічного світу. Вона входить до складу всіх живих істот. Організм людини на 65 % складається з води.

- Пригадайте фізичні властивості води.
- Напишіть рівняння реакцій, що характеризують хімічні властивості води.
- Схарактеризуйте значення води в житті природи та в промисловості.

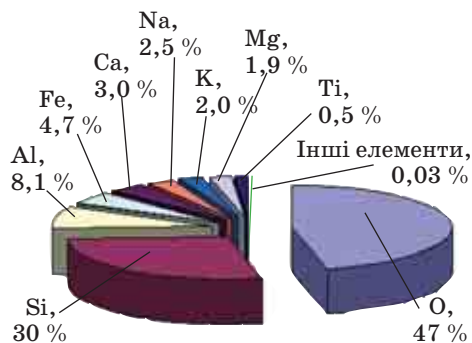
Водна оболонка Землі якнайтісніше поєднується з газовою оболонкою: атмосфера насичується водяною парою, а води Світового океану вбирають і розчиняють атмосферні гази. Тому гідросфера багатша на хімічні елементи, ніж атмосфера.

Будь-який хімічний елемент, сполуки якого розчинні, здійснює природний циклічний шлях — колообіг.

Колообіг речовин на Землі — циклічні процеси перетворень і міграції речовин у природі.



Мал. 83. Процеси, що відбуваються в атмосфері Землі



Мал. 84. У складі земної кори містяться практично всі елементи Періодичної системи. Проте понад 99 % всієї її маси припадає на 9 елементів:

O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti

Вода поширена на Землі дуже нерівномірно. Моря й океани містять основну частину води — 97,3 %. Це солоня вода; крім Оксигену й Гідрогену — складників самої води — у ній у великій кількості є Хлор, Натрій, Магній, Сульфур, Калій, Бром, Карбон. Морська вода непридатна для вживання. А прісної води на Землі мало, лише 2,7 %. Є райони, де води катастрофічно не вистачає, а подекуди вона забруднена через недбалість людини. Тому охорона водних ресурсів має велике значення.

Земна кора — верхня оболонка «твердої» Землі. Вона має різну товщину в різних місцях і складається з різноманітних гірських порід (базальтів, гранітів, осадових порід) та мінералів (силікатів, алюмосилікатів, карбонатів, сульфідів й сульфатів тощо). У їх складі містяться різні хімічні елементи, найпоширеніші з них: Силіцій, Алюміній, Ферум, Кальцій, Натрій, Калій, Магній, Титан. Масова частка цих елементів (разом з Оксигеном) у земній корі становить майже 99,4 % (мал. 84).

Біосфера — оболонка планети Земля, що охоплює нижню частину атмосфери, гідросферу і верхню частину земної кори (мал. 85).

Термін «біосфера» введено у 1875 р. австрійським ученим Е. Зюссом. Автором учення про біосферу як активну оболонку Землі, в якій сукупна діяльність живих організмів, зокрема людини, проявляється як геохімічний чинник планетарного масштабу і значення, є український учений В. І. Вернадський (1926 р.). У біосфері живі організми і середовище їх існування органічно поєднані та взаємодіють одне з одним. У живій природі саме речовини здійснюють взаємозв'язки між організмами і середовищем в екосистемах. Людина своєю діяльністю часто-густо погіршує стан тієї чи тієї частини біосфери, через що виникають екологічні конфлікти, в основі яких лежать реальні хімічні процеси.



Володимир Іванович ВЕРНАДСЬКИЙ
(1863—1945)

Український природознавець, засновник геохімії, біогеохімії. Збагатив науку ідеями, що стали основою провідних напрямів у сучасній мінералогії, геології, гідрогеології. Започаткував пошук сполук Урану й Радію, створив основу розвитку теорії доквілля. Головний ініціатор створення Академії наук України та її перший президент. Засновник Державної публічної бібліотеки в Києві (нині — Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського).



Мал. 85. Складники біосфери

Отже, ми переконуємося, що матерія весь час рухається, змінюється у своїй речовинній формі. У результаті хімічна еволюція речовин спричиняє появу *біологічної форми руху матерії*. Вона виникає внаслідок розвитку не лише речовин, а й їхніх агрегатів, хімічних систем і процесів, що в цих системах відбуваються.

Біологічна форма руху матерії неможлива без механічної, фізичної, хімічної форм руху, але не вичерпується ними, оскільки є якісно новою, відмінною від попередніх форм руху матерії. Найпростіший носій біологічної форми руху матерії — клітина. На відміну від хімічних реакцій, що відбуваються в неживих системах і ґрунтуються на зіткненні безладно розташованих у просторі молекул, у клітині взаємодіють молекули, які просторово там закріплені. Живі системи складаються переважно з Карбону, Гідрогену, Нітрогену, Оксигену й Фосфору. Правильне розуміння біології, зокрема молекулярної, ґрунтується на глибокому знанні структур, властивостей і реакційної здатності біологічно активних речовин. Ці фундаментальні знання набуваються під час вивчення хімії.

