

ВИДАВНИЦТВО
РАНОК



НАВЧАННЯ
БЕЗ МЕЖ

Олексій Григорович, Олександр Негоруб

Хімія 8



Підручник видавництва "Ранок"

ПЕРІОДИЧНА ТАБЛИЦЯ

Порядковий номер → 8

Символ хімічного елемента →

[illegible]

ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

15,999 ← Відносна атомна маса
3,44 ← Електронегативність (за Полінгом)

Кисень ← Назва простої речовини
кисген ← Назва хімічного елемента

Стани простих речовин

☐ Тверда речовина

☐ Невідомо

[illegible]

Олексій Григорович
Олександр Недоруб

Хімія

Підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України



rnk.com.ua/107937

Інтерактивний
електронний додаток
до підручника



Київ • Харків
Видавництво «Ранок»
2025

УДК 37.016:54(075.3)

Г 83

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(наказ Міністерства освіти і науки України від 21.02.2025 № 347)

Видано за рахунок державних коштів.
Продаж заборонено

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

Григорович О. В.

Г 83 Хімія : підруч. для 8 кл. закл. загал. серед.
освіти / О. В. Григорович, О. Ю. Недоруб. — Харків :
Вид-во «Ранок», 2025. — 320 с. : іл.

ISBN 978-617-09-9592-6

УДК 37.016:54(075.3)



Інтерактивний
електронний додаток
до підручника
доступний за QR-кодом
або посиланням
rnk.com.ua/107937


**ЗРОБЛЕНО
В УКРАЇНІ**

ISBN 978-617-09-9592-6

© Григорович О. В., Недоруб О. Ю., 2025
© Кот Ю. Г., Кот К. В., фотографії, 2025
© ТОВ Видавництво «Ранок», 2025

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1.

Пізнаємо кількісні закони хімії



§ 1. Елементи, речовини та явища ...	8
§ 2. Формули та назви бінарних сполук	18
§ 3. Відносна атомна маса та відносна молекулярна маса ..	25
§ 4. Масова частка хімічного елемента в речовині	33
§ 5. Установлення хімічних формул сполук	38
§ 6. Кількість речовини. Молярна маса речовин	45
§ 7. Розрахунки за хімічними рівняннями	54

РОЗДІЛ 2.

Досліджуємо гази довкілля

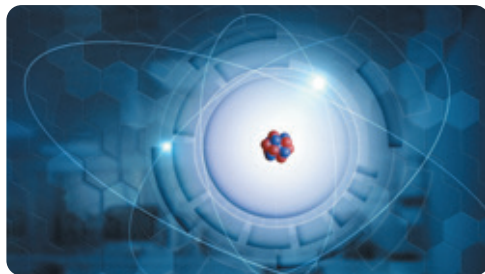


§ 8. Повітря	63
§ 9. Кисень: фізичні властивості й одержання	69

Навчальне дослідження № 1 «Одержання кисню»	78
§ 10. Кисень — єдиний газ повітря, що підтримує горіння	83
§ 11. Колообіг Оксигену в природі ...	94
§ 12. Озон	100
§ 13. Молярний об'єм газів	108
Навчальне дослідження № 2 «Визначення молярного об'єму газів»	117
§ 14. Взаємодія оксидів із водою. Поняття про кислоти й основи	120
Навчальне дослідження № 3 «Виявлення кислот і лугів у розчинах»	129
Навчальне дослідження № 4 «Виявлення кислот і лугів у побутових хімікатах природними індикаторами»	131
§ 15. Гідроген. Водень	133
§ 16. Водень: хімічні властивості й одержання	139
Навчальне дослідження № 5 «Досліджуємо водень»	146
§ 17. Солі	150
Навчальне дослідження № 6 «Досліджуємо активність металів» ..	156
§ 18. Ряд активності металів	158
§ 19. Вуглекислий газ	169
Навчальне дослідження № 7 «Досліджуємо розпушувальну дію вуглекислого газу»	181
Навчальне дослідження № 8 «Досліджуємо вуглекислий газ»	183
§ 20. Чадний газ	185

§ 21. Метан	193
§ 22. Колообіг Карбону. Парниковий ефект	200
Навчальне дослідження № 9 «Моделюємо парниковий ефект» ...	211
§ 23. Декарбонізація діяльності людини	213
Навчальне дослідження № 10 «Залежність між масою реагенту та масою продукту реакції»	220

РОЗДІЛ 3. Досліджуємо будову атома



§ 24. Склад атомів	224
§ 25. Електронна будова атомів	238
§ 26. Родини хімічних елементів. Властивості електронних аналогів	249
§ 27. Будова електронних оболонок і властивості хімічних елементів	256
§ 28. Періодичний закон	264

РОЗДІЛ 4. Досліджуємо будову речовини



§ 29. Природа хімічного зв'язку	274
§ 30. Ковалентний зв'язок	280
§ 31. Полярність ковалентного зв'язку	287
§ 32. Ступінь окиснення хімічних елементів	293
§ 33. Кристалічний і аморфний стани твердих речовин	299
§ 34. Речовини атомної та молекулярної будови.....	303
§ 35. Йонний зв'язок. Йонні кристали.....	309
Навчальне дослідження № 11 «Будова речовини»	315
Словник термінів.....	317
Предметний покажчик	318
Відповіді на розрахункові задачі ...	319

Науковий світогляд, наповнений знаннями природи та математики, є найбільшою силою не лише сьогодення, але й майбутнього.

*В. І. Вернадський, перший президент
Української академії наук*

Шановні восьмикласники й восьмикласниці!

Ви продовжуєте вивчати науку хімію. У 7-му класі ви дізналися, що у світі існує безліч хімічних речовин, вивчили символи хімічних елементів, навчилися записувати хімічні формули речовин і складати рівняння хімічних реакцій.

Цього навчального року на вас чекають нові відкриття. Ви переконаєтеся в тому, що хімічні елементи та сполуки підпорядковуються певним законам і правилам. Необхідно вміти користуватися цими законами для розуміння хімії та розкриття її таємниць.

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

Бажаємо вам успіхів у навчанні!



Умовні позначення в підручнику

-  — рубрика «Пригадайте» (важливі знання, набуті раніше, які варто актуалізувати для успішної роботи)
-  — рубрика «Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо» (різноманітні дослідження: експериментальні, віртуальні, математичне моделювання тощо)
-  — важлива інформація, яку слід запам'ятати
-  — рубрика «Поміркуйте» (самостійно або разом у групі висловіть гіпотезу)
-  — рубрика «Обговоріть» (усім класом або в групі сформулюйте відповідь на запитання)
-  — рубрика «Дізнайтеся більше» (цікаві факти, додаткова корисна інформація)

Завдання в підручнику можна використовувати для оцінювання.

Так, навчальні дослідження та завдання з рубрики «Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо» можна використовувати для оцінювання результатів навчання першої групи (ПРО1) «Пізнання світу природи засобами наукового дослідження». Для оцінювання результатів навчання другої групи (ПРО2) можна використовувати завдання рубрики «Робота з інформацією», а для оцінювання результатів навчання третьої групи (ПРО3) — завдання рубрики «Розуміння явищ природи (робота в групах)».

Інтерактивний електронний додаток

На титульній сторінці та на сторінках підручника ви знайдете посилання на інтерактивний електронний додаток, де розміщено різноманітні вправи до кожного параграфа, ілюстративні матеріали, цікаві факти, біографії науковців, відео хімічних дослідів, завдання для самооцінювання за результатами навчання тощо.

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- чи можна придумати свою унікальну хімічну сполуку;
- чи можна зважити молекулу води;
- що це за «звір» — моль;
- скільки атомів Оксигену міститься в ковтку води;
- як визначають хімічну формулу невідомої сполуки;
- що спільного між міллю та вагою цукру в магазині;
- як правильно визначити масу соди для випікання пирога;
- чи треба завчати напам'ять формули всіх відомих речовин.

Теми довготривалих проєктів

1. Моделювання з використанням конструктора LEGO: візуалізація атомів і молекул, пояснення поняття «відносна молекулярна маса».
2. Хімічні елементи та речовини в харчових продуктах: аналіз інформації на етикетках (або з інтернет-джерел), порівняння вмісту певних хімічних елементів і речовин у різних харчових продуктах.
3. Маса атомів. Як вимірюють маси атомів і молекул? Чому визначення відносної атомної маси «прив'язане» до атома Карбону?
4. Уплив вимірювань на розвиток хімії та науки в цілому.

Створіть лепбук на одну з тем

- Каталог бінарних сполук.
- Відносна атомна та молекулярна маса.
- Моль — одиниця вимірювання кількості речовини.
- Масова частка хімічного елемента в речовині.



Минулого року ми дізналися про хімічні елементи та їхні назви.

А ще вчилися писати хімічні формули речовин і навіть складали хімічні рівняння! Але все одно дивуюся, як це пов'язане з тим, що ми бачимо щодня?

Я вважаю, що хімічні знання — ключ до розуміння взаємодії та перетворення речовин. Нумо пригадаймо, що ми вже знаємо, та використаємо це на практиці!

Згадуємо основні поняття курсу хімії 7-го класу

Атоми — це найдрібніші електронейтральні частинки речовини, які складаються з позитивно зарядженого ядра й негативно заряджених електронів.



Модель атома Гідрогену

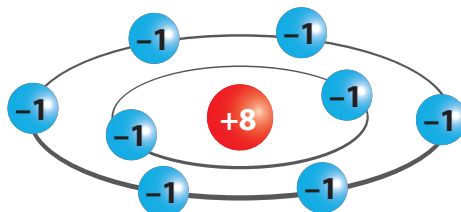
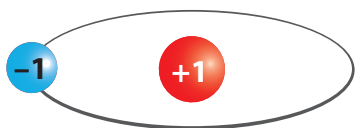
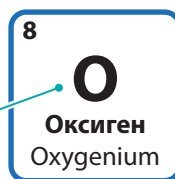


Модель атома Гелію

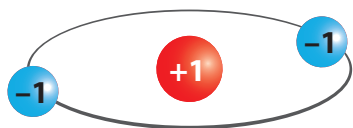
Різновид атомів із певним зарядом ядра називають **хімічним елементом**. Порядковий номер хімічного елемента в періодичній таблиці чисельно дорівнює заряду ядра.



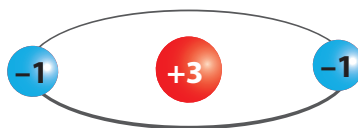
Хімічний елемент
із зарядом ядер атомів +1
називають Гідроґеном,
а із зарядом ядер +8 —
Оксигеном



Атоми можуть приєднувати або втрачати електрони, перетворюючись на **йони**: катіони (позитивно заряджені) або аніони (негативно заряджені).



Модель аніона Гідрогену із зарядом -1

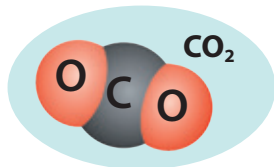


Модель катіона Літію із зарядом +1

Атоми можуть сполучатися, утворюючи молекули або йони.

Молекула — це найдрібніша частинка речовини, яка здатна існувати самостійно і яка є носієм властивостей речовини.

Склад речовин виражають хімічними формулами, використовуючи символи хімічних елементів та індекси.



Вуглекислий газ

За хімічною формулою речовини можна встановити елементи, якими вона утворена (якісний склад). А також число атомів кожного хімічного елемента (кількісний склад), яке позначають індексом. Якщо індекс «1», його не пишуть.

Кожній речовині притаманні певні властивості — ознаки, за якими вона схожа чи відрізняється від інших речовин.

Фізичні властивості речовин:

- колір;
- запах;
- здатність змінювати агрегатний стан (температури плавлення та кипіння за певних умов);
- густина;
- здатність проводити електричний струм і теплоту;
- розчинність у воді;
- пластичність/крихкість тощо.

Хімічними властивостями речовини є її здатність перетворюватися на інші речовини під час хімічних реакцій. Унаслідок хімічних перетворень змінюються склад і будова речовин (або лише будова). Формули початкових речовин, продуктів реакції та умови її проведення записують хімічними рівняннями.

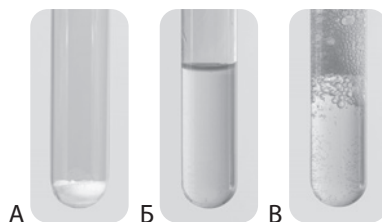
Аби відрізнити хімічне явище від фізичного, слід брати до уваги спостереження: під час хімічних реакцій відбуваються певні зміни, що свідчать про перетворення речовин.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

У пробірку насиплемо харчову соду (1–2 шпателі) (А) й доллемо столовий оцет об'ємом 2–3 мл (Б).

Поміркуйте, чи спостерігаємо ми хімічне явище (В). Як це визначити?



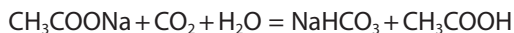
Після змішування соди й оцту ми спостерігаємо, що суміш ніби «закипає». Проте для кипіння ми мали б нагрівати суміш, отже, в нашому дослідженні виділення газу може відбуватися лише внаслідок хімічного явища.



Поміркуйте

Хімічна формула харчової соди NaHCO_3 , а в столовому оцті наявна оцтова кислота, формула якої CH_3COOH . Під час хімічної реакції між цими речовинами утворюються сіль CH_3COONa , вуглекислий газ і вода.

Чи правильно складене хімічне рівняння для цієї реакції?



Досліджуємо, моделюємо, проєкуємо

Мідну пластинку зачистимо шліфувальним папером, а потім внесемо її в полум'я пальника. Поміркуйте, які явища ми спостерігаємо.



Після зачищення шліфувальним папером мідна пластинка стає блискучою — змінюється її колір. Чи відбулося хімічне явище? Ні. Речовина, яка утворювала верхній тьмянний шар на мідній пластині, залишилася на шліфувальному папері. Ми лише відділили тьмяну речовину від блискучої (міді). Тут не відбулося перетворення речовин, отже, це фізичне явище. А під час прожарювання пластинки червона блискуча мідь перетворюється на речовину чорного кольору, отже, відбувається хімічна реакція.

Наукові факти й омани

Щодня ми одержуємо багато інформації зі шкільних підручників, книг, інтернет-джерел, від друзів і близьких тощо. Іноді ми віримо тому, що чуємо, особливо, якщо довіряємо джерелу інформації.



Утім інколи інформація є недостовірною — такою, що не підтверджена науковими дослідженнями.

До прикладу, говорять, що «яблука корисно вживати, тому що вони багаті на залізо».



Обговоріть у групах

Чи справді це твердження є достовірним фактом? Запропонуйте аргументи «за» і «проти».



Зазвичай, як доказ цього факту наводять те, що на зрізі світлий колір м'якуша швидко змінюється на «іржавий». Тож, начебто, це «залізо» в яблуці після розрізання швидко іржавіє.

Проте саме заліза в яблуках не може бути, адже ви вже знаєте, що залізо — це сріблясто-сірий метал. А в яблуках містяться йони Феруму, які справді можуть утворювати іржу, проте в яблуках їх не так і багато. Ферум — цінний для людини хімічний мікроелемент (необхідний у дуже малих кількостях, менше тисячної відсотка), без нього неможливе утворення крові, але його джерелом є інші харчові продукти. Яблука містять багато цінних для людини речовин, але сполуки Феруму — не в тих кількостях, щоб бути його важливим джерелом.



Отже, варто перевіряти достовірність усієї нової інформації. Коли ж ні, ви самі поширюватимете хибні відомості, а також можете завдати шкоди своєму здоров'ю або стати жертвою шахраїв.

Аби навчитися відрізняти достовірні (наукові) факти від хибної інформації, варто пам'ятати:

- наукові факти ґрунтуються на спостереженнях і експериментах. Вони мають бути підтверджені результатами досліджень. Якщо якесь твердження не може бути перевірене або спростоване експериментально, воно не є науковим;
- якщо незалежні дослідники, провівши той самий експеримент, отримують такі самі результати, це є підтвердженням їхньої достовірності;

- наукова теорія має бути прогностичною, тобто надавати можливість прогнозувати певні явища. Якщо прогнози узгоджуються з результатами спостережень, це посилює достовірність теорії;
- наукові пояснення фактів мають бути логічними й послідовними, ґрунтуватися на наукових принципах;
- науковці й науковиці постійно перевіряють наявні теорії та допускають можливість їх спростування або змінювання на основі нових даних. Ненаукові пояснення часто не передбачають можливості перегляду думок.

Робота з інформацією

1. Можливо, ви чули забобони щодо молока та приготування дріжджового тіста. Поспілкуйтеся зі своїми близькими дорослими та дізнайтеся, чого, на їхню думку, не варто робити, аби «молоко не скисло» або «тісто не осіло». Запропонуйте способи перевірки цих фактів на наукову достовірність.



2. В українських легендах, казках і повір'ях можна знайти народні прикмети, пов'язані з хімічними явищами. Запропонуйте способи перевірки їх на наукову достовірність.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

3. Марія та Микола досліджували хімічні властивості магнію. Вони виконали такі дії:
 - 1) виміряли масу тигля з кришкою;
 - 2) помістили смужку магнію в тигель і знову виміряли масу;
 - 3) наділи захисні окуляри й почали нагрівати тигель на пальнику (див. малюнок на с. 14);
 - 4) кожні 30 секунд вони щипцями злегка піднімали кришку тигля, аби зафіксувати закінчення реакції за припиненням світіння;
 - 5) по закінченню реакції (за 5–10 хв) припинили нагрівання й дали тиглю охолонути. А після знову виміряли масу тигля з умістом.

Результати вимірювань:

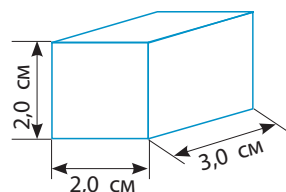
маса тигля — 23,4 г,

маса тигля з магнієм до нагрівання — 24,6 г,

маса тигля з умістом після нагрівання й охолодження — 25,4 г.

Проаналізуйте результати дослідження та дайте відповіді на запитання.

1. Визначте масу магнію та масу продукту реакції.
2. За описом досліду Микола склав таке хімічне рівняння: $\text{Mg} + \text{O}_2 = \text{MgO}$. Але Марія зауважила, що Микола припустив неточність, і виправила її. Яку неточність, на вашу думку, помітила й виправила Марія?
3. Чому під час досліду тигель слід накривати кришкою? Чому для спостереження тигель не відкривають повністю, а лише злегка піднімають кришку?
4. У давні часи один король доручив ювелірові виготовити для доньки іграшку-брязкальце та видав йому брусок із пластичного металу масою 231,0 г. Через тиждень ювелір приніс виріб і сказав, що залишок металу (19,25 г) він залишив собі як оплату за роботу. Король запідозрив, що ювелір його обманув, і покликав придворного алхіміка, щоб дізнатися, чи справді брязкальце виготовлене саме з того металу, який було видано ювелірові. Уважно прочитайте опис дій алхіміка, проаналізуйте результати дослідів та обчислень і дайте відповідь на запитання, яке цікавило короля.
 1. Насамперед алхімік виміряв масу іграшки: її маса збігалася з тією, що оголосив ювелір.
 - Обчисліть масу брязкальця.
 2. Алхімік обчислив об'єм такого самого металевого бруска, який було видано ювелірові, та визначив густину металу.
 - Обчисліть об'єм бруска та густину металу, з якого його виготовлено.



3. Для визначення густини матеріалу брязкальця алхімік використав необхідне обладнання з-поміж того, що зображене на малюнку.

- Виберіть необхідне для дослідження обладнання.
- Опишіть спосіб визначення густини матеріалу, який, на вашу думку, застосував алхімік.
- Поясніть свій вибір обладнання та спосіб визначення густини.

4. Дослід із визначення об'єму брязкальця алхімік повторив п'ять разів. Щоразу він обчислював густину матеріалу, а результати фіксував у таблиці.

- З якою метою алхімік вимірював кілька разів?
- Обчисліть середнє значення густини матеріалу брязкальця за даними експерименту.
- Чи можна на цьому етапі повідомити королю про можливий обман? Аргументуйте свою думку.

5. Алхімік порівняв обчислену густину матеріалу, з якого виготовлена іграшка, з уже відомими значеннями густин металів.

- Порівняйте довідникові значення густин металів із результатами ваших обчислень (для металевого бруска й брязкальця). З якого металу, імовірно за все, був виготовлений брусок-заготовка? Поясніть результати порівняння.



Дослід	Об'єм брязкальця, см ³	Густина матеріалу, г/см ³
1	16,0	13,2
2	15,8	13,4
3	16,0	13,2
4	15,9	13,3
5	16,2	13,1

Густини деяких металів

Метал	Густина, г/см ³
Платина	21,09
Золото	19,32
Вольфрам	19,25
Срібло	10,49
Мідь	8,96
Залізо	7,87
Алюміній	2,70

- Що ви могли б розповісти королю про матеріал, із якого виготовлене брязкальце? Це чиста речовина чи суміш різних металів? Якщо матеріал є сумішшю, то висловіть гіпотезу про її можливий склад. Аргументуйте свою думку.

5. Андрій і Софія запланували певні експерименти. В окремі хімічні склянки вони насипали, відповідно, кухонну сіль, залізні ошурки, деревну тирсу та глину.

Молодша сестра Андрія вирішила допомогти їй змішала всі речовини в одну склянку.

Софія та Андрій не розгубилися. Вони розділили суміш на складники, як зазначено на схемі. Компоненти суміші позначено літерами А, В, С, D.



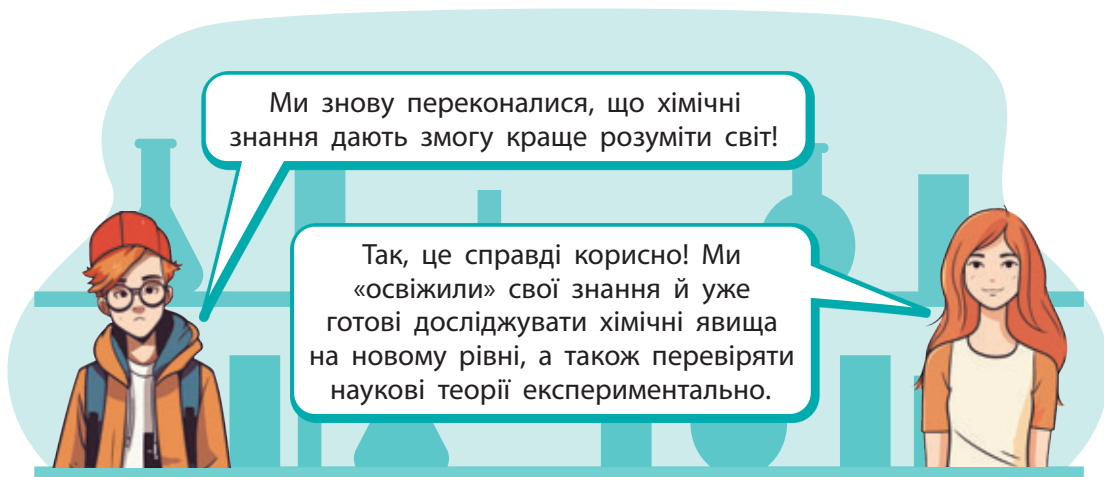
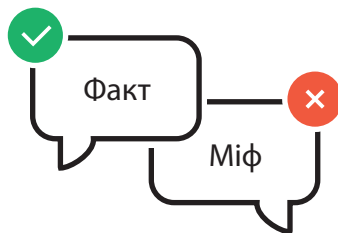
Етап 1. Скористалися магнітом	<pre> graph TD ABCD[A, B, C, D] --> ABC[A, B, C] ABCD --> D[D] </pre>
Етап 2. Додали воду і зібрали з поверхні те, що сплигло	<pre> graph TD ABC[A, B, C] --> A[A] ABC --> BCwater[B, C, вода] </pre>
Етап 3. Відфільтрували суміш	<pre> graph TD BCwater[B, C, вода] --> B[B] BCwater --> Cwater[C, вода] </pre>
Етап 4. Випарили воду	<pre> graph TD Cwater[C, вода] --> C[C] Cwater --> water[вода] </pre>

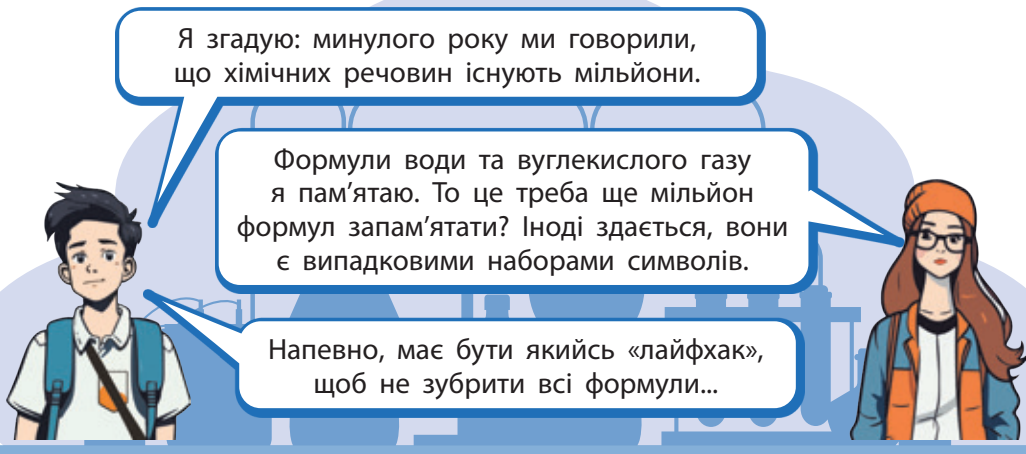
- Які правила безпеки мали згадати Софія та Андрій перед розділенням суміші?
- Визначте літери, якими позначено кожен компонент суміші.

- Зазначте тип кожної суміші (однорідна/неоднорідна), яку отримували Софія та Андрій.
- Чи можна обрати іншу послідовність дій (або інші дії) для оптимальнішого розділення суміші? Відповідь обґрунтуйте.
- Які чинники (приміром, властивості тирси) могли завадити роботі Софії та Андрія?

6. Обговоріть достовірність наведених фактів. Запропонуйте способи їхньої перевірки.

1. Багато диму — малий вогонь.
2. Вогонь кочерги не боїться.
3. Коли вогонь розгориться, то спалює і мокре, і сухе.
4. Склянка молока задовольнить добову потребу людини в Кальції.
5. Чим довший термін придатності молока, тим більше в ньому консервантів.
6. Щоб схуднути, потрібно відмовитися від продуктів, що містять жири та вуглеводи.
7. Мед не можна нагрівати — він стає отрутою.
8. ГМО можуть змінити ДНК людини.
9. ГМО шкідливі для навколишнього середовища.
10. Срібло знезаражує воду.





Чому хімічні формули саме такі, як їх записують



Поміркуйте

Що, на вашу думку, означає термін «бінарні сполуки»?

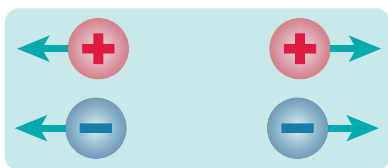
У 7-му класі ви вже дізналися, що склад речовин описують хімічними формулами, на кшталт згаданих H_2O та CO_2 . Вони саме такі, бо в цих речовинах так сполучені атоми Гідрогену й Карбону з атомами Оксигену.

У більшості речовин атоми хімічних елементів сполучені в певних відношеннях. Щоб дізнатися, які речовини можуть утворитися, треба розуміти, як атоми можуть взаємодіяти один з одним.

Ви вже знаєте, що атоми можуть перетворюватися на йони: катіони (позитивно заряджені) й аніони (негативно заряджені).



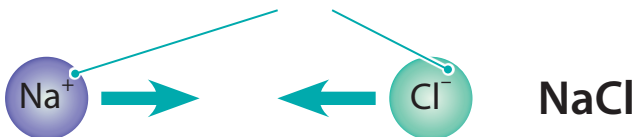
Протилежно заряджені йони притягуються один до одного



Однорідно заряджені йони відштовхуються один від одного

Приміром, з атомів Натрію утворюються катіони із зарядом $1+$, а з атомів Хлору — аніони із зарядом $1-$. Ці йони притягуються один до одного, утворюючи сполуку з формулою NaCl — кухонну сіль.

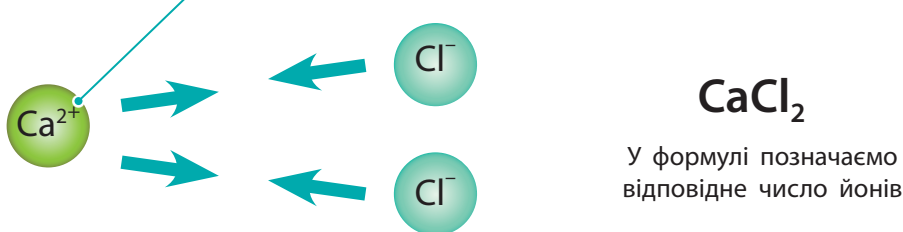
Для позначення йонів поруч із символом хімічного елемента правим верхнім індексом записують його заряд



Якщо заряд $1+$ або $1-$, у позначенні йонів «1» зазвичай не записують

Аніони Хлору також утворюють сполуку з катіонами Кальцію, які мають заряд $2+$. Будь-яка речовина є електронейтральною, а для цього кількість позитивних і негативних зарядів у ній має бути однаковою.

Якщо заряд йона більше 1, то в позначенні йонів спочатку записують величину заряду, а потім його знак



Для нейтралізації заряду одного катіона Кальцію необхідно два аніони Хлору

За принципом електронейтральності можна складати формули *бінарних сполук* — сполук, утворених двома хімічними елементами.



Пригадайте

Формули яких бінарних сполук ви пам'ятаєте з курсу хімії 7-го класу?

Важливо! Знаючи заряди, добираємо індекси у формулі сполуки так, щоб кількості позитивних і негативних зарядів були однакові.

Алгоритм

Складаємо формули бінарних сполук за значеннями зарядів йонів

1. Записуємо формули йонів: спочатку катіона, а потім — аніона	$\text{Al}^{3+}\text{S}^{2-}$
2. Визначаємо найменше спільне кратне (НСК) для значень зарядів (за модулем)	$\text{НСК}(3 \text{ і } 2) = 6$
3. Результат ділення НСК на заряд (за модулем) дорівнює індексу цього елемента у формулі	$6:3=2 \text{ (Al)}$ $6:2=3 \text{ (S)}$
4. Записуємо індекси після символів хімічних елементів	$\text{Al}_2^{3+}\text{S}_3^{2-}$

Як дізнатися заряди йонів?

Щоб визначати заряди йонів для будь-якого хімічного елемента, слід знати багато правил. Але почнемо з найпростіших випадків.



Пригадайте

Як за розміщенням хімічного елемента в періодичній таблиці дізнатися, є він металічним чи неметалічним?

Атоми металічних елементів можуть лише віддавати електрони, а отже, можуть перетворюватися тільки на позитивно заряджені йони.

І навпаки, атоми неметалічних елементів у хімічних реакціях переважно приєднують електрони та перетворюються на аніони¹.

Визначити заряди йонів, утворених з атомів деяких хімічних елементів, можна за схемою.

Хімічним елементам
1-ї та 2-ї груп відповідають
йони із зарядом,
що дорівнює номеру групи

Атоми хімічних елементів
15-17 груп переважно
утворюють аніони
із зарядом «номер групи
мінус 18»

У 18-й групі
розміщені інертні
елементи, атоми яких
не утворюють йони

1+												3+		3- 2- 1-			0
H ⁺	2+											B ³⁺		N ³⁻	O ²⁻	F ⁻	He ⁰
Li ⁺	Be ²⁺											Al ³⁺		P ³⁻	S ²⁻	Cl ⁻	Ar ⁰
Na ⁺	Mg ²⁺										Ga ³⁺		As ³⁻	Se ²⁻	Br ⁻	Kr ⁰	
K ⁺	Ca ²⁺																
Rb ⁺	Sr ²⁺										In ³⁺		Sb ³⁻	Te ²⁻	I ⁻	Xe ⁰	
Cs ⁺	Ba ²⁺										Tl ³⁺					Rn ⁰	
Fr ⁺	Ra ²⁺																

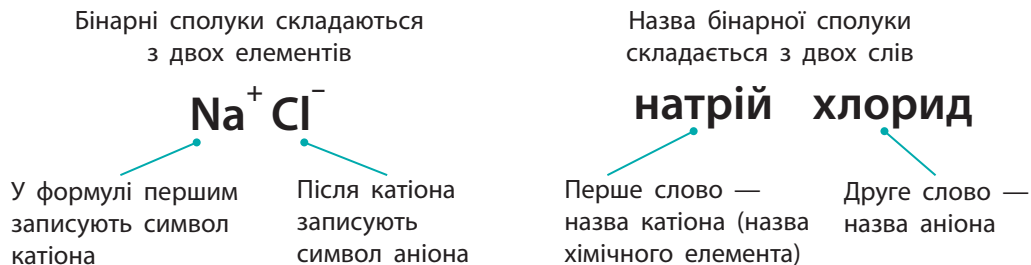
Для хімічних елементів 13-ї групи характерне утворення йонів із зарядом 3+: «номер групи мінус 10»

Чи є в речовин імена?

Минулого року ви дізналися про існування багатьох речовин і їхні назви: вода, вуглекислий газ, кухонна сіль, метан тощо. Ці назви склалися історично і є традиційними. Але для всіх речовин, які існують у природі, навряд чи можна придумати, а тим більше запам'ятати мільйони традиційних назв. Тому в хімії існують правила складання назв речовин — **хімічна номенклатура** (від лат. *nomenclatura* — називальник імен). Ці правила рекомендує міжнародна спілка IUPAC (та сама, яка затверджує назви хімічних елементів). Назви речовин, складені за правилами хімічної номенклатури, називають *систематичними*.

¹ Неметалічні елементи можуть і віддавати електрони, але про це ви дізнаєтеся на наступних уроках.

Для складання систематичних назв бінарних сполук існує правило.



Назви одноатомних аніонів утворюються від назв відповідних хімічних елементів і суфікса *-ид* (*-id*).

Хімічний елемент	Назва елемента	Назва аніона
O	Оксиген	оксид
N	Нітроген	нітрид
P	Фосфор	фосфід
S	Сульфур	сульфід
F	Флуор	фторид
Cl	Хлор	хлорид
Br	Бром	бромід
I	Йод	йодид

У назвах речовин йонної будови зазначають заряд катіона (для тих хімічних елементів, заряди яких не можливо визначити за схемою на с. 21).

До прикладу:

FeCl_2 — ферум(2+) хлорид; Ag_2S — аргентум(1+) сульфід.

Катіони металічних хімічних елементів із великими зарядами (4+ і більше) зазвичай самі по собі не існують, тому для них указують формальний заряд¹, який у назвах і формулах позначають римськими цифрами:

Bi_2O_5 — бісмут(V) оксид; SnCl_4 — станум(IV) хлорид.

1 Формальний заряд іще називають ступенем окиснення, про значення якого детальніше ви дізнаєтеся пізніше.



Зверніть увагу!

Важливо не плутати назву речовини та її вимову. Так, систематична назва води — гідроген оксид, а «аш-два-о» — це вимова її формули.



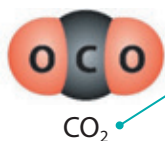
Об'єкт

Книга складається
з обкладинки
та 320 сторінок

Опис

Підручник «Хімії»
для 8-го класу

Назва



Формула

Вимова
формули

це-о-два

Систематична
назва

карбон(IV) оксид



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

За матеріалом параграфа створіть алгоритми:

- складання формули речовини за її назвою;
- визначення зарядів катіона й аніона в бінарній сполуці за формулою речовини.



Дізнайтеся більше

Суфікс *-ид* (*-ід*) у назвах бінарних сполук з'явився від латинського слова *eidos* — різновид. Наприклад, оксид (*oxide*) — це скорочено **oxygen eidos** — у перекладі буквально «сполука (різновид сполук) з Оксигеном».

Робота з інформацією

- Із додаткових джерел дізнайтеся про речовини дальтоніди й бертоліди. Чим вони різняться та чому їх так називають?
- Поясніть, що означає принцип електронейтральності, зокрема, для складання формул бінарних сполук.

9. Запишіть назви аніонів, утворених хімічними елементами: C, Si, Se, Te, As.
10. Латинською *binarius* — той, що складається з двох, подвійний (від *bini* — «по два» та *bis* — «двічі»). Поясніть значення термінів «бінарна сполука», «бінарний код», а також виразу «зіграти щось на біс».
11. Запишіть формули та систематичні назви сполук, утворених хімічними елементами: а) H і S; б) K і S; в) Ba і F; г) Al і I; д) Mg і P; е) Na і N; ж) Na і O; и) K і P.
12. Запишіть систематичні назви сполук: K_2O , Al_2S_3 , Ca_3P_2 , $MgCl_2$, LiBr, NaI, HBr, FeF_2 , Cr_2O_3 , $PbCl_4$.
13. У більшості формул спочатку записують символ хімічного елемента з позитивним зарядом, але в деяких формулах, за традицією, пишуть навпаки. Зважаючи на це, запишіть хімічні формули сполук із Гідрогеном: амоніаку, фосфіну, арсину та стибіну. Амоніак — це сполука Гідрогену з Нітрогеном. Визначте за назвами інших сполук, з атомами яких хімічних елементів у них сполучені атоми Гідрогену.

Тепер зрозуміло, чому хімічні формули записують саме так і правильна формула кухонної солі — NaCl.

Так, слід пам'ятати принцип електронейтральності, а в назвах аніонів додавати суфікс *-ид* (*-id*).

Знаючи правила, ми зможемо складати і назви, і формули невідомих сполук. Це як зібрати всі частини пазла й побачити цілісну картину. Хімія справді захоплива!

Минулого року ми визначили, що атоми мають певну масу (завдяки уявному експерименту Демокрита).

І в періодичній таблиці елементів я бачила якісь маси.

Але ж атоми дуже маленькі! Як їх можна покласти на терези, щоб зважити? Не розумію...

Атомна одиниця маси

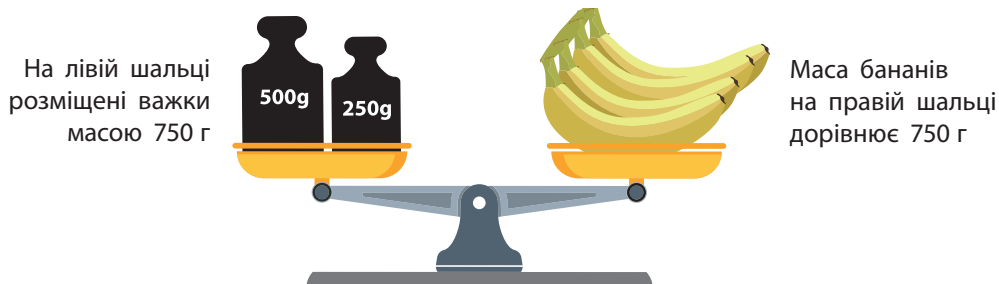


Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу, як можна визначити масу атома.

У щоденному житті ми часто стикаємося зі зважуванням: у магазинах, на кухні, під час медичних оглядів тощо. Найпростіший спосіб визначити масу (або, як часто помилково говорять у побуті, вагу) — це скористатися терезами та важками.

Терези зрівноважені, тож маси об'єктів на обох шальках однакові

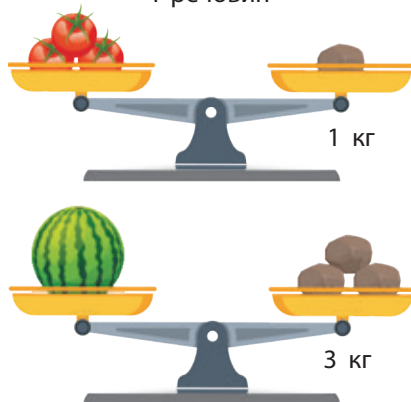


Важки (різноваги) — це будь-які тіла з відомою масою для вимірювання маси інших тіл.