Висновки

- Поняття «матерія» охоплює всі об'єкти, системи, властивості, зв'язки і форми руху, що реально існують у світі, від елементарних частинок до галактик. Особливий тип матеріальних систем — жива матерія.
- Розрізняють кілька основних форм руху матерії, наприклад фізична, хімічна, біологічна. Така класифікація має об'єктивний характер, оскільки відбиває об'єктивний розвиток матерії від простого до складного, від нижчих форм до вищих. Водночас вона є й класифікацією наук, що ці форми руху матерії вивчають. Згідно з цим

хімія серед наук про природу посідає місце між фізикою і біологією. Хімічні знання значною мірою формуються на основі фізичних і, у свою чергу, стають основою для формування біологічних знань.

- У природі існує коловий, циклічний рух атомів хімічних елементів, що охоплює всі оболонки Землі. Завдяки циклічній міграції атомів здійснюється обмін речовин (й енергії) між землею, гідро-сферою та атмосферою. Могутній чинник циклічної міграції — жива речовина, що діє на поверхні земної кори, у нижніх шарах атмосфери і в Світовому океані. Геохімічна діяльність живої речовини спричинила виникнення особливої оболонки Землі — біосфери.
- На перебіг природних процесів впливає господарська діяльність людини, в результаті якої часто виникають глобальні екологічні проблеми.



ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Як ви розумієте поняття «матерія»? Які форми руху матерії вам відомі?
2. Поясніть суть хімічної форми руху матерії на конкретному прикладі.
3. Порівняйте склад сучасного й первісного повітря. Яка причина зміни складу?
4. Схарактеризуйте водну оболонку Землі, розкрийте її роль у природі.
5. Обґрунтуйте взаємодію оболонок Землі.
6. Що являє собою біосфера? Оцініть вплив людини на стан біосфери.
7. Обґрунтуйте місце хімії серед наук про природу.

§ 40. РОЛЬ ХІМІЇ У СУСПІЛЬНОМУ РОЗВИТКУ

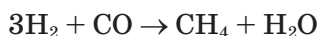
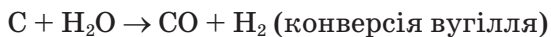
Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати	роль хімії у різних галузях промисловості та сільськогосподарства;
розуміти	суть хімізації, її користь і шкоду;
уміти	наводити приклади застосування хімічних сполук і процесів у різних галузях суспільного господарства і в побуті; пояснювати соціальне значення хімії.

Пізнання хімії як однієї з фундаментальних природничих наук необхідне для формування наукового світогляду, розвитку образного й логічного мислення, творчого зростання майбутніх спеціалістів. Велике значення має хімія в житті кожної людини, в її практичній діяльності та в побуті.

Нині, як ніколи раніше, зросла роль хімічних сполук, хімічних процесів і взагалі знань з хімії у житті суспільства. «Вік хімії», «вік полімерів» — ці образні характеристики аж ніяк не є перебільшенням. Вони наочно відображають об'єктивний факт небувалого за своєю могутністю, масштабністю й наслідками проникнення хімії у найрізноманітніші сфери діяльності людини, всього життя суспільства.

Відомо, що велике значення для промисловості й сільського господарства, транспорту й оборони країни, побуту має тверде, рідке й газувате паливо. Хімії належить видатна роль у розробленні процесів виробництва різних видів палива, створенні ракетного палива та окисників для нього. Разом із фізиками хіміки заклали наукові основи добування палива для ядерних реакторів. Через вичерпування запасів природного газу і нафти хіміки вже сьогодні дбають про паливо майбутнього. Метан CH_4 можна синтезувати з кам'яного вугілля:



Метод конверсії вугілля набуває великого значення для розвитку *водневої енергетики*. Водень як екологічно чисте паливо можна використовувати на всіх видах транспорту.

Не менше значення має використання етанолу $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ як пального замість бензину, оскільки продукти згоряння етанолу не забруднюють повітря.

● Напишіть рівняння реакції горіння етанолу.

Значного поширення набуло виробництво біодизельного пального. За хімічною природою — це сполуки, похідні карбонових кислот, що їх добувають із жирів, наприклад із ріпакової олії.

Отже, хімія відіграє важливу роль у сучасній енергетиці.

Промислове виробництво неможливе без машин та інструментів. Основними матеріалами, з яких їх виготовляють, є метали і сплави, що їх добувають на основі хімічної переробки природних матеріалів. Хімія дає металургії способи дослідження руд із метою визначення в них умісту потрібних металів, способи збагачення сировини і добування корисних металів, інтенсифікації металургійних процесів, способи вловлювання й перероблення відходів. Так, доменні шлаки використовують для виробництва шлакоситалу — міцного й твердого матеріалу для будівництва. За комплексом властивостей і собівартістю він може конкурувати з будівельними матеріалами.

Завдяки досягненням хімії виготовляються не лише металеві, а й *нові матеріали* — надпровідники, напівпровідники, ізолятори, що забезпечують розвиток електротехніки та радіоелектроніки. Нові матеріали — надміцні, жаротривкі тощо використовуються в конструкціях супутників, космічних кораблів, ядерних реакторів.

Унікальні властивості мають новітні *наноматеріали*, зокрема міцні вуглецеві нанотрубки (мал. 86). На розвиток виробництва наноматеріалів покладаються великі надії.

Важливим є *виробництво полімерів*: пластмас для виготовлення деталей машин, покришок, прокладок; ізоляційних матеріалів, синтетичних волокон; штучної шкіри та інших шкірозамінників тощо.

Хімія має велике значення і для виробництва *харчових продуктів*. Багато процесів харчової промисловості, яка переробляє первинні



Мал. 86. Карбонові нанотрубки



Мал. 87. Лікарські препарати



Мал. 88. Штучний суглоб.

З титанових сплавів і сплавів кобальту з хромом (30 %) та молибденом (5—7 %) виготовляють тазостегновий суглоб, а для його чашечки використовують поліетилен

сільськогосподарські продукти, ґрунтується на хімії — виробництво оцту, спирту, цукру, маргарину, крохмальної патоки, консервантів тощо.

Хімія глибоко проникла в *сільське господарство*. Рослинництву вона дає мінеральні й органо-мінеральні добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, а тваринництву — білкові кормові добавки, вітаміни, лікувальні та санітарні засоби.

Велике значення має хімія і для охорони здоров'я. Хімічні продукти використовують як засоби лікування, дезінфекції, знеболювання, виробництва кровозамінників, штучних суглобів, зубних протезів тощо (мал. 87, 88).

Завдяки таким продуктам, як парфуми, ванілін, мило і мийні засоби, розчинники, лаки, фарби, знезаражувальні речовини, засоби для вибавлення плям, хімія слугує людині й у *побуті*.

Стрімкий розвиток хімізації всіх галузей виробництва, який нині яскраво виявляється в усьому світі, змушує по-новому розуміти *соціальне значення хімії* (мал. 89).

Ще порівняно недавно кожний успіх у практичному освоєнні та пізнанні хімічної дії речовин звеличувався як нове свідчення зростаючого панування людини над

природою й оцінювався як благодіяння для людства. А сьогодні спостерігається інша крайність: виникла своєрідна мода критикувати хімію, засуджувати застосування хімічних продуктів і хімічних методів. Хімізація виробництва нерідко вважається головним винуватцем загрозливого забруднення навколишнього середовища, пропагується відмова від хімізації, використання штучних і синтетичних матеріалів. В обивательській свідомості хімічні продукти асоціюються з чимось протиприродним.

Водночас відомо, що хімізація як практичне використання властивостей речовин та їхніх перетворень у виробництві засобів життя для людини почалася ще з давніх-давен, коли первісна

людина оволоділа вогнем. Реакція горіння — це найперший хімічний процес, практично освоєний людиною, що набув широкого і різноманітного застосування в житті суспільства, створенні матеріальних благ, практичному використанні речовин.

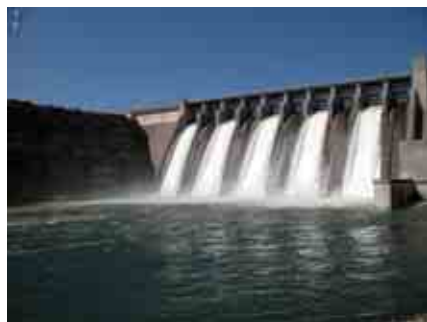
Сьогодні *хімізація — це застосування хімічних процесів і хімічних матеріалів у всіх сферах господарства, комплексне використання речовини та енергії, що забезпечується хімічними методами*. Елементи хімізації трапляються навіть у тих виробництвах, де переважають механічні операції та механічне оброблення речовин. Наприклад, використання бетону в будівництві (мал. 90), просочування деревини спеціальними речовинами для зменшення горючості або гниття, що збільшує зносостійкість виробів і в кінцевому підсумку підвищує продуктивність праці людини.

Отже, щодо негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я людини, то винна не хімія сама по собі, а винні люди, які недостатньо хімічно освічені, або люди, знання яких з хімії не набули функціональності чи вже втратили її. Такі люди зазвичай нехтують знаннями про речовини і хімічні процеси, легко порушують норми і правила їх використання, проектують виробництва без очисних споруд заради його здешевлення, закопують відходи в землю або викидають у водойми, розпорошують хімікати тощо. Своєю діяльністю вони завдають шкоди здоров'ю людей і довкіллю. Такий рівень практичної хімізації спричиняє зіткнення суспільної свідомості з низкою питань хімічного, технологічного, екологічного і соціального характеру.