Якщо камінь масою 12 кг розділити на 12 однакових частин, то кожна частина — це важок масою 1 кг

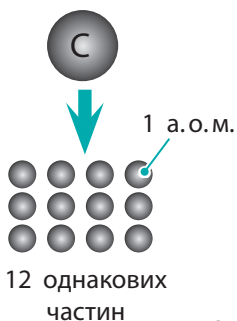


Їх можна використати для зважування інших тіл і речовин

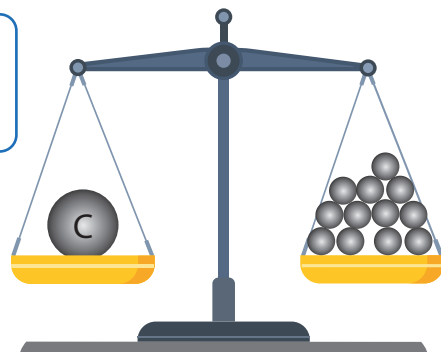


Ви вже знаєте, що атоми — надзвичайно маленькі частинки. Маса найважчих атомів становить близько $0,000000000000000000000001$ г (10^{-22} г). Певна річ, що для зважування атомів і важки мають бути розміром з атом. Сьогодні «важком» для визначення маси мікрочастинок прийнято вважати $1/12$ маси атома Карбону-12¹. Такий «важок» називають *атомною одиницею маси*, скорочено а.о.м.

Один атом Карбону



Атом Карбону = 12 а.о.м.
 $1 \text{ а.о.м.} = 1/12$ від маси атома Карбону-12



Одна атомна одиниця маси дорівнює $0,00000000000000000000000166$ г (або $1,66 \cdot 10^{-24}$ г)

1 Число 12 характеризує масове число атома Карбону, про що ви дізнаєтеся в Розділі 3.



Дізнайтеся більше

Кілограм — загальноприйнята одиниця вимірювання маси в більшості країн. Проте відомі й інші одиниці. Деякими з них користуються до сьогодні: карат — одиниця вимірювання маси коштовних каменів (0,2 г), фунт — англійська міра маси (бл. 0,45 кг), тройська унція — для вимірювання маси ювелірних металів (бл. 31 г) тощо.

Відносна атомна маса



Поміркуйте

Якими можна уявити терези, щоб як важки (різноваги) можна було використовувати атомну одиницю маси?

Зрозуміло, що для зважування атомів звичайні терези використовувати неможливо. Сьогодні для визначення маси атомів і молекул використовують складні прилади — мас-спектрометри (мал. 3.1).

Маси атомів порівнюють із 1 а.о.м.: таку масу називають *відносною атомною масою* й позначають A_r (індекс r — від англ. *relative* — відносний).



Мал. 3.1. Мас-спектрометр — сучасний прилад для визначення мас атомів і молекул



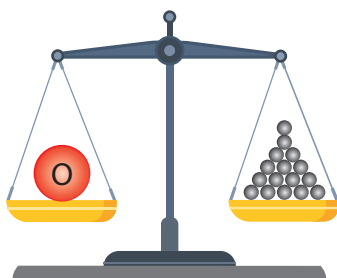
Відносна атомна маса — це відношення маси атома певного хімічного елемента до $1/12$ маси атома Карбону-12 (^{12}C).

Для хімічного елемента E :

$$A_r(E) = \frac{m_{\text{атома}}(E)}{\frac{1}{12} \cdot m_{\text{атома}}(^{12}\text{C})} = \frac{m_{\text{атома}}(E)}{1 \text{ а.о.м.}}$$

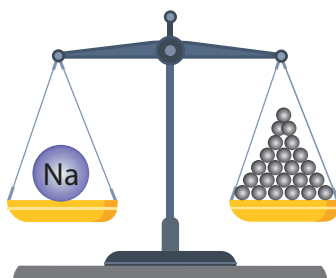
Відносна атомна маса — безрозмірна величина, оскільки вона є відношенням двох величин з однаковою розмірністю.

Отже, для визначення відносної атомної маси певного атома слід порівняти його масу з атомною одиницею маси.



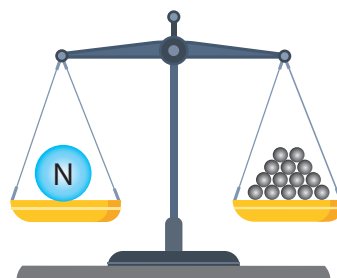
Відносна
маса атома = 16
Оксигену

$$A_r(\text{O}) = 16$$



Відносна
маса атома = 23
Натрію

$$A_r(\text{Na}) = 23$$



Відносна
маса атома = 14
Нітрогену

$$A_r(\text{N}) = 14$$

Сьогодні відносні атомні маси майже всіх хімічних елементів визначені з високою точністю й наведені в періодичній таблиці.

rnk.com.ua/
110470



Анімаційний ролик
«Атомна одиниця маси»

Відносна молекулярна маса

Маси молекул можна характеризувати так само, як і маси атомів. Для характеристики молекул використовують поняття *відносної молекулярної маси*.



Відносна молекулярна маса M_r показує, у скільки разів маса певної молекули більша за $1/12$ маси атома Карбону-12 (^{12}C).

Для речовини X:

$$M_r(\text{X}) = \frac{m_{\text{молекули}}(\text{X})}{\frac{1}{12} \cdot m_{\text{атома}}(^{12}\text{C})}$$



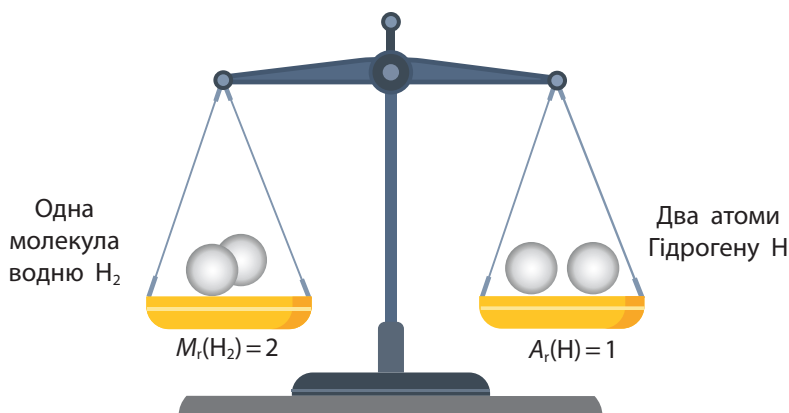
Поміркуйте

Як можна визначити відносну молекулярну масу речовини за її хімічною формулою?



Відносна молекулярна маса молекули дорівнює сумі відносних атомних мас усіх хімічних елементів, що містяться у складі молекули, з урахуванням числа атомів кожного елемента.

Маса молекули складається з мас атомів, що її утворюють



Отже, для обчислення відносної молекулярної маси молекули необхідно обчислити суму відносних атомних мас усіх хімічних елементів у складі молекули. Якщо в молекулі атомів певного хімічного елемента більше одного, його відносну атомну масу треба помножити на число цих атомів.

Звісно, що для обчислень слід використовувати точні значення відносних атомних мас, проте для зручності тут і далі в підручнику ми використовуватимемо округлені значення.



Для більшості хімічних елементів значення відносних атомних мас округляють до цілих чисел: $A_r(H) = 1$



Лише значення відносної атомної маси Хлору округляють із точністю до десятих: $A_r(Cl) = 35,5$

- Обчислимо відносну молекулярну масу вуглекислого газу.

Відносна молекулярна маса CO_2



$$\begin{array}{r}
 12 \\
 + 16 \times 2 \\
 \hline
 44
 \end{array}$$

Для речовин немолекулярної будови використовують термін *відносна формульна маса*, проте спосіб обчислення такий самий.

- Обчислимо відносну формульну масу харчової соди.

Відносна формульна маса NaHCO_3



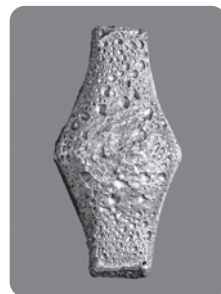
$$\begin{array}{r}
 23 \\
 + 1 \\
 + 12 \\
 + 16 \times 3 \\
 \hline
 84
 \end{array}$$

Робота з інформацією

14. Складіть діаграму Венна, порівнявши поняття:
 - а) «відносна атомна маса» й «відносна молекулярна маса»;
 - б) «відносна молекулярна маса» й «відносна формульна маса».

15. Сьогодні одиницею вимірювання маси в системі SI є кілограм. А в давні часи різні країни користувалися переважно своїми унікальними одиницями.

У літописах середньовічної Русі згадуються такі міри ваги (маси), як-от: пуд, гривня, золотник. За часів монгольської навали гривню почали рубати сокирою на шматки — отримували рублі (від слова «рубати»). Із додаткових джерел дізнайтеся масу таких одиниць вимірювання: берковець, пуд, гривня й золотник у кілограмах (грамах).



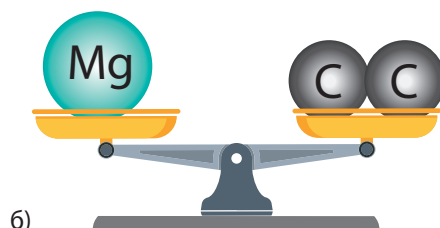
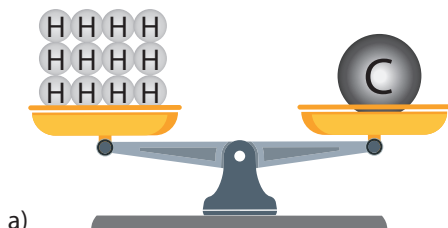
Київська срібна гривня, XI–XIII ст.

16. Випишіть із періодичної таблиці символи й відносні атомні маси (округлені до цілих чисел) хімічних елементів: Алюмінію, Флуору, Цинку, Аргентуму, Стануму.
17. Дізнайтеся, хто ввів у науку поняття «відносна атомна маса». Як у ті часи визначали відносну атомну масу? Підготуйте повідомлення для класу.
18. Обчисліть, атом якого елемента важчий і в скільки разів: а) Нітрогену чи Гелію; б) Оксигену чи Сульфуру; в) Феруму чи Силіцію; г) Сульфуру чи Купруму.
19. Обчисліть, скільки атомів Оксигену мають таку саму масу, як один атом Купруму.
20. Обчисліть відносні молекулярні (формульні) маси речовин: а) хлору Cl_2 ; б) сульфатної кислоти H_2SO_4 ; в) сахарози $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$; г) міді Cu ; д) ангідриту CaSO_4 ; е) крейди CaCO_3 ; ж) малахіту $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$.
21. Запишіть формули й обчисліть відносні молекулярні (формульні) маси речовин: а) натрій хлориду; б) кальцій броміду; в) плюмбум(2+) йодиду; г) алюміній оксиду; д) нітроген(III) оксиду.
22. Речовину із систематичною назвою гідроген пероксид у побуті й медицині називають перекисом водню. Через бактерицидні властивості його застосовують для оброблення ран, дезінфекції медичних інструментів. Також він є складником рідких мийних засобів і вибілювачів, які маркують «Не містить хлору».
У перекисі водню відношення числа атомів Оксигену й Гідрогену становить 1:1. Визначте хімічну формулу перекису водню, якщо його відносна молекулярна маса дорівнює 34.
23. Мінерал пірит складається з двох хімічних елементів — Феруму та Сульфуру — й має відносну формульну масу 120. Визначте хімічну формулу цієї речовини.
24. Формула жасмоналю, який зумовлює запах квітів жасмину, $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}(\text{C}_5\text{H}_{11})\text{CHO}$. Обчисліть його відносну молекулярну масу.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

25. За малюнками визначте, чи справді врівноважені терези.

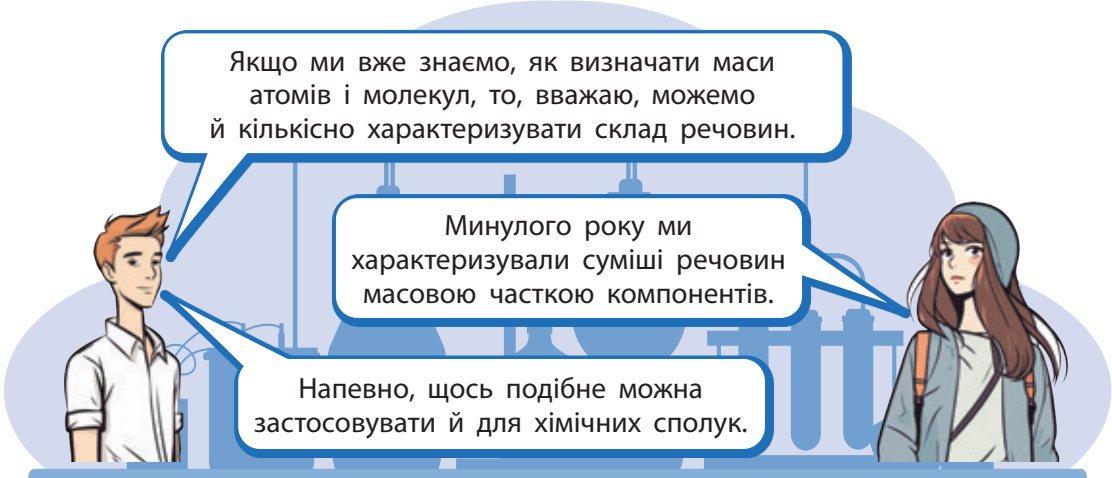


26. Визначте, у який бік схиляться шальки терезів, якщо відпустити руку.



Усе логічно! Якщо ми не можемо виміряти масу певного атома, то маємо порівняти його з масою іншого, «еталонного» атома.

Так, і тоді можна визначати масу молекули як суму мас усіх атомів, із яких вона складається.



Якщо ми вже знаємо, як визначати маси атомів і молекул, то, вважаю, можемо й кількісно характеризувати склад речовин.

Минулого року ми характеризували суміші речовин масовою часткою компонентів.

Напевно, щось подібне можна застосовувати й для хімічних сполук.

**Пригадайте**

- Що означає «описати якісний і кількісний склад сумішей»?
- Як обчислюють масову частку компонентів у суміші?
- Які речовини називають складними?

Масова частка хімічного елемента в речовині

Ви вже вмієте використовувати поняття про масову частку для кількісного визначення складу сумішей речовин. Складну речовину не можна назвати сумішшю — сумішшю атомів різних хімічних елементів, тому що в речовині атоми сполучені між собою хімічними зв'язками.

**Поміркуйте**

Чи може змінюватися кількісний склад:

а) суміші речовин; б) складної речовини? Відповідь поясніть.

Хімічна формула містить певну інформацію про речовину. Вона виражає не лише її якісний склад (із яких хімічних елементів вона складається), але й кількісний склад сполуки.

Наприклад, у молекулі води два атоми Гідрогену сполучені з одним атомом Оксигену. Сумарна відносна атомна маса атомів Гідрогену дорівнює 2 ($2 \cdot A_r(\text{H}) = 2 \cdot 1 = 2$), а відносна атомна маса атома Оксигену дорівнює 16 ($A_r(\text{O}) = 16$). Отже, у молекулі води 2 масові частини Гідрогену поєднуються із 16 масовими частинами Оксигену.

Щоб описати кількісний склад сполуки, використовують масові частки хімічних елементів у ній. *Масова частка хімічного елемента* визначає, яку частину від маси речовини становлять атоми (йони) цього хімічного елемента.

Масову частку хімічного елемента в сполуці обчислюють як відношення атомної маси цього елемента з урахуванням числа його атомів (йонів) у молекулі (формульній одиниці) до відносної молекулярної (формульної) маси речовини:

$$w(\text{елемента}) = \frac{N(\text{елемента}) \cdot A_r(\text{елемента})}{M_r(\text{речовини})},$$

де w — масова частка певного хімічного елемента, виражена в частках одиниці;

N — число атомів (йонів) цього елемента, позначене індексом у формулі сполуки;

A_r — відносна атомна маса хімічного елемента;

M_r — відносна молекулярна (формульна) маса речовини.

- Масову частку можна виражати в частках одиниці або відсотках. Щоб перевести частки одиниці у відсотки, слід обчислені за формулою значення частки помножити на 100 %.
- Сума масових часток усіх хімічних елементів, що містяться у складі сполуки, має дорівнювати 1 або 100 %.
- Фізичний зміст масової частки хімічного елемента в сполуці полягає в тому, що чисельно (якщо у відсотках) вона дорівнює масі атомів (йонів) цього елемента в 100 г речовини.

Приклади розв'язування задач

За масовими частками хімічних елементів у сполуці можна визначити її склад.

Приклад 1 Обчисліть масові частки хімічних елементів у вуглекислому газі CO_2 .

Відомо:

CO_2

$w(\text{C})$ — ?

$w(\text{O})$ — ?

Розв'язання:

Обчислимо відносну молекулярну масу вуглекислого газу: $M_r(\text{CO}_2) = A_r(\text{C}) + 2 \cdot A_r(\text{O}) = 12 + 2 \cdot 16 = 44$.

Обчислимо масові частки Карбону й Оксигену:

$$w(\text{C}) = \frac{A_r(\text{C})}{M_r(\text{CO}_2)} = \frac{12}{44} = 0,273, \text{ або } 27,3 \%,$$

$$w(\text{O}) = \frac{2 \cdot A_r(\text{O})}{M_r(\text{CO}_2)} = \frac{2 \cdot 16}{44} = 0,727, \text{ або } 72,7 \%.$$

Сума масових часток Карбону й Оксигену має дорівнювати 1. Тому масову частку Оксигену можна також обчислити, віднімаючи від одиниці масову частку Карбону:

$$w(\text{O}) = 1 - w(\text{C}) = 1 - 0,273 = 0,727.$$

Відповідь: $w(\text{C}) = 27,3 \%$, $w(\text{O}) = 72,7 \%$.

Приклад 2 Обчисліть масу (г) атомів Оксигену у воді масою 1 кг.

Відомо:

$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ кг}$

$m(\text{O})$ — ?

Розв'язання:

Обчислимо масову частку Оксигену у воді:

$$w(\text{O}) = \frac{A_r(\text{O})}{M_r(\text{H}_2\text{O})} = \frac{16}{18} = 0,889, \text{ або } 88,9 \%.$$

Масова частка хімічного елемента в речовині вказує, яку частину маси становить цей елемент. Обчислимо масу атомів Оксигену у воді масою 1 кг:

$$m(\text{O}) = w(\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) = 0,889 \cdot 1000 \text{ г} = 889 \text{ г}.$$

Відповідь: $m(\text{O}) = 889 \text{ г}$.

Робота з інформацією

- 27.** Обчисліть масові частки всіх хімічних елементів у сполуках:
а) NO_2 ; б) PbCl_2 ; в) Na_2CO_3 ; г) H_2SO_4 ; д) $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$.
- 28.** Хімічна формула глюкози — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, а сахарози — $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$. Обчисліть, у якій речовині масова частка Оксигену більша.



- 29.** Кварц — силіцій(IV) оксид — використовують для виробництва скла. Обчисліть масову частку Силіцію у кварці.



- 30.** Амоніак, або аміак, — важлива речовина хімічної промисловості. Він є сировиною для одержання добрив, синтезу пластмас і штучних волокон, виготовлення розчинників, вибухівки, засобів для очищення скла тощо. Різкий запах амоніаку здатний вивести людину зі стану непритомності, тому його застосовують для надання долікарської допомоги.

Обчисліть масу (г) атомів Гідрогену, що містяться в амоніаку NH_3 масою 10 г.

Із додаткових джерел дізнайтеся, як називали водний розчин амоніаку алхіміки.



- 31.** Систематична назва кухонної солі — натрій хлорид. Добова норма вживання солі, за рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), — 2 г. Обчисліть масу (г) іонів Натрію в зразку солі такої маси.