Завершуючи базову хімічну освіту, ви, напевно, вже усвідомили діалектичну природу самої хімії, її користь і шкоду. Зрозуміли, як і чому благом чи злом для людства і природи обертаються ті могутні й надзвичайно тонкі у своїй вибірковості хімічні дії речовин, що їх використовує людина. А тому, незважаючи на те, який профіль подальшого навчання ви оберете, завжди пам'ятайте про гуманістичну спрямованість хімії та намагайтеся реалізувати її у своїй практичній діяльності. Розуміючи, що таке хімія в руках людських, завжди вдосконалюйте свої знання, пам'ятаючи про їхнє соціальне й загальнокультурне значення.



Мал. 89. Жаротривкі матеріали використовують у конструкціях ракет



Мал. 90. Бетонна гребля

Висновки

- Хімія як наука сприяє не тільки пізнанню навколишнього світу, вона є ще галуззю виробничої діяльності людини. З давніх-давен і донині хімія завжди слугувала й слугує людині та допомагає в її практичній діяльності. У наш час без розвитку хімії неможливий розвиток паливно-енергетичного комплексу, металургії, транспорту, будівництва, електроніки, космічної техніки тощо. Поширення нових речовин і нових матеріалів, хімічних методів у основних галузях промислового і сільськогосподарського виробництва, сфері побуту, охороні здоров'я дедалі більшою мірою забезпечує їх прогрес. Саме тому й відбувається хімізація практично всіх сфер людської діяльності.
- Хімізація — це використання властивостей речовин і матеріалів, хімічних процесів і хімічних методів аналізу в практичній діяльності людини та у сфері матеріального виробництва. Хімізація уможливорює розв'язування багатьох проблем господарського життя суспільства і водночас породжує нові проблеми, пов'язані зі станом природного середовища і здоров'ям людини. Сучасний стан хімізації гостро зіштовхує суспільну свідомість з низкою глобальних проблем (енергетичною, сировинною, продовольчою, екологічною), що хвилюють людство та потребують негайного розв'язування.

§ 41. ХІМІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

Опанувавши зміст параграфа, ви будете

знати

джерела забруднення навколишнього середовища;
способи екологічного тиску на довкілля;

розуміти

суть поняття «екологія»;

уміти

наводити приклади типових забрудників довкілля;
називати причини природного та штучного забруднення навколишнього середовища; характеризувати засоби захисту довкілля.

- Пригадайте, що таке хімія, що вивчає ця наука.

Екологія (від грец. *oikos* — оселя, середовище й лат. *logos* — наука, поняття, вчення) — наука, що вивчає загальні закономірності взаємозв'язків та взаємодії організмів і навколишнього середовища. Під організмами розуміємо різні групи живих об'єктів (таксономічні одиниці, особини, популяції), а під навколишнім середовищем — біотичний та абіотичний компоненти будь-яких систем.

Людина як біологічний вид і соціальний індивідуум створює собі умови для існування і для цього використовує природні ресурси, що поступово виснажуються. Процес переробки природних ресурсів супроводжується, як правило, забрудненням навколишнього середовища.

Розрізняють дві групи причин забруднення довкілля: природні та антропогенні, тобто штучно створені людиною внаслідок її

діяльності. До природних причин забруднення навколишнього середовища належать землетруси, виверження вулканів, які дуже впливають на довкілля. Крім того, сильні дощі, зливи, що змивають ґрунти, каламутять річки, а також відходи, що утворюються внаслідок життєдіяльності живих організмів, чинять сильний вплив на довкілля. Але в цьому разі відходи організмів повністю залучаються до природного кругообігу речовин під дією інших організмів, природа відновлюється сама собою без втручання людини (мал. 91).



Мал. 91. Аналіз якості води природної водойми

Проте наприкінці ХХ ст. перед людством постала проблема шкідливого впливу промисловості, транспорту, енергетики на навколишнє середовище. Технічний розвиток цивілізації спричинив забруднення води й атмосфери відходами виробництва. Як наслідок почали вимирати цілі види рослин і тварин, у тому числі птахів і риб. Позначилося це і на здоров'ї людей, а в глобальному масштабі почав змінюватися і клімат Землі.

До найпоширеніших забруднювачів довкілля належать відходи, що містять оксиди Карбону CO і CO_2 , оксиди Нітрогену NO і NO_2 , пусті породи, будівельне та побутове сміття, тверді відходи ТЕС тощо.

Для вирішення завдань охорони навколишнього середовища на підприємствах, які вже працюють, необхідно виконувати комплексно-захисні заходи, що можуть бути реалізовані під час використання хімічних, фізико-хімічних, фізичних та біологічних методів:

- розробляти та впроваджувати очисні системи для відпрацьованих (відхідних) газів і стічних вод;
- створювати технології переробки твердих відходів для вилучення цінної сировини — металів, скла, паперу, пластмас тощо.

Якщо ж йдеться про нові виробництва, що лише проектується, то необхідно:

- розробляти мало- і безвідхідні технології;
- розробляти економічні технології для зниження сировинних, паливних та енергетичних витрат;
- налагоджувати виробничі процеси, в яких не використовувалися б шкідливі речовини, і такі, в яких не утворюються шкідливі сполуки серед побічних продуктів.

Охорона навколишнього середовища — це глобальна світова проблема. Ліквідація шкідливих наслідків промислового виробництва лише в одній чи кількох країнах не матиме позитивних наслідків, якщо в сусідніх країнах все лишатиметься без змін. Тому на сучасному етапі в галузі екології інтенсивно розвивається міжнародне співробітництво, і багато проблем вирішується спільними зусиллями різних країн.

ВІДПОВІДІ ДО ЗАВДАНЬ

- § 1. 3. $V(\text{H}_2) = 22,4$ л;
6. $\nu(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) = 1$ моль;
10. $\nu(\text{BaCl}_2) = 1$ моль;
11. Li.
- § 2. 4. а), б), г);
6. $3\rho^3$, Р;
7. Ge;
8. 5 період, $\dots 5s^2 5p^5$.
- § 7. 3. Г;
5. Води;
8. В;
9. $w(\text{CaCl}_2) \approx 16,9$ %.
- § 8. 3. $\nu(\text{H}_2) = 5,6$ л;
6. $\nu(\text{Ba}(\text{OH})_2) = 2$ моль.
- § 9. 3. А;
5. $w(\text{CuSO}_4) \approx 30,3$ %;
6. $w(\text{NaOH}) \approx 21,8$ %;
7. $w(\text{FeSO}_4) \approx 2,9$ %;
8. $m(\text{NaCl}) = 23$ г.
- § 10. 6. Б, В, Г.
- § 11. 3. В;
4. В;
5. Г;
6. $m(\text{Al}^{3+}) = 5,4$ г;
8. $\nu(\text{H}^+) = 0,015$ моль;
9. $\nu(\text{Fe}^{3+}) + \nu(\text{SO}_4^{2-}) = 0,5$ моль.
- § 12. 2. В;
5. Г;
6. Б, В;
8. В;
9. В;
10. Б.
- § 15. 3. А, Б, В, Г;
6. Б.
- § 16. 4. А, Г;
5. А, Г;
6. Б;
7. Г.
- § 17. 1. А;
3. Б, В;
5. Г;
6. Б;
- § 19. 4. Г.
- § 20. 2. Г;
3. В.
- § 22. 6. Б, В;
- § 23. 6. А, Б.
- § 24. 6. Б.
- § 25. 3. Г.
- § 26. 1. А, Г;
5. В.
- § 27. 6. А 4, Б 5, В 2, Г 1.
- § 28. 4. Ні.
- § 30. 2. А, Б, Г;
5. Б;
7. $m(\text{CH}_3\text{COONa}) = 6,8$ г;
8. В;
9. А;
12. А 5, Б 4, В 1, Г 3;
13. 45 г.
- § 33. 5. Г.
- § 34. 4. А 2, Б 3, В 1, Г 2.
- § 35. 4. А 2, Б 5, В 1, Г 3;
5. Г, А, Б, В.
- § 38. 3. А 2, Б 5, В 1, Г 4;
5. А 2, Б 1, В 6, Г 5, Д 4.

ТЛУМАЧНИЙ СЛОВНИЧОК

Абіотичний — неорганічний, або неживий.

Аніони — негативно заряджені йони. В електричному полі рухаються до анода.

Біотехнологія — виробництво продуктів і матеріалів за допомогою живих організмів, культивованих клітин і біологічних процесів.

Бродіння — хімічний процес перетворення глюкози, що відбувається під впливом мікроорганізмів, точніше, природних каталізаторів (ферментів). Розрізняють спиртове, оцтовокисле, молочнокисле та інші види бродіння.

Гідрофільний — такий, що має високу спорідненість до води, легко змочується водою, адсорбує молекули води у першу чергу.

Горіння — реакція повного окиснення органічних речовин, унаслідок якої утворюються вода і вуглекислий газ.

Диполь — сукупність двох рівних за абсолютною величиною різноіменних електричних зарядів, розташованих на деякій відстані один від одного.

Дисоціація — розклад молекул на прості молекули, атомні групи або йони.

Дисперсія — розсіювання, подрібнення.

Йони — електрично заряджені частинки речовини, що утворилися з атомів або атомних груп унаслідок втрати або приєднання до них електронів.

Катіони — позитивно заряджені йони. В електричному полі рухаються до катода.

Класифікація — система підпорядкованих понять (класів об'єктів) будь-якої галузі знань або діяльності людини. Слугує засобом установа-лення зв'язків між цими поняттями або класами об'єктів.

Колоїдний — клеєподібний.

Конфігурація — 1) загальний вигляд, зовнішній обрис; 2) взаємне розміщення предметів, у цьому разі електронів у атомах.