- 32.** Гематит — один із мінералів, який використовують для одержання заліза. Систематична назва його основного компонента — ферум(3+) оксид. Обчисліть масу (кг) іонів Феруму, що міститься в 1 тонні гематиту. Чи можна стверджувати, що саме стільки заліза можна одержати з мінералу такої маси? Із додаткових джерел дізнайтеся походження назви «гематит» та інші традиційні назви цього мінералу. Поцікавтеся також, чому цей мінерал важливий для істориків і археологів.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

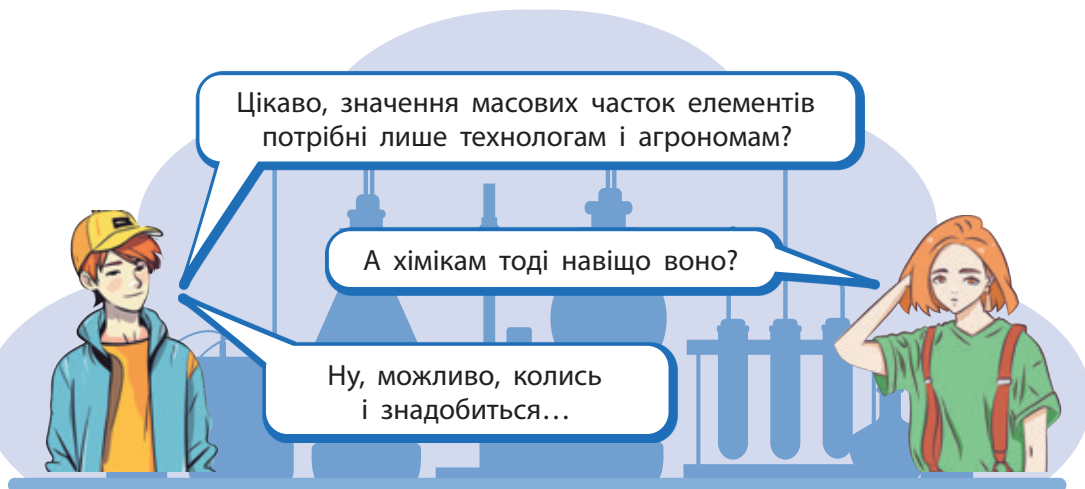
33. Як ви вважаєте, чи відрізняються відносні атомні маси атомів і йонів, що з них утворюються? Поясніть свою думку.
34. Уявіть себе технологом/технологинею на заводі з виробництва сталі (заліза). Ваші постачальники пропонують вам різні види залізної руди: ферум(3+) оксид і ферум(2+) сульфід. Як допоможе вам уміння визначати масову частку елементів обрати сировину для вашого виробництва?
35. Чилійська селітра NaNO_3 й амоніачна селітра NH_4NO_3 — поширені азотні добрива. Порівняйте масову частку Нітрогену в цих добривах. Чи можна це порівняння здійснити без математичних обчислень? Чи можна за вмістом Нітрогену визначити, яке із цих добрив є ефективнішим для використання в сільському господарстві? Поясніть свої відповіді.



От вивчили ми цю масову частку. То й що?

Як на мене, це дуже важливо! Адже масова частка дає нам точний уміст кожного хімічного елемента в речовині.

Так! Якщо я буду технологинею, то знатиму, скільки сировини потрібно для одержання певної речовини. Масова частка хімічного елемента дає змогу визначити кількісний склад речовини, що дуже важливо в науці та промисловості.

**Поміркуйте**

Якщо для обчислення масових часток елементів необхідна хімічна формула речовини, то чи можна розв'язати зворотну задачу: за масовими частками елементів установити хімічну формулу сполуки?

Установлення хімічних формул речовин — одне з перших завдань, що постали перед хіміками після того, як у хімічних дослідженнях почали застосовувати вимірювання. Знаючи масові частки елементів у сполуці (як молекулярної, так і немoleкулярної будови), можна визначити її відносну молекулярну (формульну) масу, а отже, її хімічну формулу.

**Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо**

Запропонуйте математичну модель для визначення хімічної формули речовини за відомими масовими частками елементів.

**Зверніть увагу!**

Під час розв'язування задач, у яких масові частки подано у відсотках, зручніше одразу перевести їх у частки від одиниці діленням на 100%.

Алгоритм 1

Установлюємо хімічні формули бінарних сполук¹, якщо невідома відносна молекулярна (формульна) маса

Алгоритм доцільно застосовувати, якщо за умовою задачі відомо:

- що речовина є бінарною;
- якими хімічними елементами утворена речовина;
- масова частка одного з елементів.

Перетворюємо математичну формулу масової частки так, щоб обчислити відносну молекулярну масу:

$$M_r(\text{речовини}) = \frac{N(\text{елемента}) \cdot A_r(\text{елемента})}{w(\text{елемента})}$$

Якщо нам відомо про хімічний елемент у складі сполуки, то ми знаємо його відносну атомну масу (A_r). З умови також відома його масова частка (w). Але у формулі є невідома величина N — число атомів (йонів) цього елемента. Ми знаємо, що зазвичай число атомів (йонів) у молекулі (формульній одиниці) є невеликим цілим числом. Тому ми можемо припустити, що $N = 1$ або 2, 3 тощо.

Приклад 1

Визначте хімічну формулу сполуки Феруму з Хлором, у якому масова частка Феруму становить 44,1 %.

Аналізуємо умову: нам відомо, що сполука складається з йонів Феруму та Хлору. Відома також масова частка Феруму, яку одразу переводимо в частки від одиниці. Записуємо умовну хімічну формулу сполуки

Відомо: $w(\text{Fe}) = 44,1 \% = 0,441$.

Необхідно визначити хімічну формулу сполуки Феруму з Хлором.



¹ Для більш складних речовин через велику кількість невідомих величин обчислення будуть громіздкими.

Визначаємо математичну модель: використовуємо формулу для обчислення відносної формульної маси речовини за відомою масовою часткою хімічного елемента.

Припускаємо, що $N = 1$.

Підставляємо у формулу відомі величини, з урахуванням, що $A_r(\text{Fe}) = 56$

Аналізуємо результати обчислень і складаємо хімічну формулу сполуки

Формулюємо відповідь

$M_r(\text{речовини}) =$

$$= \frac{N(\text{елемента}) \cdot A_r(\text{елемента})}{w(\text{елемента})}$$

$$M_r(\text{хлориду}) = \frac{N(\text{Fe}) \cdot A_r(\text{Fe})}{w(\text{Fe})} = \frac{1 \cdot 56}{0,441} = 127$$

Оскільки ми припустили, що у формулі один йон Феруму, то йони Хлору мають масу $127 - 56 = 71$. Це відповідає двом йонам Хлору ($A_r(\text{Cl}) = 35,5$)

Хімічна формула сполуки — FeCl_2

Приклад 2

Визначте хімічну формулу сполуки Калію з Оксигеном, у якій масова частка Калію становить 83 %. Назвіть цю речовину за систематичною номенклатурою.

Аналізуємо умову: нам відомо, що сполука складається з Калію та Оксигену. Відома також масова частка Калію. Записуємо умовну хімічну формулу сполуки

Визначаємо математичну модель: обчислюємо відносну молекулярну масу речовини за відомою масовою часткою хімічного елемента

Припускаємо, що $N = 1$.

Підставляємо у формулу відомі величини, з урахуванням, що $A_r(\text{K}) = 39$

Відомо: $w(\text{K}) = 83 \% = 0,83$.

Необхідно визначити хімічну формулу сполуки.

K_xO_y

$M_r(\text{речовини}) =$

$$= \frac{N(\text{елемента}) \cdot A_r(\text{елемента})}{w(\text{елемента})}$$

$$M_r(\text{сполуки}) = \frac{N(\text{K}) \cdot A_r(\text{K})}{w(\text{K})} = \frac{1 \cdot 39}{0,83} = 47$$

Аналізуємо результати обчислень і складаємо хімічну формулу сполуки

Оскільки ми припустили, що у формулі один йон Калію, то йони Оксигену мають масу $47 - 39 = 8$. Це відповідає половині йона Оксигену, що не можливо

Повторюємо обчислення, але з припущенням, що $N = 2$

$$M_r(\text{сполуки}) = \frac{N(K) \cdot A_r(K)}{w(K)} = \frac{2 \cdot 39}{0,83} = 94$$

Повторно аналізуємо результати обчислень і визначаємо хімічну формулу сполуки.

Цього разу ми припустили, що у формулі два йони Калію, тоді йони Оксигену мають масу $94 - 2 \cdot 39 = 16$. Це відповідає одному йону Оксигену.

Складемо назву сполуки (див. § 2 і таблицю на с. 22).

Калій оксид

Формулюємо відповідь

Хімічна формула калій оксиду — K_2O

Алгоритм 2

Визначаємо хімічні формули сполук за масовими частками хімічних елементів, якщо відома відносна молекулярна (формульна) маса

Цей алгоритм доцільно використовувати, якщо за умовою задачі відомо:

- якими хімічними елементами утворена речовина;
- що речовина не обов'язково бінарна;
- масові частки всіх (або майже всіх) хімічних елементів;
- відносна молекулярна (формульна) маса речовини.

Для розв'язання таких задач використовуємо формулу для обчислення масової частки хімічного елемента, але перетворюємо її так, щоб можна було обчислити число атомів певного елемента:

$$N(\text{елемента}) = \frac{M_r(\text{речовини}) \cdot w(\text{елемента})}{A_r(\text{елемента})}$$

**Зверніть увагу!**

Цей алгоритм також можна застосовувати для розв'язання розглянутих вище прикладів 1 і 2 після того, як обчислили відносну молекулярну масу речовини.

Приклад 3

Визначте хімічну формулу сполуки Карбону з Гідроеном, відносна молекулярна маса якої дорівнює 70, а масова частка Карбону в ній становить 85,7 %.

Аналізуємо умову: записуємо умовну хімічну формулу сполуки. Також відомі відносна молекулярна маса сполуки та масова частка Карбону, яку одразу переводимо в частки від одиниці

Відомо: $w(\text{C}) = 85,7\% = 0,857$,

$M_r(\text{C}_x\text{H}_y) = 70$.

Необхідно визначити хімічну формулу сполуки.

C_xH_y

Визначаємо математичну модель: перетворюємо формулу для обчислення відносної молекулярної маси сполуки за відомою масовою часткою хімічного елемента так, щоб обчислити кількість атомів Карбону. Підставляємо у формулу відомі величини з урахуванням, що $A_r(\text{C}) = 12$

$$N(\text{елемента}) = \frac{M_r(\text{речовини}) \cdot w(\text{елемента})}{A_r(\text{елемента})}$$

$$N(\text{C}) = \frac{70 \cdot 0,857}{12} = 5$$

Аналізуємо результати обчислень і складаємо хімічну формулу сполуки

Оскільки атомів Карбону 5, їхня сумарна відносна атомна маса $5 \cdot 12 = 60$. Отже, на Гідроген лишається маса $70 - 60 = 10$, що відповідає 10 атомам Гідрогену

Формулюємо відповідь

Хімічна формула сполуки — C_5H_{10}

Приклад 4

Визначте хімічну формулу кальциту, якщо масова частка Кальцію в ньому становить 40 %, а Карбону — 12 %. Також кальцит містить Оксиген, а його відносна формульна маса дорівнює 100.

Аналізуємо умову:

записуємо умовну хімічну формулу кальциту.

Відомі масові частки Кальцію та Карбону, а також відносна формульна маса

Відомо: $w(\text{Ca}) = 40 \% = 0,4$,

$w(\text{C}) = 12 \% = 0,12$,

$M_r(\text{Ca}_x\text{C}_y\text{O}_z) = 100$.

Необхідно визначити хімічну формулу кальциту.

$\text{Ca}_x\text{C}_y\text{O}_z$

Визначаємо математичну

модель: переробляємо

формулу для обчислення відносної формульної маси за відомою масовою часткою так, щоб обчислити число атомів Кальцію.

Підставляємо у формулу значення масової частки Кальцію та його відносної атомної маси $A_r(\text{Ca}) = 40$

$$N(\text{елемента}) = \frac{M_r(\text{речовини}) \cdot w(\text{елемента})}{A_r(\text{елемента})}$$

$$N(\text{Ca}) = \frac{100 \cdot 0,4}{40} = 1$$

Отже, у формулі біля символу Кальцію індекс 1

Так само визначаємо число атомів Карбону, ураховуючи, що $A_r(\text{C}) = 12$

$$N(\text{C}) = \frac{100 \cdot 0,12}{12} = 1$$

Біля символу Карбону також індекс 1

Так само обчислити число атомів Оксигену ми не можемо, адже в умові відсутня його масова частка.

Згадуємо, що сума масових часток усіх елементів у сполуці дорівнює 1 (або 100 %)

$$w(\text{O}) = 1 - w(\text{Ca}) - w(\text{C}) = 1 - 0,4 - 0,12 = 0,48$$

За обчисленою масовою часткою Оксигену визначаємо число його атомів

$$N(\text{O}) = \frac{100 \cdot 0,48}{16} = 3$$

Формулюємо відповідь

Хімічна формула кальциту — CaCO_3

Робота з інформацією

- 36.** Визначте хімічну формулу оксиду, у якому:
- а) масова частка Хрому становить 52 %;
 - б) масова частка Феруму становить 70 %.
- 37.** Визначте хімічну формулу сполуки:
- а) Нітрогену з Оксигеном, у якій масова частка Оксигену становить 63,2 %;
 - б) Карбону з Гідроеном, у якій масова частка Карбону становить 81,82 %.
- 38.** Мінерал халькопірит містить Купрум (масова частка 34,8 %), Ферум (масова частка 30,4 %) та Сульфур. Визначте хімічну формулу халькопіриту, якщо його відносна формульна маса дорівнює 184.
- 39.** Поширений мінерал магнетит складається з Феруму й Оксигену. Визначте хімічну формулу магнетиту, якщо масова частка Феруму в ньому становить 72,4 %, а його відносна формульна маса дорівнює 232.
- 40.** Відомий протиалергійний засіб містить активну речовину, що складається з Кальцію та Хлору. Відносна формульна маса сполуки дорівнює 111, а масова частка Хлору в ній становить 64 %. Визначте формулу речовини та назвіть її за систематичною номенклатурою.

Я сьогодні себе відчув першовідкривачем!

А ти уяви, як було складно першим хімікам визначати формули речовин. Адже спочатку треба було дізнатися масові частки елементів, здійснивши безліч експериментів.

І немає гарантії, що отримаєш правильну формулу...

Установлення хімічних формул — велика хімічна задача. Ми маємо шанувати науковців і науковиць, які цим займаються.

Я можу порівнювати маси атомів, маси молекул. Навіть хімічні рівняння вмію складати! Але як усе це мені допоможе зрозуміти, скільки треба зважити речовин, щоб, приміром, феєрверк виготовити?

Я чула, як мій старший брат щось говорив про якихось комах...

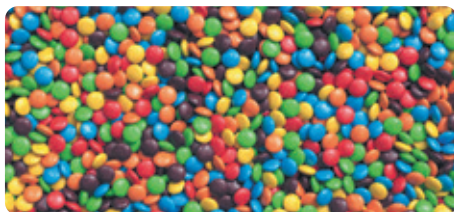
Комахи нам допоможуть молекули лічити? Щось дивно!

**Поміркуйте**

У який спосіб можна відібрати однакове число молекул різних речовин, наприклад, по одному мільйону молекул води та цукру?

1 моль — порція речовини

Майже все, що людина бачить навколо себе, вона намагається описати кількісними характеристиками. Так, коли ми витрачаємо воду, то визначаємо її об'єм: скільки літрів (або кубометрів) води витекло з крана. Купуючи цукерки, ми повідомляємо продавцеві потрібну масу: саме стільки грамів він має зважити. Але іноді знання маси або об'єму буде замало.



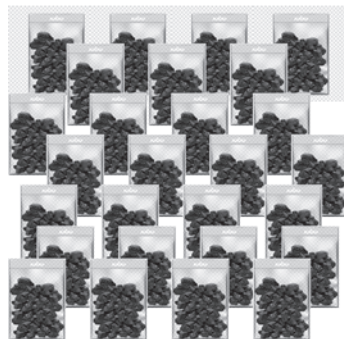
Уявіть, що у вас є купа цукерок. Як дізнатися, скільки цукерок у цій купі? Звісно, можна полічити всі цукерки по одній.

Але справа полегшується, якщо цукерки розфасовані в пакети з однаковим числом цукерок. Слід помножити число пакетиків на число цукерок у кожному з них.



Як полічити атоми Карбону в купі вуглецю?

Набагато простіше, якщо атоми лічити не по одному, а також певними порціями.



1 моль
вуглецю



$6,02 \cdot 10^{23}$ атомів
Карбону



Справді, науковці й науковиці не лічать поодинокі атоми або молекули, а відміряють їх порціями. Одна «еталонна» порція будь-якої речовини містить $6,02 \cdot 10^{23}$ частинок (атомів або молекул). Це дуже багато! А порція речовини, яка містить стільки частинок, — це 1 моль.



1 моль — це така кількість речовини (порція), що містить $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних частинок цієї речовини (атомів або молекул).



Дізнайтеся більше

Число $6,02 \cdot 10^{23}$ називають числом Авогадро — на честь відомого італійського фізика і хіміка Амедео Авогадро, хоча сам він і гадки не мав про це. Першим визначити число частинок у певній порції речовини спробував інший науковець. Проте Авогадро зробив настільки великий внесок у становлення молекулярної теорії, що це число назвали числом Авогадро. Цьому числу дорівнює стала Авогадро, але в неї є одиниця вимірювання: $6,02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹.



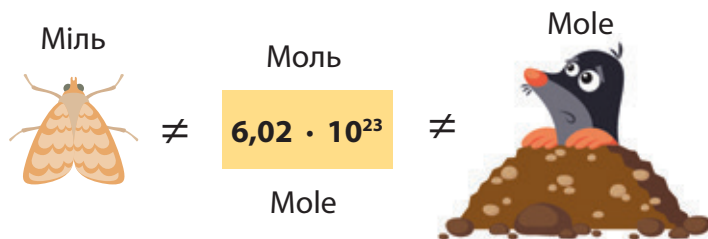
Поміркуйте

Числа, не кратні 10, ми використовуємо доволі часто. Приміром, доба — це порція часу тривалістю 24 години. А один світловий рік — це відстань у майже $9,5 \cdot 10^{12}$ км. Пригадайте інші одиниці вимірювання з «незвичними» числами.



Дізнайтеся більше

В українській мові невеликий метелик, гусениця якого є шкідником вовняних виробів, — це міль, а одиниця вимірювання кількості речовини — моль. Тож не варто їх плутати. Англійською mole також співзвучне з назвою тварини mole — кріт.



Слова «моль» і «молекула» — спільнокореневі й походять від латинських слів. Слово «молекула» було трансформоване зі словосполучення «молес-корпускула», тобто маленька частинка.

Моль — одиниця вимірювання кількості речовини

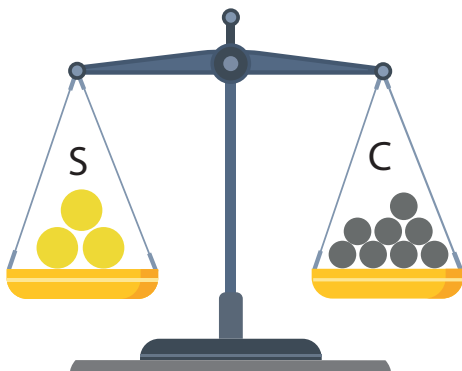
Моль — це одиниця вимірювання, як, приміром, кілограм, метр, секунда тощо. Якщо кілограм — одиниця вимірювання маси, то фізичну величину, яку вимірюють у молях, називають *кількість речовини*. Її позначають латинською літерою *n*.



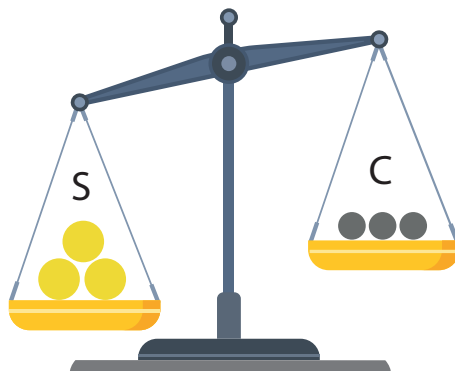
Кількість речовини — фізична величина, що характеризує число однотипних частинок речовини (атомів, молекул, йонів тощо).

Кількість речовини характеризує, скільки частинок речовини міститься в певному зразку.

Вуглець складається з атомів Карбону, а сірка — з атомів Сульфуру



Однакові маси, але різні кількості речовини атомів



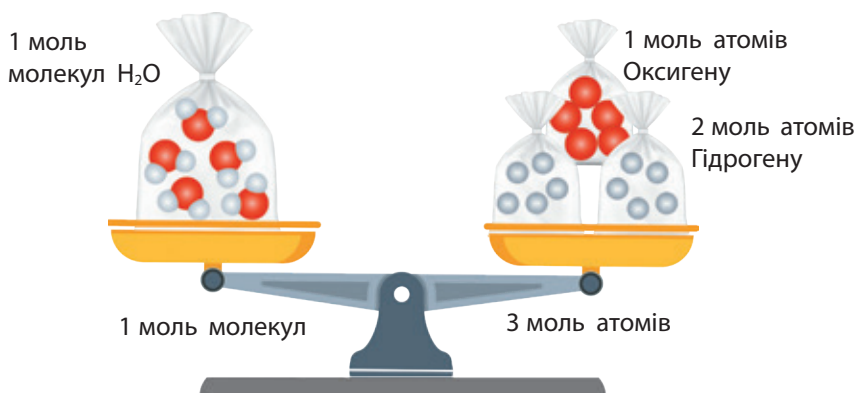
Однакові кількості речовини атомів Карбону й Сульфуру, але різні маси (та об'єми)

Поняття «кількість речовини» застосовне для всіх частинок речовини. За хімічною формулою сполуки, якщо відома кількість речовини її молекул (формульних одиниць), можна визначити кількість речовини всіх атомів у її складі.

rnk.com.ua/
110970



Анімаційний ролик
«Поняття про кількість речовини»



Молярна маса

На звичайних терезах виміряти маси таких маленьких частинок, як молекули, неможливо. Проте, якщо ми маємо зразок кількості речовини 1 моль, то масу такої кількості речовини виміряти цілком реально навіть на кухонних вагах. Масу одного моля речовини називають *молярною масою* речовини.



Молярна маса — це маса речовини кількістю 1 моль.

Молярна маса — це фізична величина, що дорівнює відношенню маси речовини до кількості речовини. Її позначають великою літерою ***M*** та обчислюють за формулою:

$$M = \frac{m}{n}$$



Поміркуйте

За формулою для обчислення молярної маси визначте одиницю вимірювання цієї величини.

Визначення молярної маси речовини

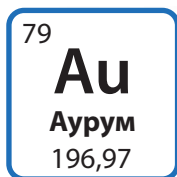
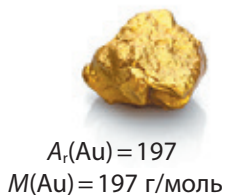
Молярна маса ***M***, виражена в г/моль, чисельно дорівнює відносній молекулярній масі ***M_r***. Тому за відомою формулою речовини її обчислюють так само.

Обчислимо молярну масу метану.



$$\begin{array}{r} \text{Молярна маса } \text{CH}_4 \\ + \quad 12 \\ + \quad 1 \times 4 \\ \hline = 16 \text{ (г/моль)} \end{array}$$

Для простих речовин атомної (і металічної) будови молярна маса чисельно дорівнює відносній атомній масі.



Різні речовини складаються з різних молекул (формульних одиниць), які мають різні маси. Якщо взяти декілька речовин кількістю речовини по 1 моль, можна помітити, що ці порції різняться за масою й займають різні об'єми.

Маса цукру кількістю 1 моль — 342 г, а води — лише 18 г



вода
 H_2O



кухонна сіль
 NaCl



сульфатна кислота
 H_2SO_4



цукор
 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$

Очевидно, що більша маса однієї молекули, то більша й молярна маса речовини, що складається з таких молекул.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Запропонуйте спосіб моделювання об'єктів кількістю речовини 1 моль.

Обчислення з використанням молярної маси

Приклад 1 Обчисліть молярну масу кальцинованої соди Na_2CO_3 .

Відомо:



$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$

Розв'язання:

Обчислимо відносну формульну масу кальцинованої соди:

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot A_r(\text{Na}) + A_r(\text{C}) + 3 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16 = 106.$$

Молярна маса чисельно дорівнює відносній формульній масі, отже: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$.

Відповідь: $M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль}$.

Приклад 2 Обчисліть масу кальцинованої соди кількістю речовини 0,5 моль.

Відомо:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5 \text{ моль}$$

$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$

Розв'язання:

$$m = n \cdot M$$

Обчислимо молярну масу соди (див. приклад 1).

Обчислимо масу соди:

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5 \text{ моль} \cdot 106 \text{ г/моль} = 53 \text{ г}.$$

Відповідь: $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 53 \text{ г}$.

Приклад 3 Обчисліть кількість речовини води масою 1 кг.

Відомо:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1 \text{ кг}$$

$n(\text{H}_2\text{O}) = ?$

Розв'язання:

$$n = \frac{m}{M}$$

Обчислимо молярну масу води:

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ г/моль}.$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1000 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} \approx 55,6 \text{ моль}.$$

Відповідь: $n(\text{H}_2\text{O}) \approx 55,6 \text{ моль}$.



Дізнайтеся більше

3-поміж відомих речовин найбільшу молярну масу має білок тітин, молекулярна формула якого $C_{169719}H_{270466}N_{45688}O_{52238}S_{911}$. Молярна маса тітину дорівнює 3 816 030 г/моль, тобто цей білок кількістю 1 моль важить майже 4 тонни!

Робота з інформацією

41. Обчисліть кількість речовини атомів (або йонів) кожного хімічного елемента, що міститься в речовинах кількістю 1 моль: а) Cl_2 ; б) H_2SO_4 ; в) H_3PO_4 ; г) Fe_2O_3 ; д) $Ca(OH)_2$.
42. Обчисліть молярні маси речовин: а) H_2S ; б) NH_3 ; в) F_2 ; г) $CaCO_3$; д) SO_2 ; е) $NaOH$; ж) K_2SO_4 ; и) $Fe(NO_3)_3$; к) $NaAl(OH)_4$.
43. Обчисліть кількість речовини: а) заліза масою 7 г; б) азоту N_2 масою 21 г; в) крейди $CaCO_3$ масою 500 г; г) харчової (питної) соди $NaHCO_3$ масою 10 кг.
44. Обчисліть масу (г): а) водню H_2 кількістю речовини 2 моль; б) кисню O_2 кількістю речовини 3 моль; в) води H_2O кількістю речовини 2,5 моль; г) цукру $C_{12}H_{22}O_{11}$ кількістю речовини 0,75 моль; д) золота кількістю речовини 0,08 моль.
45. Обчисліть молярні маси й установіть назви простих речовин, якщо маса зразка кількістю речовини: а) 7 моль дорівнює 444,5 г; б) 3,5 моль дорівнює 84 г; в) 0,25 моль дорівнює 8 г.
46. Визначте, маса якого зразка більша: а) кисню O_2 кількістю речовини 3 моль чи азоту N_2 кількістю речовини 2 моль; б) води H_2O кількістю речовини 5 моль чи хлору Cl_2 кількістю речовини 1,4 моль; в) негашеного вапна CaO кількістю речовини 1 моль чи паленої магнезії MgO кількістю речовини 1,5 моль.
47. Обчисліть кількість речовини атомів Оксигену в: а) сірчистому газі SO_2 кількістю речовини 3 моль; б) мідній окалині CuO масою 40 г.
48. У якому зразку більше молекул: у кисні O_2 чи в озоні O_3 масою по 100 г?
49. Маса зразка нітратної кислоти HNO_3 дорівнює 126 г. Обчисліть у цьому зразку кількість речовини: а) молекул нітратної кислоти; б) атомів Нітрогену; в) атомів Гідрогену; г) атомів Оксигену.

50. Кількість речовини зразка сполуки Карбону з Гідроеном масою 0,8 г дорівнює 0,05 моль. Обчисліть молярну масу цієї речовини та визначте її формулу.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

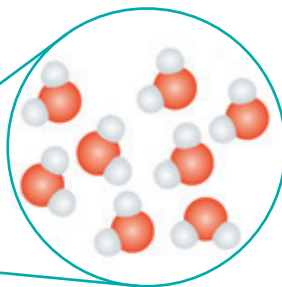
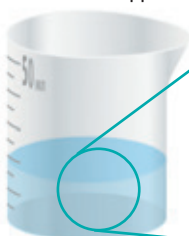
51. Поясніть малюнок і складіть діаграму Венна, порівнявши поняття «відносна молекулярна маса» і «молярна маса».

Одна молекула води



Відносна молекулярна маса:
 $16 + 1 + 1 = 18$

1 моль води



Молярна маса:
18 г/моль

52. Уявити, наскільки велике число Авоґадро, можна так: якщо рівномірно розсипати по всій поверхні нашої планети (і водній також) $6,02 \cdot 10^{23}$ піщинок діаметром 1 мм, то вони утворять шар піску завтовшки 60 см. Запропонуйте свої аналогії, якими можна проілюструвати величезність числа Авоґадро.

З'ясувалося, що дивне слово «моль» — це одиниця вимірювання, яка дає змогу точно визначити число частинок у речовині.

Це ніби секретний ключ до вимірювання хімічних речовин. Тепер ми знаємо, як використовувати кількість речовини для розрахунків мас.

Так, це справді корисно! Виявляється, у хімії є свої особливі одиниці вимірювання, і моль — одна з них.

Якщо ми знаємо залежність між масою речовин і числом молекул, то чи можемо вже самостійно писати «рецепти» для хімічних перетворень?

Так, знаючи кількості речовини та молярні маси, можемо дізнатися кількість порцій речовини. Але як це «прив'язати» до хімічних рівнянь?

Не знаю, мені поки це не зрозуміло...



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

За рівнянням хімічної реакції складіть математичну модель обчислення маси або кількості речовини однієї сполуки (реактанта¹ або продукту реакції), якщо відома маса або кількість речовини іншого «учасника» реакції.

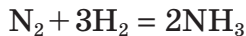
Коли кухар готує страву, він відповідно до рецепта змішує харчові продукти в чітко визначених пропорціях (відношеннях). Так само й хімік / хімікня перед здійсненням хімічної реакції має вирішити, у яких пропорціях слід змішати реактанти, а також обчислити масу продуктів, що мають утворитися.

Ці розрахунки можна здійснити за хімічними рівняннями. Якщо відома маса одного з «учасників» реакції, то можна визначити маси всіх інших речовин — і реактантів, і продуктів реакції.

За хімічним рівнянням можна визначити, які речовини та в якому відношенні реагують, а також у якому відношенні утворюються продукти реакції.

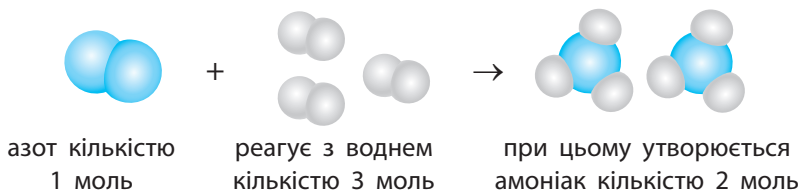
1 За рекомендацією IUPAC, речовини, які вступають у хімічну реакцію (витрачаються під час хімічної реакції), називають реактантами.

До прикладу, за хімічним рівнянням реакції водню з азотом:



ми бачимо, що одна молекула азоту N_2 реагує з трьома молекулами водню H_2 з утворенням двох молекул амоніаку NH_3 .

Таке саме відношення й для кількостей речовин усіх «учасників» реакції:

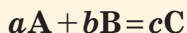


Якщо для здійснення цієї реакції взяти не три молі водню, а будь-яку іншу кількість речовини водню (приміром, 1,5 моль), то кількість речовини азоту, який прореагує, буде втричі меншою, ніж кількість речовини водню, тобто $n(\text{N}_2) = 0,5$ моль:

$$n(\text{H}_2) : n(\text{N}_2) = 1,5 : 0,5 = 3 : 1$$

Отже, речовини беруть участь у хімічних реакціях у кількостях, що пропорційні коефіцієнтам у рівнянні реакції — *стехіометричним коефіцієнтам*. Інакше кажучи, відношення кількостей речовини реагентів (у молях) дорівнює відношенню відповідних коефіцієнтів у рівнянні реакції.

Для будь-якої хімічної реакції, яку можна описати рівнянням:



справедливими є відношення для кількостей речовини будь-яких «учасників» реакції:

$$\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})} = \frac{a}{b}, \quad \text{або} \quad \frac{n(\text{A})}{n(\text{C})} = \frac{a}{c}, \quad \text{або} \quad \frac{n(\text{B})}{n(\text{C})} = \frac{b}{c}$$

За таким принципом можна складати відношення між будь-якими реагентами або продуктами, і їх можна використовувати для визначення мас необхідних реагентів або мас продуктів.

Приклад 1

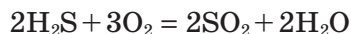
Обчисліть кількість речовини кисню, який необхідний для спалювання сірководню кількістю речовини 1,5 моль, якщо під час реакції утворюється сульфур(IV) оксид і вода.

Аналізуємо умову: нам відома кількість речовини сірководню. Сірководень — це гідроген сульфід H_2S . Необхідно обчислити кількість речовини кисню

Відомо: $n(\text{H}_2\text{S}) = 1,5$ моль.

Записуємо рівняння реакції

Обчислити: $n(\text{O}_2)$



Складаємо пропорцію: за умовою відома кількість речовини сірководню, а не відома кількість речовини кисню, тож необхідно скласти відношення кількостей речовини сірководню та кисню

$$\frac{n(\text{H}_2\text{S})}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{3}$$

В отриманому рівнянні невідома кількість речовини кисню, тож перетворюємо його для обчислення $n(\text{O}_2)$

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{H}_2\text{S}) \cdot 3}{2}$$

Підставляємо у формулу відомі величини й обчислюємо

$$n(\text{O}_2) = \frac{n(\text{H}_2\text{S}) \cdot 3}{2} = \frac{1,5 \text{ моль} \cdot 3}{2} = 2,25 \text{ моль}$$

Формулюємо відповідь

$$n(\text{O}_2) = 2,25 \text{ моль}$$

Приклад 2

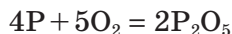
Обчисліть масу (г) фосфор(V) оксиду, який можна одержати взаємодією фосфору з киснем кількістю речовини 0,5 моль.

Аналізуємо умову: нам відома кількість речовини кисню. Необхідно обчислити масу фосфор(V) оксиду

Відомо: $n(\text{O}_2) = 0,5$ моль.

Обчислити: $m(\text{P}_2\text{O}_5)$

Записуємо рівняння реакції



Складаємо пропорцію: за умовою відома кількість речовини кисню, а не відома маса оксиду, тож необхідно скласти відношення кількостей речовини оксиду й кисню

$$\frac{n(\text{P}_2\text{O}_5)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{5}$$

В отриманому рівнянні невідома кількість речовини оксиду, тож перетворюємо його для обчислення $n(\text{P}_2\text{O}_5)$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{n(\text{O}_2) \cdot 2}{5}$$

Підставляємо у формулу відомі величини й обчислюємо

$$\begin{aligned} n(\text{P}_2\text{O}_5) &= \frac{n(\text{O}_2) \cdot 2}{5} = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 2}{5} = \\ &= 0,2 \text{ моль} \end{aligned}$$

За відомою кількістю речовини фосфор(V) оксиду визначаємо його масу

$$\begin{aligned} m(\text{P}_2\text{O}_5) &= n(\text{P}_2\text{O}_5) \cdot M(\text{P}_2\text{O}_5) = \\ &= 0,2 \text{ моль} \cdot (2 \cdot 31 + 5 \cdot 16) \text{ г/моль} = \\ &= 28,4 \text{ г} \end{aligned}$$

Формулюємо відповідь

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 28,4 \text{ г}$$

Приклад 3

Спалили метан масою 48 г. Обчисліть масу (г) витраченого кисню, якщо під час реакції утворилися карбон(IV) оксид і вода.

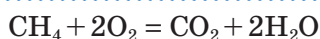
Аналізуємо умову: нам відома маса метану.

Відомо: $m(\text{CH}_4) = 48 \text{ г}$.

Необхідно обчислити масу кисню

Обчислити: $m(\text{O}_2)$

Записуємо рівняння реакції



Перед складанням пропорції варто всі дані в грамах перевести в молі

$$\begin{aligned} n(\text{CH}_4) &= \frac{m(\text{CH}_4)}{M(\text{CH}_4)} = \frac{48 \text{ г}}{(12 + 4 \cdot 1) \text{ г/моль}} = \\ &= 3 \text{ моль} \end{aligned}$$

Складаємо пропорцію: ми знаємо кількість речовини метану, а не відома маса кисню, тож необхідно скласти відношення кількостей речовини метану й кисню

$$\frac{n(\text{CH}_4)}{n(\text{O}_2)} = \frac{1}{2}$$

В отриманому рівнянні не відома кількість речовини кисню, тож перетворюємо його для обчислення

$$n(\text{O}_2) = n(\text{CH}_4) \cdot 2 = 3 \text{ моль} \cdot 2 = 6 \text{ моль}$$

За відомою кількістю речовини кисню визначаємо його масу

$$m(\text{O}_2) = n(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 6 \text{ моль} \cdot 32 \text{ г/моль} = 192 \text{ г}$$

Формулюємо відповідь

$$m(\text{O}_2) = 192 \text{ г}$$

Приклад 4

Розчин кальцій хлориду масою 500 г із масовою часткою розчиненої речовини 1,11 % змішали із содою Na_2CO_3 , взятою в достатньому для реакції об'ємі. Під час реакції утворилися кальцій карбонат CaCO_3 і натрій хлорид. Обчисліть масу (г) утвореного кальцій карбонату.

Аналізуємо умову: нам відома маса розчину кальцій хлориду та масова частка солі в ньому.

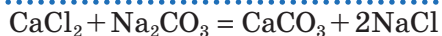
Відомо: $m(\text{розчину CaCl}_2) = 500 \text{ г},$

$w(\text{CaCl}_2) = 1,11 \%, \text{ або } 0,0111.$

Необхідно обчислити масу кальцій карбонату

Обчислити: $m(\text{CaCO}_3)$

Записуємо рівняння реакції



Використовуємо формулу для обчислення масової частки речовини в розчині.

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

$$w(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{m(\text{розчину CaCl}_2)}$$

Обчислюємо масу кальцій хлориду.

$$m(\text{CaCl}_2) = m(\text{розчину CaCl}_2) \cdot w(\text{CaCl}_2) = 500 \text{ г} \cdot 0,0111 = 5,55 \text{ г}.$$

Обчислюємо кількість речовини кальцій хлориду

$$n(\text{CaCl}_2) = \frac{m(\text{CaCl}_2)}{M(\text{CaCl}_2)} = \frac{5,55 \text{ г}}{(40 + 2 \cdot 35,5) \text{ г/моль}} = 0,05 \text{ моль}$$

Складаємо пропорцію: відома кількість речовини кальцій хлориду, а не відома маса кальцій карбонату, тож необхідно скласти відношення їхніх кількостей речовини

$$\frac{n(\text{CaCl}_2)}{n(\text{CaCO}_3)} = \frac{1}{1}$$

Відношення дорівнює 1:1, тож кількості речовин однакові

За відомою кількістю речовини кальцій карбонату визначаємо його масу

Формулюємо відповідь

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCl}_2) = 0,05 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 0,05 \text{ моль} \cdot (40 + 12 + 3 \cdot 16) \text{ г/моль} = 5 \text{ г}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = 5 \text{ г}$$

Робота з інформацією

- 53.** Визначте відношення кількостей речовини реагентів для реакції одержання купрум(2+) оксиду з простих речовин.
- 54.** Обчисліть кількість речовини фосфор(V) оксиду, що утвориться під час реакції фосфору кількістю речовини 2 моль із киснем. Яка кількість речовини кисню витратиться під час реакції?
- 55.** Гашене вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (кальцій гідроксид) використовують для зменшення кислотності ґрунтів і в будівництві. Обчисліть кількість речовини кальцій гідроксиду, що утворюється внаслідок взаємодії води з кальцій оксидом: а) кількістю речовини 0,5 моль; б) масою 7 г.
- 56.** Запишіть рівняння реакції амоніаку NH_3 із киснем з утворенням азоту N_2 й води. Обчисліть масу кисню, який необхідний для спалювання амоніаку кількістю речовини 24 моль. Обчисліть маси кожного з продуктів реакції.
- 57.** Для випікання хліба й тістечок часто використовують харчовий розпушувач, який робить тісто пухким. Популярним розпушувачем є амоній гідрокарбонат NH_4HCO_3 . Під час випікання він розкладається з утворенням газів:

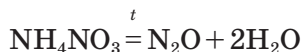


Обчисліть масу такого розпушувача, необхідного для одержання вуглекислого газу кількістю речовини 0,15 моль.



58. Карбон(IV) оксид можна одержати спалюванням (реакцією з киснем) вуглецю або метану CH_4 . Обчисліть, якої речовини й у скільки разів більше (за масою) необхідно для одержання вуглекислого газу масою 55 г.

59. У сільському господарстві широко використовують амоніачну селітру як азотне добриво. За нагрівання така селітра розкладається:



Обчисліть масу амоніачної селітри, необхідної для одержання нітроген(I) оксиду масою 5 г.