Концентрація — відношення числа частинок компонента системи (суміші, розчину, сплаву), його кількості (молярна концентрація) або маси (масова концентрація) до об'єму системи.

Кристалізація — процес утворення кристалів із пари, розчину, розплаву. Відіграє важливу роль в атмосферних і ґрунтових явищах (сніг, лід); є основою металургійних і ливарних процесів, одержання напівпровідникових, оптичних та інших матеріалів.

Мінерали — природні хімічні сполуки кристалічної будови, що утворюються внаслідок фізико-хімічних процесів і входять до складу гірських порід, руд та інших мінеральних тіл. Переважають тверді мінерали, є також рідкі (вода, ртуть).

Неоднорідний — різний щодо свого складу; такий, що становить суміш двох чи більше компонентів.

Однорідний — такий, що належить до того самого роду, розряду; характеризується однаковими рисами, ознаками.

Органічна хімія — наука, що вивчає органічні сполуки (їх було знайдено спочатку в організмах рослин і тварин).

Парафіни — традиційна назва насичених вуглеводнів (за сучасною науковою номенклатурою — алкани). До парафінів (алканів) належать гомологи метану.

Пестициди — хімічні засоби боротьби зі шкідливими організмами (комахами, кліщами, грибами, бактеріями, гризунами тощо).

Природні органічні речовини — продукти рослинного чи тваринного походження або виділені з нафти, природного газу чи вугілля.

Синтетичні органічні речовини — ті, що утворилися шляхом хімічного синтезу з природних або інших синтетичних речовин.

Смог — дуже забруднене повітря, суміш диму, кіптяви, туману й пилу.

Стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) — токсичні органічні речовини, що не розкладаються (або повільно розкладаються) у природних умовах і тим самим забруднюють довкілля, накопичуються в живих організмах. До СОЗ відносять передусім хлорорганічні сполуки.

Термодинаміка — розділ теоретичної фізики, що вивчає властивості термодинамічних систем, які перебувають у стані теплової рівноваги, і процеси їхнього переходу з одного рівноважного стану в інший.

Термохімія — розділ хімічної термодинаміки, що вивчає теплові явища, які супроводжують хімічні реакції, нагрівання чи охолодження внаслідок розчинення речовини у воді.

Хімічна кінетика — розділ фізичної хімії, що вивчає механізми і закономірності перебігу хімічних процесів у часі та проміжні продукти, які при цьому утворюються.

Хлоропохідні метану — продукти заміщення атомів Гідрогену в метані на атоми Хлору (хлорометан CH_3Cl , дихлорометан CH_2Cl_2 , трихлорометан (хлороформ) CHCl_3 , тетрахлорометан CCl_4).

Додаток 1

РОЗЧИННІСТЬ ОСНОВ, КИСЛОТ, АМФОТЕРНИХ ГІДРОКСИДІВ І СОЛЕЙ У ВОДІ (за температури 20—25 °С)

Катіон Аніон	H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ag ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Pb ²⁺	Cu ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
OH ⁻		р	р	р	—	м	м	р	н	н	н	н	—	н	н	н	н
F ⁻	р	м	р	р	р	м	м	м	р	р	м	р	#	м	н	м	р
Cl ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	р	р	р	р	р
Br ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	р	м	р	р	р	р
I ⁻	р	р	р	р	н	р	р	р	р	р	м	—	м	р	—	р	р
S ²⁻	р	р	р	р	н	#	#	р	н	н	н	н	н	н	#	#	#
SO ₃ ²⁻	р	р	р	р	н	р	м	м	р	м	м	—	#	м	—	—	—
SO ₄ ²⁻	р	р	р	р	м	р	м	н	р	р	м	р	р	р	р	р	р
NO ₃ ⁻	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р
PO ₄ ³⁻	р	м	р	р	н	м	н	н	н	м	н	#	#	н	н	н	н
CO ₃ ²⁻	р	р	р	р	м	м	н	н	н	н	н	#	—	н	—	—	—
CH ₃ COO ⁻	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	р	—	р	р

Умовні позначення:

«р» — розчинна речовина (розчинність понад 1 г речовини в 100 г води);

«м» — малорозчинна речовина (розчинність від 1 г до 0,001 г речовини в 100 г води);

«н» — практично нерозчинна речовина (розчинність менше від 0,001 г речовини в 100 г води);

«—» — речовина не існує;

«#» — речовина існує, але реагує з водою (її розчинність визначити неможливо).