60. Для знезараження води на водоочисних спорудах часто використовують натрій гіпохлорит NaClO . У воді він може розкладатися з утворенням натрій хлориду та кисню. Запишіть хімічне рівняння цієї реакції та обчисліть масу натрій хлориду, який залишиться у воді, у разі використання натрій гіпохлориту масою 5 кг.

61. Для зварювання рейок на залізниці часто використовують термітну суміш — суміш алюмінію з ферум(3+) оксидом. За нагрівання суміші утворюються залізо й алюміній оксид. Запишіть хімічне рівняння цієї реакції та обчисліть масу заліза, яке можна одержати з ферум(3+) оксиду масою 54 г.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

62. Створіть модель реакції горіння метану CH_4 подібно до того, як це зроблено в цьому параграфі на с. 55.

63. У яких кількісних відношеннях слід змішати залізо із сіркою для одержання ферум(2+) сульфід? Обчисліть маси реагентів, які необхідні для одержання ферум(2+) сульфід кількістю речовини 1 моль.

О, я просто в захопленні!

Головне — пам'ятати, що хімічні речовини реагують у певних, чітко визначених відношеннях. Кількості речовин усіх «учасників» реакції відносяться, як стехіометричні коефіцієнти в рівнянні реакції. Для реакції $aA + bB = cC$ справедливе відношення:

$$\frac{n(A)}{n(B)} = \frac{a}{b}, \text{ або } \frac{n(A)}{n(C)} = \frac{a}{c}, \text{ або } \frac{n(B)}{n(C)} = \frac{b}{c}$$

Це нібито складати «рецепти» для хімічних реакцій.

Самооцінювання за темою
«Пізнаємо кількісні закони хімії»

[rnk.com.ua/
110183](http://rnk.com.ua/110183)



Рефлексуємо щодо теми

ПІЗНАЄМО КІЛЬКІСНІ ЗАКОНИ ХІМІЇ

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

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- які умови науковці називають нормальними;
- якщо озон нас захищає, то чому він небезпечний;
- що в хімії антонім до слова «кислий» — зовсім не «солодкий»;
- чому чадний газ називають «тихим убивцею»;
- чому водень називають паливом майбутнього.

Теми довготривалих проєктів

1. Озон у повітрі. Запропонуйте спосіб визначення озону в повітрі.
2. Альтернатива природному газу: використання різних видів палива нашою громадою.
3. Перспективи одержання біогазу та «зеленого» водню в Україні.
4. STEAM-проєкт «Дослідження зміни температури реакційної суміші». (Дослідження зміни температури реакційної суміші розчину луку (або солі) та кислоти з отриманням результатів у реальному часі.)
5. STEAM-проєкт «Дослідження якості повітря». (Створення приладу для визначення вмісту газів у повітрі з використанням датчиків для вимірювання концентрації кисню, вуглекислого й чадного газів, сірководню тощо. Дослідження вмісту цих газів у повітрі на різних локаціях: у школі, парку, поблизу автомагістралі тощо).

Створіть лепбук на одну з тем

- Склад повітря.
- Колообіг хімічних елементів у природі: Оксигену, Нітрогену, Карбону.



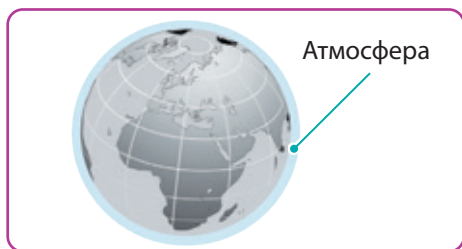
Я знаю, що повітря важливе для дихання, оскільки в ньому є кисень. А що ще є в повітрі? Ми вивчаємо хімію, то, гадаю, можемо якось це визначити.

Ми говорили про це на уроках природознавства, але я не розумію, як з'ясували склад повітря.

Цікаво, чи можна якось експериментально довести, що повітря складається з багатьох газуватих речовин?

Атмосфера й повітря

Навколо нашої планети існує газувата оболонка, яку називають *атмосферою* (мал. 8.1). Усі ми живемо на «дні» цього повітряного океану. Загальну товщину атмосфери вважають близько 1000 км, але більшість газів міститься в шарі заввишки не більше 100 км від поверхні Землі, які називають щільними шарами атмосфери. На тлі земної кулі атмосфера майже не помітна (мал. 8.2).



Мал. 8.1. Атмосфера Землі — це порівняно тонкий газовий шар навколо нашої планети. Приблизно п'яту частину нижніх шарів атмосфери становить кисень



Мал. 8.2. Із космосу шар земної атмосфери на вигляд дуже тонкий

Повітрям зазвичай називають ту частину атмосфери, що є природним середовищем існування організмів, зокрема, люди-ни, — це приземний шар заввишки близько 5 км.

Склад повітря



Поміркуйте

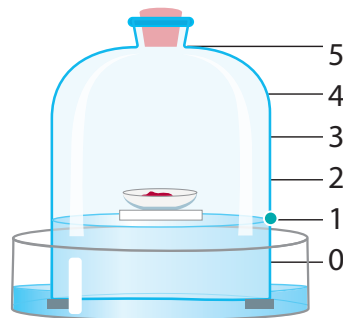
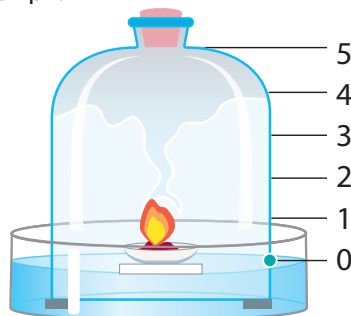
Те, що повітря не є простою речовиною, а є сумішшю газів, свого часу експериментально намагалися довести багато науковців. З-поміж них — польський алхімік-філософ Міхал Сендзівуї (Michał Sędziwój) і шотландський хімік Джозеф Блек (Joseph Black). Сформулюйте гіпотезу про спосіб, у який вони змогли це довести. Які відомі вам гази можуть бути складниками повітря?



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Змоделюємо дослід зі встановлення складу повітря.

1. У широкий кристалізатор наливаємо воду.
2. На плотик поміщаємо порцелянову чашу з фосфором і накриваємо скляним куполом так, щоб під ним легко переміщувалася вода.
3. Крізь отвір у куполі підпалюємо фосфор і отвір одразу закорковуємо.
4. Спостерігаємо горіння фосфору з утворенням твердого продукту реакції — фосфор(V) оксиду.
5. Через певний час горіння фосфору припиняється, хоча в чаші його ще трохи залишилося.
6. Після припинення горіння фосфору й охолодження приладу до початкової температури рівень води в куполі піднявся, зайнявши приблизно $1/5$ частину простору всередині.



Поміркуйте

Чому піднявся рівень води в куполі та чому саме на таку висоту?

Із природничих курсів ви знаєте, що єдиний газ у повітрі, який підтримує дихання та горіння, — це кисень. Під час горіння фосфору витрачається саме кисень, а цей простір під скляним куполом займає вода. Ми експериментально довели, що кисень становить приблизно 1/5 частину повітря (за об'ємом).

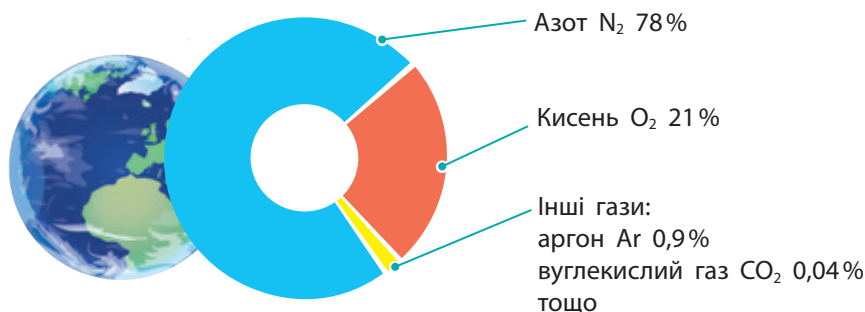


Дізнайтеся більше

Перші досліди зі встановлення складу повітря здійснив англійський науковець Генрі Кавендиш. Він, спалюючи різні речовини в повітрі, зафіксував, що завжди витрачалася однакова частка повітря. Результати дослідів не залежали від місця проведення експериментів (у місті, за його межами та в іншій країні).

Повітря — це складна суміш близько 15 різних газів. Основними компонентами повітря є азот, кисень і аргон (мал. 8.3). Інші компоненти повітря — це вуглекислий газ, неон, гелій, метан тощо. Склад повітря дещо змінюється залежно від місцевості, погодних умов і висоти над рівнем моря. Приміром, водяної пари в повітрі у вологу й теплу погоду більше, ніж у суху й холодну. Вуглекислий газ утворюється внаслідок процесів горіння та дихання, тому в повітрі великих міст його більше, ніж над лісами й морями. Унаслідок гниття в повітрі з'являється гідроген сульфід H_2S (сірководень).

Об'ємні частки азоту й кисню в повітрі в різних місцевостях майже постійні. Але з підйомом вище від рівня моря число молекул кисню й азоту в одиниці об'єму повітря потроху зменшується.



Мал. 8.3. Склад сухого повітря поблизу поверхні Землі (за об'ємом)



Саме тому під час подорожі високо в горах важче дихати. У верхніх, дуже розріджених шарах атмосфери кисню майже немає.

У зачинених і непровітрюваних приміщеннях (там, де є люди) внаслідок дихання може накопичуватися багато вуглекислого газу. Повітря, що містить понад 0,1 % вуглекислого газу, стає небезпечним для людини. Тому слід регулярно провітрювати приміщення.

Робота з інформацією

64. Знайдіть інформацію щодо досліджень М. Сендзівуя та Дж. Блека. Результати яких експериментів цих науковців мали б підтвердити висновок, що повітря є сумішшю газів? Чи підтвердилася ваша гіпотеза, яку ви сформулювали під час уроку?
65. Підготуйте повідомлення про встановлення складу повітря Генрі Кавендишем.
66. Загальновідомо, що кисень украй необхідний для дихання. Утім у медицині відомий небезпечний стан — киснева інтоксикація, або отруєння киснем. У додаткових джерелах дізнайтеся про токсичність кисню та за яких умов він може бути небезпечним. Презентуйте результати вашого інформаційного дослідження в класі.

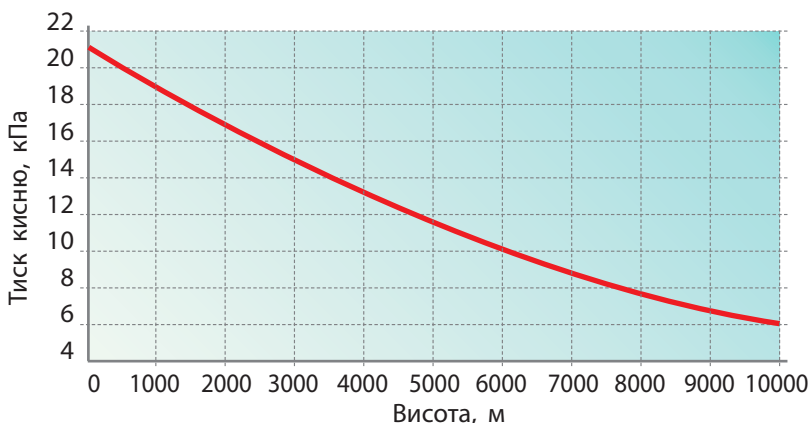
Розуміння явищ природи (робота в групах)

67. Запропонуйте ознаки, за якими можна класифікувати повітря.
68. Чи можна використовувати термін «молекула повітря»? Відповідь поясніть.
69. За описом дослідження на с. 64 дайте відповіді на запитання.
 - Яка властивість атмосфери зумовлює підймання рівня води?

- Запишіть хімічне рівняння горіння фосфору.
- Фосфор(V) оксид — тверда речовина. Яким спостереженням під час досліду можна це довести?
- Якби продуктом згоряння фосфору була газувата речовина, то чи фіксували б ми такі самі результати?
- У порцеляновій чаші після припинення горіння ще залишився фосфор. Чи залишиться за цих умов кисень під куполом?
- Чи змогли б ви зробити такий самий висновок, якщо б фосфор згорів повністю?
- Як впливає зміна температури газової суміші під час згоряння на рівень води під куполом?

70. Для експерименту зі встановлення складу повітря Генрі Кавендиш змішав азот, виділений із повітря, з киснем. Через цю суміш він тривалий час пропускав електричний струм, а продукти реакції розчиняв у воді. Як би він не повторював дослід, усе одно над водою залишалася бульбашка газу об'ємом близько $1/120$ від початкового об'єму азоту. Лише через 100 років було встановлено, що це за газ. Як ви вважаєте, який саме газ одержав Кавендиш?

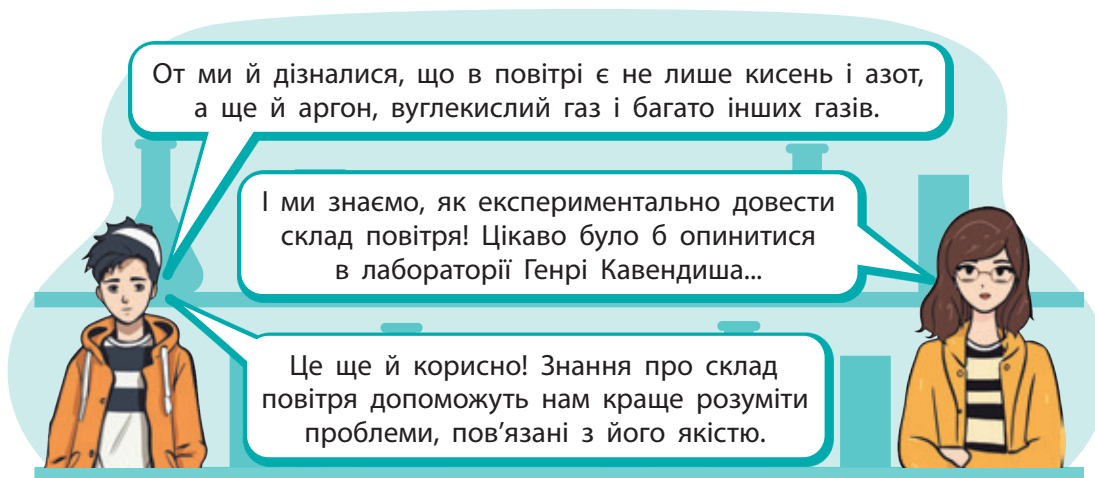
71. Як вам відомо з курсу фізики, атмосферний тиск знижується зі збільшенням висоти над рівнем моря. У нижніх шарах атмосфери об'ємна частка кисню майже не змінюється. Унаслідок зниження атмосферного тиску знижується також і тиск, зумовлений наявністю кисню в повітрі. На графіку наведено залежність тиску кисню від висоти (до 10 км).



Проаналізуйте графік і дайте відповіді на запитання.

- Зазвичай людина відчуває нестачу кисню, якщо його тиск становить менше 14 кПа. До якої висоти може піднятися людина, щоб не відчувати нестачі кисню?
- Чи відчуватиме людина нестачу кисню на вершині Говерли? (Висоту гори за потреби дізнайтеся з додаткових джерел.)
- За тиску кисню менше 12 кПа у фізично нетренованої людини можуть виявлятися симптоми гіпоксії (нестачі кисню): задишка, втома, запаморочення тощо. Висота, на якій курсують пасажирські літаки (крейсерська висота), становить близько 10 км. Чи зможуть пасажирів вільно дихати, якщо на цій висоті станеться розгерметизація салону літака? До якої максимальної висоти командир повітряного судна має знизити літак, щоб пасажирів не знепритомніли?
- За тиску кисню менше 10 кПа для підтримування багаття треба вживати додаткових заходів. Як ви вважаєте, чи можна розвести багаття на вершині Евересту? (Потрібну інформацію дізнайтеся з додаткових джерел.)

72. Уміст яких компонентів повітря помітно відрізнятиметься від зазначеного в параграфі залежно від місця перебування: а) поблизу вугільної ТЕС; б) у лісі; в) у великому місті; г) у відкритому океані; д) на болоті; е) на сміттєзвалищі?

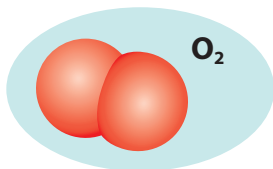


Ми так часто чуємо про кисень на різних уроках, що мені здається — це найдивовижніша речовина у світі.

Так, цікаво було б його побачити, а ще й доторкнутися...

Ти вважаєш, що можна доторкнутися до газу? Не уявляю... Але я впевнений, ми ще дізнаємося багато нового про кисень.

Фізичні властивості кисню



Хімічна формула й модель молекули кисню



Рідкий кисень блакитний

Кисень:

- за кімнатної температури газ без кольору, смаку, запаху; рідкий кисень — рухома блідо-блакитна рідина, твердий кисень — сині кристали;
- розчинність у воді: за 0°C в 1 л води розчиняється 10,2 мл кисню, за 20°C — 6,7 мл;
- густина за 0°C та нормального атмосферного тиску — 1,43 г/л (густина повітря за цих умов — 1,29 г/л);
- $t_{\text{кип.}} = -183^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{пл.}} = -219^{\circ}\text{C}$;
- парамагнітний (рідкий і твердий кисень притягується магнітом).



rnk.com.ua/
110971

Джозеф Прістлі

(1733–1804)

Англійський хімік, першим
відкрив кисень

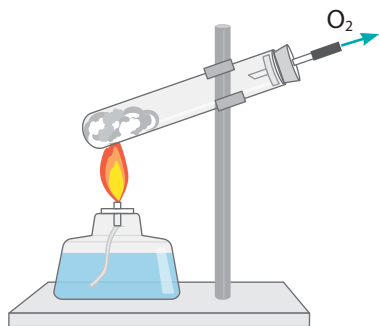


rnk.com.ua/
110972

Карл Вільгельм Шеєле

(1742–1786)

Шведський хімік-самоук,
відкрив кисень незалежно
від Джозефа Прістлі

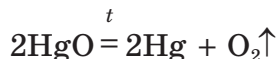


Мал. 9.1. Одержання кисню
розкладанням
бертолетової солі

Перше знайомство з киснем

Кисень був відкритий 1774 року Джозефом Прістлі. Науковець досліджував гази, що утворюються внаслідок розжарювання різних речовин сонячними променями, сфокусованими за допомогою лінзи.

Для одержання кисню Прістлі прожарював ртутній(2+) оксид HgO в пробірці, наповненій ртуттю, унаслідок чого виділявся кисень:



Розкладання бертолетової солі

Зручним способом одержання кисню наприкінці XVIII століття став процес розкладання бертолетової солі (калій хлорату) KClO_3 , відкритої Клодом Луї Бертолле.

За нагрівання бертолетова сіль спочатку плавиться (357°C), а за температури близько 400°C починає виділятися безбарвний газ (мал. 9.1):



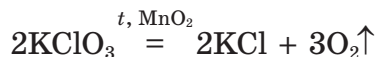
Для прискорення цього процесу до бертолетової солі можна додати невелику порцію порошку манган(IV) оксиду MnO_2 : кисень починає виділятися за значно нижчої температури ($\approx 200^\circ\text{C}$). Манган(IV) оксид у цій реакції не витрачається, він лише прискорює її.

Такі речовини називають *каталізаторами*, а явище пришвидшення реакції — *каталізом*.



Каталізатори — це речовини, які змінюють швидкість хімічної реакції, проте самі в ній не витрачаються.

Аби підкреслити, що каталізатор потрібний лише для пришвидшення реакції, у хімічних рівняннях формули каталізаторів записують як умову здійснення над знаком «дорівнює»:



Розкладання калій перманганату

Кисень у лабораторії також зручно одержувати з калій перманганату KMnO_4 (мал. 9.2).

За нагрівання до 230°C фіолетово-чорні блискучі кристали калій перманганату розкладаються:



Під час розкладання калій перманганат дуже розтріскується, тому в пробірку слід помістити ватяний тампон для запобігання потраплянню часточок твердих речовин у газовідвідну трубку.



Мал. 9.2. Із калій перманганату одержують кисень у лабораторії



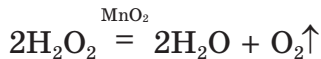
Дізнайтеся більше

Калій перманганат KMnO_4 поширений у медицині під назвою «марганцівка». Його використовують у вигляді дуже розбавленої розчину для промивання шлунка в разі отруєння.

Розкладання гідроген пероксиду

У шкільних лабораторіях кисень одержують переважно розкладанням гідроген пероксиду H_2O_2 , який у побуті відомий як перекис водню.