ЗМІНЮВАННЯ ЗАБАРВЛЕННЯ ІНДИКАТОРІВ У РОЗЧИНАХ КИСЛОТ І ЛУГІВ

Індикатори	Колір індикатора в середовищі		
	нейтральному	кислому	лужному
Лакмус	Фіолетовий	Червоний	Синій
Фенолфталеїн	Безбарвний	Безбарвний	Малиновий
Метиловий оранжевий	Оранжевий	Рожевий	Жовтий

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ДЕЯКИМИ ФІЗИЧНИМИ ВЕЛИЧИНАМИ

Фізична величина	Позначення	Рівняння для визначення фізичної величини	Одиниця
Молярна маса	M	$M = \frac{m}{n}$; $M = 2D_{H_2}$	кг/моль, г/моль, 1 г/моль = 10^{-3} кг/моль
Маса речовини	m	$m = V\rho$; $m = Mn$	кг, г
Кількість речовини	n	$n = \frac{m}{M}$; $n = \frac{V}{V_m}$; $n = \frac{N}{N_A}$	моль
Об'єм газу	V	$V = \frac{m}{\rho}$; $V = V_m n$	м ³ , л
Молярний об'єм	V_m	$V_m = \frac{V}{n}$; $V_m = \frac{M}{\rho}$	м ³ /моль, л/моль
Густина	ρ	$\rho = \frac{m}{n}$; $\rho = \frac{M}{V_m}$ (для газів)	кг/м ³ , г/см ³ , г/л, г/мл
Відносна густина газу	D	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}$; $D = \frac{M_1}{M_2}$	—

НАЗВИ НАЙПОШИРЕНІШИХ ПРОСТИХ РЕЧОВИН

Назва простої речовини	Формула	Назва відповідного елемента, від якого походить проста речовина
Азот	N ₂	Нітроген
Водень	H ₂	Гідроген
Вуглець	C	Карбон
Залізо	Fe	Ферум
Золото	Au	Аурум
Йод	I ₂	Йод
Кисень	O ₂	Оксиген
Мідь	Cu	Купрум
Нікель	Ni	Нікель
Озон	O ₃	Оксиген
Олово	Sn	Станум
Ртуть	Hg	Меркурій
Свинець	Pb	Плюмбум
Сірка	S	Сульфур
Срібло	Ag	Аргентум
Фтор	F ₂	Флуор

ВІДНОСНІ МОЛЕКУЛЯРНІ МАСИ (ОКРУГЛЕНІ) ДЕЯКИХ НЕОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Катіон Аніон	H ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Ag ⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺	Cu ²⁺	Pb ²⁺	Hg ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Al ³⁺	Cr ³⁺
O ²⁻	18	—	94	62	232	153	56	40	81	71	80	223	217	72	160	102	152
OH ⁻	18	35	56	40	—	171	74	58	99	89	98	241	—	90	107	78	103
Cl ⁻	36,5	53,5	74,5	58,5	143,5	208	111	95	136	126	135	278	272	127	162,5	133,5	158,5
Br ⁻	81	98	119	103	188	297	200	184	225	215	224	367	361	216	296	267	292
I ⁻	128	45	166	150	235	391	294	278	319	309	—	461	455	210	—	408	433
S ²⁻	34	68	110	78	248	169	72	56	97	87	96	239	233	88	208	150	200
NO ₃ ⁻	63	80	101	85	170	261	164	148	189	179	188	331	325	180	242	213	238
SO ₃ ²⁻	82	116	158	126	296	217	120	104	145	135	—	287	281	136	—	—	—
SO ₄ ²⁻	98	132	74	142	312	233	136	120	161	151	160	303	297	152	400	342	392
CO ₃ ²⁻	62	96	138	106	276	197	100	84	125	115	124	267	—	116	—	—	—
SiO ₃ ²⁻	78	112	154	122	292	213	116	100	141	131	140	283	277	132	—	—	—
PO ₄ ³⁻	98	149	212	164	419	601	310	262	385	355	382	811	793	358	151	122	147
CH ₃ COO ⁻	60	77	98	82	167	255	158	142	183	173	182	325	319	174	—	204	229

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Арреніус С.-А.	36	Мейєр Ю. Л.	9
Бертло П. Е. М.	107	Полінг Л.	22
Бунге М. А.	117	Тіндаль Дж.	19
Вернадський В. І.	134	Фішер Е.	124
Горбачевський І. Я.	123		

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Аерозолі 15, 20
 Аміногрупа 123
 Амінокислоти 122
 Атом
 — збуджений стан 12
 — основний стан 12

Б

Бензин 97
 Білки 125
 Біотехнологія 122
 Бутан 80

В

Валентні електрони (*див.* Електрони валентні)
 Відновлення 53
 Відновник 53
 Вода
 — будова молекули 27
 — кристалізаційна 25
 Водневий показник 46
 Вуглеводи 114
 Вуглеводні
 — насичені 78
 — ненасичені 83

Г

Газ
 — болотний 81
 — природний 74, 91
 — рудниковий 81
 Газойль 94
 Гас 94
 Гексан 80, 96
 Гептан 80, 96

Гідрування

— жирів 111
 — ненасичених вуглеводнів 84
 Глікоген 119
 Гліцерол 102—104
 Глюкоза 114
 Гомологи 80
 Гомологічна різниця 80
 Гомологічний ряд 80
 Група
 — гідроксильна 101
 — карбоксильна 105

Д

Декан 79
 Денатурація білка 125
 Дипептид 124
 Дисоціація карбонових кислот 105
 Дисперсна система (*див.* Система дисперсна)

Е

Електроліти
 — сильні 39
 — слабкі 39
 Електролітична дисоціація
 — кислот 36
 — механізми 33—35
 — основ 37
 — солей 38
 — ступінчаста 37
 Електрони валентні 10
 Електронні пари 12
 Емульсії 16
 Енергія
 — внутрішня 57
 Етан 78

Етаноати 105
Етанол 101
Етен 83
Етин 83
Ефект
— тепловий 58
— Тіндаля 19

Ж

Жири
— рідкі 111
— рослинні 111
— тваринні 111
— тверді 111

З

Зависі 16
Зв'язок хімічний
— водневий 27
— йонний 13
— ковалентний 13
— подвійний 13
— потрійний 13

І

Інгібітори 65

Й

Йон
— гідратований 34
— гідроксонію 36
Йонний добуток води 46

К

Кам'яне вугілля
— коксування 96
Каталіз 64
Каталізатор
— отруєння 64
Кислота (и) 37
— аміноетанова 123
— етанова (оцтова) 104, 105
— карбонова 105
— олеїнова 107
— пальмітинова 107
— стеаринова 107

Кислотність середовища 46
Класифікація
— реакцій 49
— речовин 8
Клітковина 120
Коагулянт 19
Коагуляція 19
Кокс 96
Кристалогідрати 24
Крохмаль 118

М

Мазут 95
Маргарин 112
Масова частка 32
Метан 73
Мило 107
Мономер 87

Н

Наноматеріали 137
Нафта 92
Нафтові фракції 93, 94
Неелектроліти 33
Нітрогліцерин 103
Нонан 79

О

Озокерит 80
Окиснення 53
Окисник 54
Октан 79, 96
Органічні речовини
(див. Речовини органічні)
Основи 38

П

Парафін 80
Парниковий ефект 97
Пентан 79
Пластмаса 89
Поліетилен 97
Полімер 87
Полімеризація 87
Поліпептид 124
Пропан 78

Р

Реакції

- гідрування 84
 - горіння 75
 - екзотермічні 24, 57, 58
 - ендотермічні 24, 57, 58
 - заміщення 50
 - зворотні 67
 - йонні 41
 - каталітичні 63—65
 - необоротні 39, 42, 43, 67
 - обміну 41—43, 51
 - оборотні 40, 67
 - окиснення
 - повного 75
 - часткового 75
 - окисно-відновні 53, 54
 - полімеризації 87
 - прямі 67
 - розкладу 50
 - сполучення 50
 - хлорування 76
- Речовини органічні 69
- Рівняння
- йонні 42
 - термохімічні 59
- Розчинення 21—25
- Розчини
- істинні 16
 - кислотні 46
 - колоїдні 16, 19
 - концентровані 31
 - лужні 46
 - насичені 30
 - нейтральні 46
 - ненасичені 30
 - розбавлені 31
- Розчинник 23
- Розчинність
- криві 30, 31
 - якісні реакції 47

С

- Сажа 77
- Сахароза 116
- Система дисперсна 15
- Смог
- фотохімічний 98
- Солі
- кислі 38
 - основні 38
 - середні 38
- Спирти 101, 103 — 104
- Стійкі органічні забруднювачі 129
- Ступінь
- дисоціації 39
 - окиснення 10
 - полімеризації 87
- Суспензії 16

Т

- Тепловий ефект
(*див.* Ефект тепловий)
- Термопластичність 89
- Триолеїн 111
- Тристеарин 111

Ф

- Фотосинтез 114

Х

- Хімічний зв'язок
(*див.* Зв'язок хімічний)
- Хлорометан 76
- Хлоропохідні метану 76

Ц

- Целюлоза 120
- Цукор 116

Ш

- Швидкість хімічної
реакції 61

Навчальне видання

*БУРИНСЬКА Ніна Миколаївна
ВЕЛИЧКО Людмила Петрівна*

ХІМІЯ

Підручник для 9 класу
загальноосвітніх навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор *С. В. Бартош*
Комп'ютерна верстка *І. А. Чурікова*
Дизайн обкладинки *Л. П. Лук'яненко*

Підписано до друку 00.00.2017 р. Формат 70х100^{1/16}
Гарнітура Шкільна. Друк офсет. Папір офсет.
Ум. друк. арк. 12,25. Обл.-вид. арк. 10,35.
Наклад пр.

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено

Віддруковано у
ТОВ «Видавничий дім «САМ».
01004, м. Київ, вул. Червоноармійська, 8,
тел. (044) 235-72-20.

Свідцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовників
та розповсюджувачів видавничої продукції
Серія ДК № 3750, від 01.04.2010 р.