Гідроген пероксид — нестійка речовина, він розкладається навіть за кімнатної температури (дуже повільно). За нагрівання розкладання дещо пришвидшується. Але якщо до розчину гідроген пероксиду додати дрібку манган(IV) оксиду, то реакція відбувається так швидко, що рідина ніби «закипає» — це виділяється кисень:



Після реакції в пробірці залишається суміш води та манган(IV) оксиду. Цю суміш легко розділити фільтруванням. У цій реакції MnO_2 є каталізатором, тож не витрачається під час її перебігу. У цьому легко впевнитися, якщо відфільтрований манган(IV) оксид знову додати до гідроген пероксиду для розкладання його нової порції.



Дізнайтеся більше

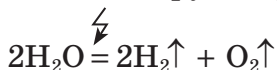
- Оскільки каталізatori в хімічних реакціях не витрачаються, то їх зазвичай додають до реагентів у невеликій кількості. Існує навіть вираз «дати в каталітичній кількості», що означає «дуже мало».
- Гідроген пероксид у побуті називають перекисом водню. Зазвичай використовують його 3–6%-й водний розчин для дезінфікування та гігієнічних процедур. Потрапивши на рану, гідроген пероксид під дією наявних у крові каталізаторів (ферментів, або ензимів) розкладається з виділенням кисню, який знищує бактерії й зупиняє кровотечу.

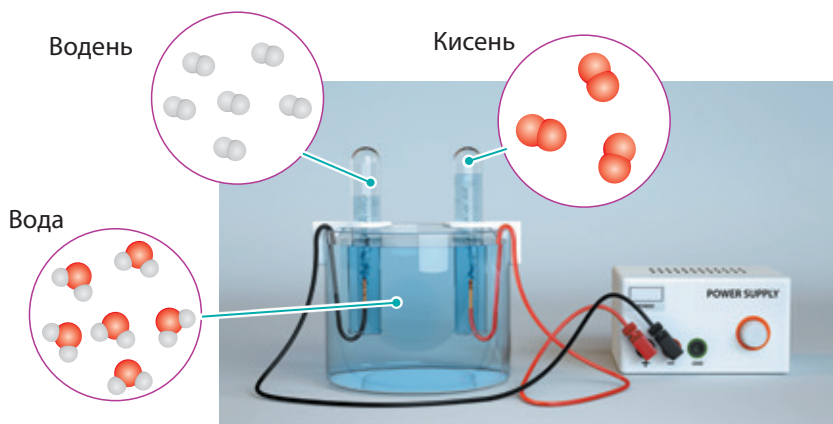


Концентровані розчини гідроген пероксиду (30–98 %) називають «пергидроль», їх зазвичай використовують у техніці та промисловості.

Розкладання води

Під дією постійного електричного струму вода розкладається на дві прості речовини — кисень і водень. Цей процес називають *електролізом* (мал. 9.3). У хімічних рівняннях дію електрики позначають символом «висока напруга» (блискавка):





Мал. 9.3. Одержання кисню електролізом води

Електроліз води відбувається повільно й потребує значних витрат електрики, але одержаний кисень є досить чистим, тому подеколи цей метод є доцільним.

Розглянуті способи одержання кисню називають лабораторними, оскільки їх використовують лише в лабораторіях. А от електролізом води можна одержувати кисень у промислових масштабах, що було реалізовано наприкінці XIX століття.

Робота з інформацією

- 73.** Знайдіть і презентуйте в класі інформацію про дослідження, які дали змогу відкрити кисень.
- 74.** Підготуйте повідомлення про відкриття й дослідження бертолетової солі, зокрема, про внесок Клода Луї Бертолле.
- 75.** У додаткових джерелах дізнайтеся більше про каталізатори: чому вони впливають на перебіг реакції, але не витрачаються.
- 76.** Обчисліть, у скільки разів густина кисню більша за густину повітря. Для обчислень використайте дані з параграфа.
- 77.** У хімічну склянку налили розчин гідроген пероксиду масою 400 г і додали дрібку манган(IV) оксиду. Після завершення виділення бульбашок газу в склянці залишилася вода масою 375 г. Обчисліть: а) масу утвореного кисню; б) масову частку гідроген пероксиду в початковому розчині.

78. Порівняйте масові частки Оксигену в калій перманганаті та бертолетовій солі.
79. Обчисліть масу кисню, який можна одержати з: а) бертолетової солі масою 1 кг; б) калій перманганату масою 1 кг. Яку із цих двох речовин вигідніше використовувати для одержання кисню (якщо припустити, що в них однакова вартість)? Обчисліть об'єми одержаного кисню в кожному разі (за температури 0 °C й нормального атмосферного тиску). Для обчислень використайте дані з параграфа.
80. Як ви вважаєте, що означають терміни «лабораторний спосіб одержання» та «промисловий спосіб одержання»? Яким критеріям мають відповідати лабораторні способи одержання речовин, а яким — промислові? Порівняйте їх, склавши діаграму Венна.

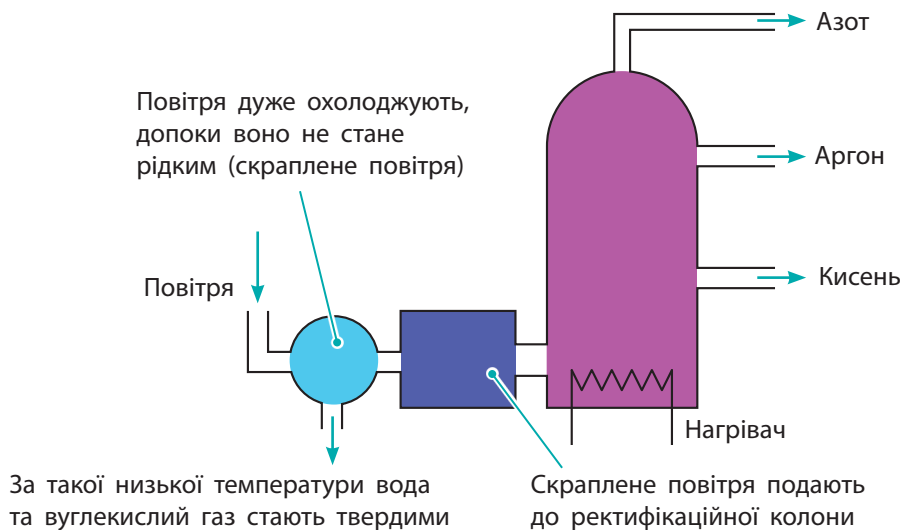
Розуміння явищ природи (робота в групах)

81. З якою метою працівники рибних господарств прорубують узимку ополонки на річках і озерах?
82. Як ви вважаєте, чи можна виділити чистий кисень із повітря дією магніту, якщо інші складники повітря магнітом не притягуються?
83. Уявіть, що перед вами дві однакові закриті колби, наповнені за однакових умов повітрям і киснем однакового об'єму. Як можна визначити, у якій колбі міститься кисень, не відкриваючи колби?
84. Із підвищенням температури розчинність газів у воді зменшується. Чи можна наповнювати акваріум із рибами кип'яченою охолодженою водою? Поясніть свою думку.
85. Як ви вважаєте, чи впливає кількість доданого каталізатора на швидкість реакції? Чому каталізатори можна додавати в невеликих кількостях?
86. Як зміниться стан терезів, якщо в порожню склянку, яка врівноважена на терезах, крізь трубочку додати кисень?
87. Карл Шеєле відкрив кисень раніше, ніж Джозеф Прістлі, але опублікував результати своїх досліджень пізніше. Тому першовідкривачем кисню вважають Прістлі. Чи згодні ви з таким принципом визначення першості? Наведіть свої аргументи («за» або «проти»).
88. Назву кисню (*oxygen*) дав Антуан Лавуазьє після дослідження його властивостей. Першовідкривачі називали кисень інакше: Джозеф

Прістлі — «поліпшеним повітрям», а Карл Шеєле — «вогненним повітрям». Як ви вважаєте, на що зважали науковці, даючи такі назви відкритому газу?

89. За матеріалом параграфу висловіть припущення, що економічно вигідніше: одержувати кисень нагріванням бертолетової солі без каталізатора чи з витратами на каталізатор.
90. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про значення каталізаторів у промисловості, техніці та в живих організмах. Презентуйте результати свого дослідження в класі.
91. Одержання кисню електролізом потребує великих витрат на електрику. Кисень у промисловості одержують переважно ректифікацією¹. Проаналізуйте схему цього процесу.

Розділення газів повітря



- За схемою схарактеризуйте цей спосіб розділення газів повітря.
- Одержання кисню ректифікацією скрапленого повітря ґрунтується на фізичних чи хімічних явищах?
- Назвіть два способи розділення сумішей, які використовують у цьому процесі.
- Оцініть (приблизно) температуру скрапленого повітря.

1 Про ректифікацію можете повторити за підручником хімії 7-го класу на с. 163.

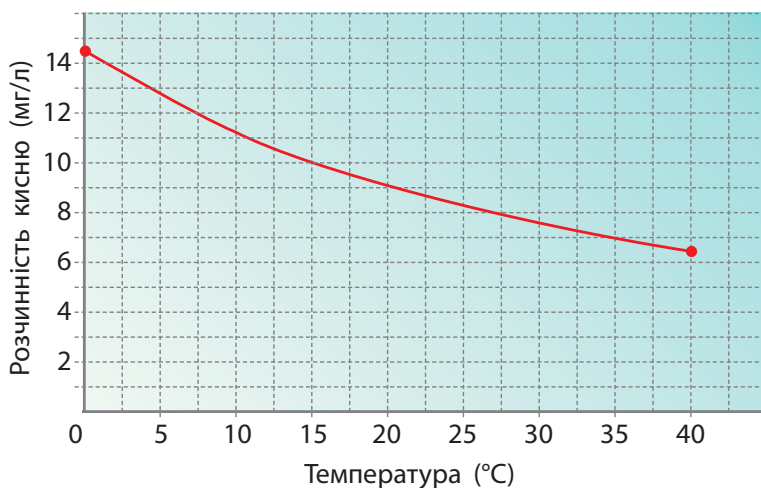
- Температура кипіння якої речовини вища: азоту чи аргону? аргону чи кисню?
- Поясніть різницю прибутковості двох промислових способів одержання кисню: електролізом води та ректифікацією повітря.

92. За кількістю реагентів і продуктів реакції з-поміж відомих реакцій можна виділити, зокрема, такі:

- реакції *сполучення*, які можна описати схемою $A + B = AB$;
- реакції *розкладу* за схемою $AB = A + B$.

Проаналізуйте методи одержання кисню, описані в параграфі. До якого типу реакцій — сполучення чи розкладу — вони належать? Відповідь поясніть. Сформулюйте визначення для цього типу реакцій.

93. Поліна та Сергій досліджували залежність розчинності кисню у воді від температури. За результатами роботи створили графік. Проаналізуйте графік і дайте відповіді на запитання.



- Схарактеризуйте залежність розчинності кисню у воді від температури.
- У водах якого океану — Північного Льодовитого чи Індійського — уміст кисню більший? Аргументуйте свою думку.
- Визначте оптимальну температуру в акваріумі, якщо для життєдіяльності риб мінімальний уміст кисню — 8 мг на 1 л води.

- Як підвищення температури води в озері внаслідок глобального потепління клімату може вплинути на популяцію риб? Які наслідки впливу глобального потепління на екологічний баланс у водоймах?
- Як температура може впливати на якість питної води, зокрема, на наявність патогенних анаеробних мікроорганізмів?
- За результатами дослідження Сергій зробив висновок, що в Північному Льодовитому океані найбільше біорізноманіття з-поміж усіх океанів. Оцініть правильність цього твердження, наведіть аргументи для його підтвердження або спростування.
- Поліна стверджує, що навіть за покриття водойми кригою взимку в озері риби зможуть вижити. Оцініть правильність цього твердження, наведіть аргументи «за» або «проти».

94. Одержаний у промисловості кисень (як газуватий, так і скраплений) треба правильно зберігати та доставляти до споживачів. Залежно від агрегатного стану кисню, його зберігають у різні способи, як зображено на малюнках.

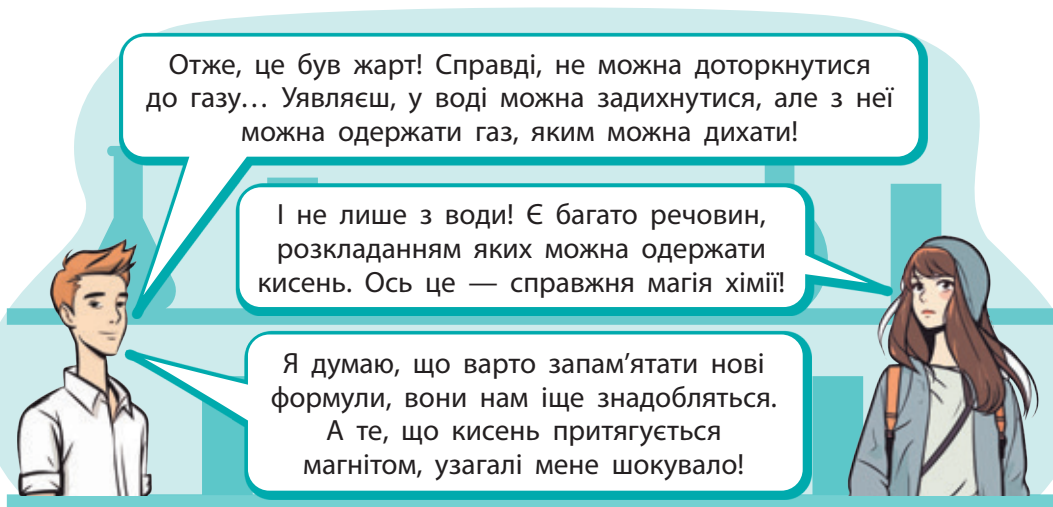
- Як ви вважаєте, у яких посудинах зберігають газуватий кисень, а в яких — скраплений? Відповідь поясніть.
- За схемою влаштування посудини Дьюара поясніть, на чому ґрунтується зберігання кисню в необхідному агрегатному стані. Які є обмеження використання посудин Дьюара? За необхідності зверніться до додаткових джерел інформації.
- Які побутові аналоги посудини Дьюара ми використовуємо в щоденному житті?



Балони з киснем, пофарбовані в синій колір



Посудина Дьюара: зовнішній вигляд і загальна схема



Отже, це був жарт! Справді, не можна доторкнутися до газу... Уявляєш, у воді можна задихнутися, але з неї можна одержати газ, яким можна дихати!

І не лише з води! Є багато речовин, розкладанням яких можна одержати кисень. Ось це — справжня магія хімії!

Я думаю, що варто запам'ятати нові формули, вони нам іще знадобляться. А те, що кисень притягується магнітом, узагалі мене шокувало!

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 1

«Одержання кисню»



rnk.com.ua/
110973

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити одержання, збирання та виявлення кисню.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: конічна колба об'ємом 100–200 мл, пробірка, корок із газовідвідною трубкою, деревна скіпка, кристалізатор, хімічна склянка об'ємом 50–100 мл, аркуш паперу, спиртівка.

Реактиви: розчин гідроген пероксиду (аптечний, 3 %), каталізатор (сухі пекарські дріжджі або манган(IV) оксид), природні джерела каталізаторів (шматочки сирого м'яса, фрагменти кімнатних рослин (наприклад, листки алое) та сирих овочів (картоплі, моркви, буряка тощо).

■ Визначаємо ризики

Для досліду ви маєте використовувати розчин гідроген пероксиду та спиртівку. Визначте ризики роботи із цим обладнанням і речовинами. Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

Моделюємо

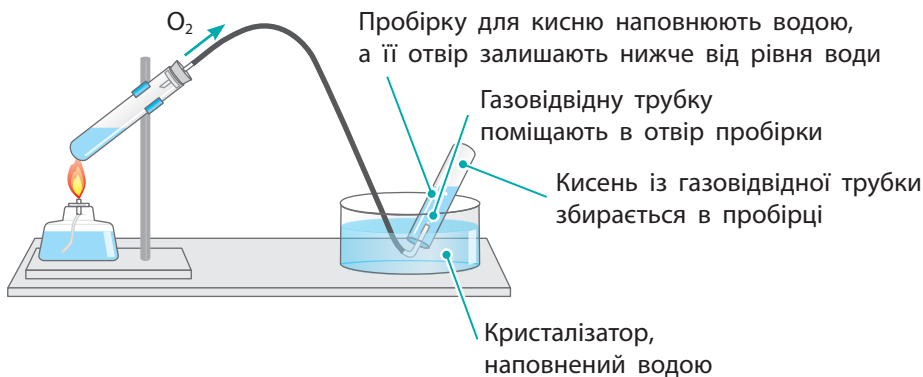
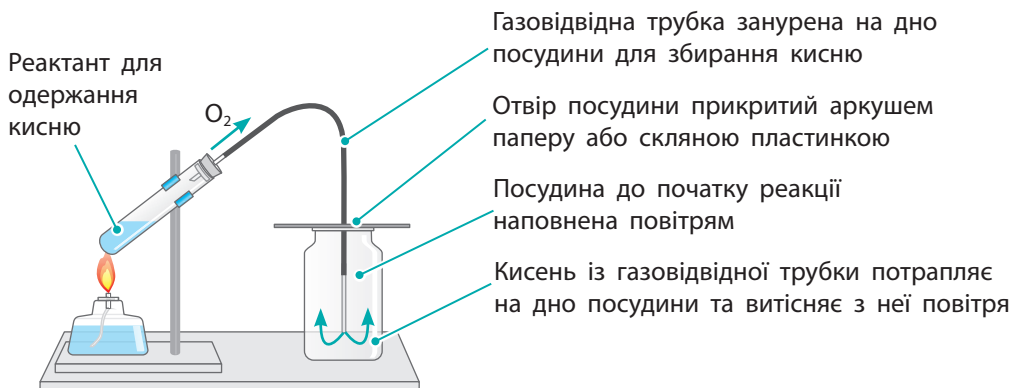
Якщо кисень одержувати у відкритій посудині (пробірці, колбі, хімічній склянці), то він потраплятиме в повітря. А для вивчення його властивостей кисень слід зібрати в посудину.



Поміркуйте

За фізичними властивостями кисню (§ 9) сформулюйте гіпотезу: як можна зібрати одержаний кисень у посудину.

Збирання газів у лабораторії зазвичай здійснюють двома способами: *витісненням повітря* або *витісненням води*.



Коли пробірка заповниться киснем, її закорковують і лише потім виймають із води та перевертають



Поміркуйте

На якій фізичній властивості кисню ґрунтується спосіб його збирання витісненням повітря, а на якій — витісненням води?

Чи підтвердилася ваша гіпотеза?

Чому під час збирання кисню витісненням повітря отвір посудини прикривають?

Чому під час збирання кисню витісненням води пробірку після наповнення водою слід залишити так, щоб її отвір був нижче від рівня води?

Зважаючи на розчинність кисню у воді (див. § 9), поясніть можливість збирання кисню витісненням води.

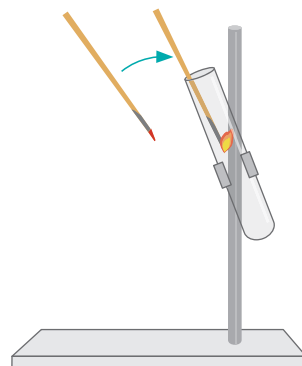
Якщо ви одержуєте та збираєте певну речовину, ви маєте бути впевненими, що одержали й зібрали саме ту речовину, що планували.



Поміркуйте

Ґрунтуючись на знаннях про повітря та кисень, запропонуйте спосіб доведення наявності кисню в посудині.

Щоб довести, що газ, яким ви наповнили пробірку або іншу посудину, — це кисень, треба до отвору посудини піднести тліючу скіпку або занурити її в пробірку. Якщо скіпка яскраво спалахує, то добутий газ — кисень.



Підтвердження наявності кисню в пробірці: тліюча скіпка, внесена в пробірку з киснем, спалахує



Поміркуйте

Чи підтвердилася ваша думка?

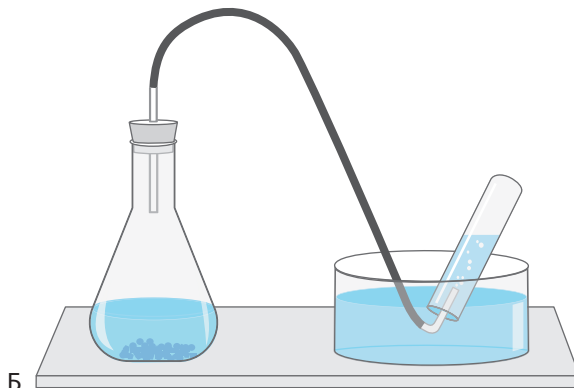
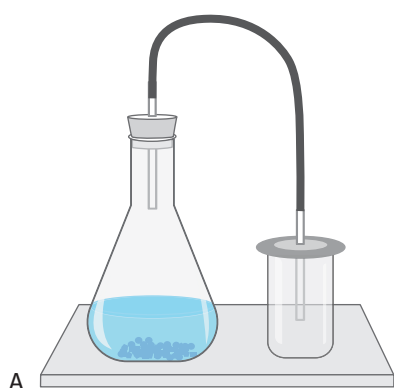
На якій властивості кисню ґрунтується цей спосіб?

■ Що ми маємо зробити?

I. Одержуємо, збираємо та виявляємо кисень

1. У конічну колбу насипте шпателем дрібку манган(IV) оксиду (або сухих пекарських дріжджів).
2. У колбу налейте 3%-й розчин гідроген пероксиду об'ємом 30–40 мл й одразу закрийте її корком із газовідвідною трубкою.

3. Вільний кінець газовідвідної трубки занурте на дно хімічної склянки та прикрийте її отвір аркушем цупкого паперу (мал. А).
4. Запаліть спиртівку. Від полум'я спиртівки запаліть деревну скіпку, дайте їй трохи прогоріти та загасіть її, щоб вона продовжувала тліти.
5. Піднесіть тліючу скіпку до краю хімічної склянки та тримайте її, доки не впевнитися, що вона цілком заповнилася киснем.
6. Поки хімічна склянка заповнюється киснем, налейте в кристалізатор воду, заповніть пробірку водою, закрийте її та помістіть отвором униз у кристалізатор. Відкрийте отвір пробірки.
7. Коли хімічна склянка заповниться киснем, перемістіть газовідвідну трубку в отвір пробірки й чекайте, доки пробірка не заповниться киснем (мал. Б).



8. Коли пробірка заповниться, закрийте її отвір, дістаньте, переверніть отвором догори, відкрийте та внесіть у неї тліючу скіпку.

II. Досліджуємо ефективність каталізаторів



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу: чи всі каталізатори однаково ефективно прискорюють хімічні реакції.

1. У різні пробірки помістіть наявні зразки природних джерел каталізаторів. У разі використання овочів або фрагментів рослин їх необхідно трішки розім'яти (щоб почав виділятися сік) або використовувати щойно відрізані шматочки.

- У кожну пробірку налейте розчин гідроген пероксиду об'ємом по 1–2 мл.
- Занотуйте спостереження в таблицю й оцініть каталітичну ефективність зразків. У таблиці позначте найбільш і найменш ефективні каталізатори.

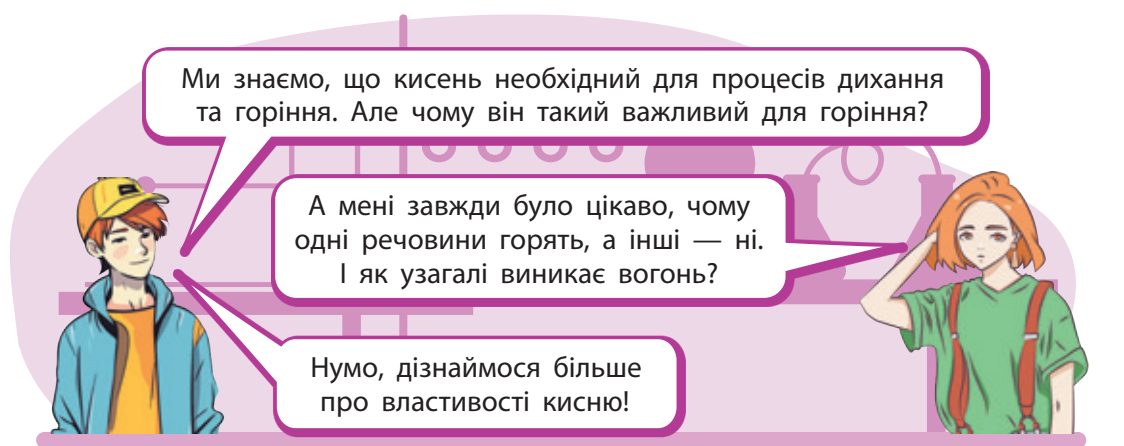
Зразок	Оцінка швидкості реакції	Найбільш / найменш ефективний

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

- Чи вдалося підтвердити/спростувати гіпотезу, сформульовану вами до початку дослідження?
- За якими ознаками можна дійти висновку, що гідроген пероксид розкладається? Як можна оцінити швидкість реакції?
- З якою метою використовують каталізатор у цьому дослідженні? Чи спостерігали ви його помітне «зникнення» впродовж реакції? Про що це може свідчити?
- Запропонуйте експеримент для доведення, що каталізатор після використання все ще зберігає каталітичну активність.
- Як ви вважаєте, чому в цьому дослідженні рекомендовано використовувати зразки сирих продуктів? Чи можна для дослідження використовувати відварені овочі або м'ясо?

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Що виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Де вам можуть знадобитися вміння, яких ви набули?
- Які чинники сприяли або заважали під час роботи?
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.



Ми знаємо, що кисень необхідний для процесів дихання та горіння. Але чому він такий важливий для горіння?

А мені завжди було цікаво, чому одні речовини горять, а інші — ні.
І як узагалі виникає вогонь?

Нумо, дізнаймося більше
про властивості кисню!

Реакції кисню з неметалами

Кисень — одна з хімічно найактивніших речовин. Ви вже знаєте, що він підтримує процеси дихання й горіння.

Унаслідок реакцій простих речовин із киснем утворюються бінарні сполуки з Оксигеном — *оксиди*. Це один із прикладів реакцій, які називають реакціями *окиснення*.

Більшість реакцій із киснем відбуваються бурхливо, з виділенням великої кількості теплоти й світла. Зазвичай такі реакції ми називаємо *горінням*.



Швидкий процес окиснення речовини, що супроводжується виділенням теплоти і, здебільшого, світла, називають **горінням**.



Поміркуйте

Ви вже спостерігали горіння деяких речовин у повітрі, приміром, на пікніку. А під час дослідження навчилися збирати чистий кисень. Сформулюйте гіпотезу: чи відрізнятиметься горіння речовин у повітрі та в чистому кисні.



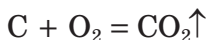
Розжаримо в полум'ї спиртівки шматочок деревного вугілля до почервоніння. У повітрі вугілля горить без утворення полум'я, про реакцію свідчить лише тьмяно-червоне світіння.



Помістимо розжарений шматочок деревного вугілля в чистий кисень. Вугілля продовжує горіти, не утворюючи полум'я, але набагато яскравіше, ніж у повітрі.



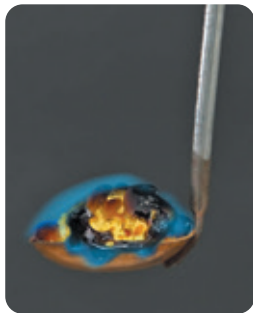
Продуктом згоряння деревного вугілля є карбон(IV) оксид — вуглекислий газ:



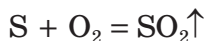
Помістимо в сталеву ложечку невеликий шматочок сірки й нагріємо на спиртівці. Сірка спочатку плавиться, а потім спалахує тьмяним синім полум'ям, яке за денного освітлення майже не видно.



У разі внесення палаючої сірки до посудини з киснем полум'я стає набагато яскравішим.



Унаслідок згоряння сірки утворюється задушливий сульфур(IV) оксид — сірчистий газ:



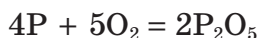


Фосфор на повітрі горить з утворенням білого задушливого диму.

У чистому кисні фосфор згоряє сліпучо-білим полум'ям.



Дим, що виділяється в процесі згоряння фосфору, утворений дрібними частинками твердого фосфор(V) оксиду:



Поміркуйте

Як за ознаками горіння можна довести, що фосфор(V) оксид — твердий, на відміну від вуглекислого та сірчастого газів?

За певних умов горіння може відбуватися дуже швидко, майже миттєво, речовина *вибухає*. Зазвичай це стається, коли горюча речовина хімічно дуже активна або дуже подрібнена. Так, борошно горючою речовиною назвати складно, але на борошномельних заводах траплялися випадки, коли завись у повітрі дрібно змеленого борошна вибухала від невеликої іскри.

Умови виникнення та припинення горіння



Поміркуйте

За розглянутими прикладами горіння неметалів сформулюйте гіпотезу: за яких умов може виникати горіння.

Займання речовини можливе за наявності трьох чинників, які утворюють так званий *трикутник вогню* (мал. 10.1 на с. 86).

Важливою умовою для виникнення горіння є *контакт горючої речовини з киснем*. Якщо в закритому просторі горить певна речовина, то кисень швидко витрачається й горіння може припинитися. Тому для підтримання безперервного горіння у вогнище має надходити повітря зі свіжими «порціями» кисню.

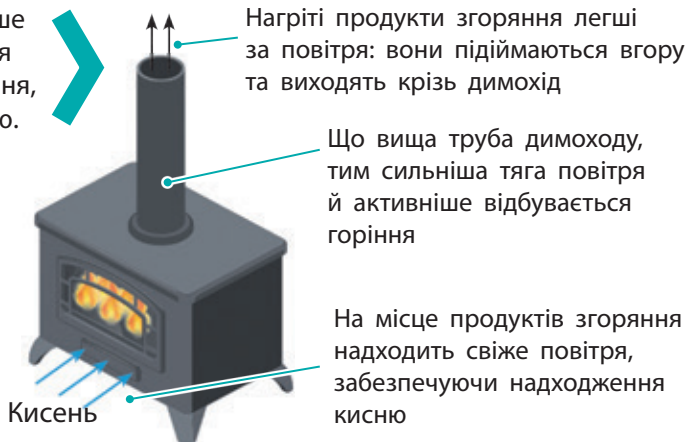


Мал. 10.1. Трикутник вогню



Ковалі, металурги та скловари спеціальними міхами спрямовують повітря або чистий кисень у вогнище, аби інтенсифікувати горіння, а отже, підвищити температуру полум'я.

Димар забезпечує не лише відведення шкідливих для людини продуктів згорання, але й надходження кисню.





Аби розпалити багаття чи загасле вугілля, на дрова (вугілля) нагнітають повітря.

Ще однією умовою горіння є те, що *речовина має бути нагріта до температури займання*. Навіть якщо речовина здатна горіти, вона може не зайнятися, доки її не нагріти до певної температури. Приміром, папір займається в повітрі за нагрівання до $230\text{ }^{\circ}\text{C}$, а бензин треба нагріти до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Зазвичай для досягнення температури займання речовину нагрівають (підпалюють сірником тощо). Якщо речовина вже зайнялася, вона продовжує горіти самостійно, оскільки під час горіння виділяється велика кількість теплоти, яка нагріває наступні порції речовини.



Поміркуйте

За трикутником вогню висловіть гіпотезу: як можна загасити вогонь.



Дізнайтеся більше

- Температура займання деяких речовин наближена до кімнатної. Такі речовини займаються в повітрі самі по собі, без нагрівання. Це явище називають *самозайманням*. До самозаймистих речовин належить білий фосфор, тому його не можна зберігати на повітрі, а лише під шаром води.
- Часто для гасіння вогню використовують воду. Але є речовини, які не можна гасити водою, до прикладу, бензин, гас тощо. Вони легші за воду, тому в разі спроби загасити їх водою спливають на поверхню й продовжують горіти, поширюючи полум'я на сусідні ділянки.

Не можна також гасити водою пожежу, спричинену несправним електрообладнанням.



Реакції кисню з металами

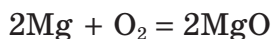


Поміркуйте

Висловіть гіпотезу: чи можуть метали горіти так само активно, як неметали.

Залежно від активності, деякі метали також можуть горіти (як у повітрі, так і в чистому кисні).

Активні метали, приміром магній, горять навіть у повітрі. Якщо підпалити магнієву стрічку в повітрі, то відбудеться реакція з утворенням білого порошку магній оксиду з виділенням великої кількості світла й теплоти:



Магній горить настільки активно, що загасити його водою або піском майже неможливо.

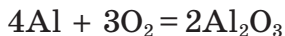


Дізнайтеся більше

Реакцію горіння магнію раніше використовували фотографи для створення світлового спалаху під час фотографування.



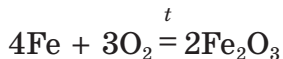
Горіти може також алюміній, але для цього його треба дуже подрібнити:



У разі внесення в полум'я порошок алюмінію загоряється, розкидаючи сніп іскор. А якщо такий порошок вдмухувати у вогонь, може статися вибух.

Порошок алюмінію іноді використовують як тверде паливо для ракетопосіїв.

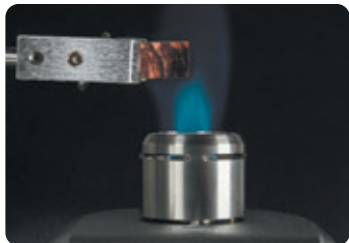
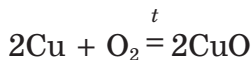
Залізо — не такий активний метал, як алюміній. Утім у чистому кисні можна створити умови, аби й залізо зайнялося:



Якщо подрібнити залізо в порошок і внести в полум'я пальника, то воно займеться, розкидаючи яскраві іскри — частинки розпеченого ферум(3+) оксиду.



Малоактивні метали взаємодіють із киснем не так бурхливо й не здатні горіти. Приміром, мідь і ртуть взаємодіють із киснем лише за нагрівання:



Унаслідок нагрівання в полум'ї пальника міді — металу червоного кольору — утворюється чорний купрум(2+) оксид.

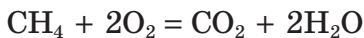
Деякі метали, як-от золото й платина, взагалі не реагують із киснем.

Взаємодія речовин із киснем може відбуватися повільно, без помітного виділення теплоти. Так, більшість виробів із заліза, міді й інших металів із часом утрачають блиск (тьмяніють) — покриваються шаром оксиду внаслідок взаємодії з киснем.

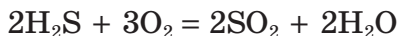
У такому разі горіння не спостерігається. Такі процеси називають *повільним окисненням*. Процеси повільного окиснення не такі помітні, як горіння, але трапляються не рідше, як уже згадане покривання металів шаром оксиду. Прикладами повільного окиснення речовин у природі є також *пріння* та *гниття*.

Взаємодія кисню зі складними речовинами

Унаслідок горіння деяких бінарних сполук утворюються оксиди двох хімічних елементів, якими вони утворені. Так, продуктами горіння метану CH_4 є два оксиди: карбон(IV) оксид і гідроген оксид:



Гідроген сульфід (сірководень) H_2S — газ із запахом тухлих яєць — згоряє в кисні також з утворенням двох оксидів: сульфур(IV) оксиду та гідроген оксиду:



Наведені реакції не відбивають усього різноманіття хімічних властивостей кисню, ми розглянули лише найважливіші з них. Із багатьма властивостями кисню ви ознайомитеся надалі.

Робота з інформацією

95. Порівняйте поняття «горіння», «повільне окиснення» та «вибух», склавши діаграму Венна.
96. Запишіть формули сполук: барій оксиду, купрум(1+) оксиду, хром(3+) оксиду, йод(V) оксиду, плюмбум(IV) оксиду.
97. Запишіть рівняння реакцій із киснем речовин: а) літію; б) кальцію; в) силіцію, якщо продуктом реакції є силіцій(IV) оксид.
98. Обчисліть масу (г) сірки, яка згоріла, якщо було витрачено кисень масою 11,2 г.
99. Унаслідок згорання сірковуглецю CS_2 утворюються карбон(IV) оксид і сульфур(IV) оксид. Обчисліть масу використаного кисню, якщо одержали сульфур(IV) оксид масою 19,2 г.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

100. Зважаючи на способи одержання та хімічні властивості кисню, спрогнозуйте можливості його застосування в різних галузях життя й промисловості. Перевірте свої прогнози за різними джерелами інформації.
101. Як ви вважаєте, чому в повітрі горіння відбувається повільніше, ніж у чистому кисні?

- 102.** У довкіллі зазвичай багато горючих речовин: трава, сухе опале листя, гілки дерев тощо. І, певна річ, навколо них є кисень. Чому ж вони не самозаймаються?
- 103.** Схарактеризуйте ознаки горіння. Що таке полум'я? Звідки береться дим? Звідки виникають теплота й світло?
- 104.** Прикладами якого типу реакцій — сполучення чи розкладу — є реакції кисню з металами та неметалами? Аргументуйте свою думку. (Пригадайте типи реакцій за завданням № 92 на с. 76.)
- 105.** Поясніть зміст поняття «температура займання». Як ви вважаєте, чи загориться сірка або деревне вугілля, якщо їх без попереднього нагрівання внести в посудину із чистим киснем?
- 106.** Поміркуйте, чому під час горіння деяких речовин, приміром, вугілля, не утворюється полум'я.
- 107.** За трикутником вогню (мал. 10.1) поясніть, на чому ґрунтуються способи гасіння полум'я, зображені на світлинах.



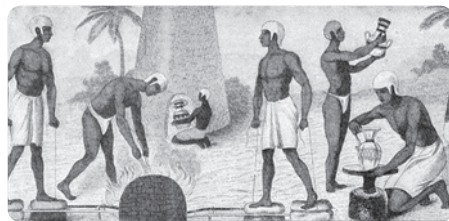
- 108.** Унаслідок горіння невідомої речовини утворилися сульфур(IV) оксид і вода. З яких хімічних елементів могла складатися ця речовина?
- 109.** Унаслідок згоряння певної речовини утворилися карбон(IV) оксид, вода й азот. Із яких хімічних елементів могла складатися ця речовина?
- 110.** Чи можливе перетворення горіння на повільне окиснення та навпаки? Поясніть свою відповідь на прикладі горіння деревини. Чи може пріле листя або сіно на повітрі спалахнути? Чому?
- 111.** Чи можна назвати іржавіння залізних виробів повільним окисненням? Поясніть свою думку.

112. Обговоріть, яка свічка з-поміж зображених на малюнку, загасне першою. Яка — останньою?



113. За правилами безпеки на підприємствах через загрозу пожежі заборонено тримати купами просочене мастилом ганчір'я (після обтирання верстатів тощо). Поясніть чому.
114. Рудокopi помітили, що від удару сталевю кіркою сухий мінерал пірит FeS_2 розкришується, і це супроводжується снопом яскраво-жовтих іскор. Від цього походить назва мінералу (від грець. *pi-ritos litos* — камінь, що висікає вогонь) і його застосування для добування вогню. Запишіть рівняння реакції горіння піриту, якщо продуктами реакції є ферум(3+) оксид і сульфур(IV) оксид.

115. Використовувати міхи для нагнітання повітря в багаття розпочали ще в Давньому Єгипті, що підтверджують знайдені малюнки. Як ви вважаєте, для яких процесів необхідна була висока температура полум'я?



116. Здавна на болотах і цвинтарях люди помічали «блукаючі вогні», які було видно лише в темряві. Вони лякали мандрівників, бо рухалися за повітрям: «гналися» за тими, хто від них біг, та «тікали» від тих, хто намагався до них наблизитися. Згодом було встановлено, що ці вогники з'являються внаслідок потрапляння на будь-яку поверхню пухирців фосфіну (PH_3), який самозаймається на повітрі. У природі фосфін утворюється з решток відмерлих організмів. Обговоріть питання щодо фосфіну.

- Унаслідок яких природних процесів може утворюватися фосфін: горіння чи гниття?
- Чи можна стверджувати, що температура займання фосфіну близька до кімнатної температури?
- Поясніть «поведінку» блукаючих вогнів, описану мандрівниками.

- 117.** «Грецький вогонь» був винайдений ще за часів античності. Ним вистрілювали зі спеціальних сифонів, установлених на кораблях. Особливістю «грецького вогню» є те, що після влучення в ціль його неможливо було загасити, і ворожі кораблі згоряли вщент.



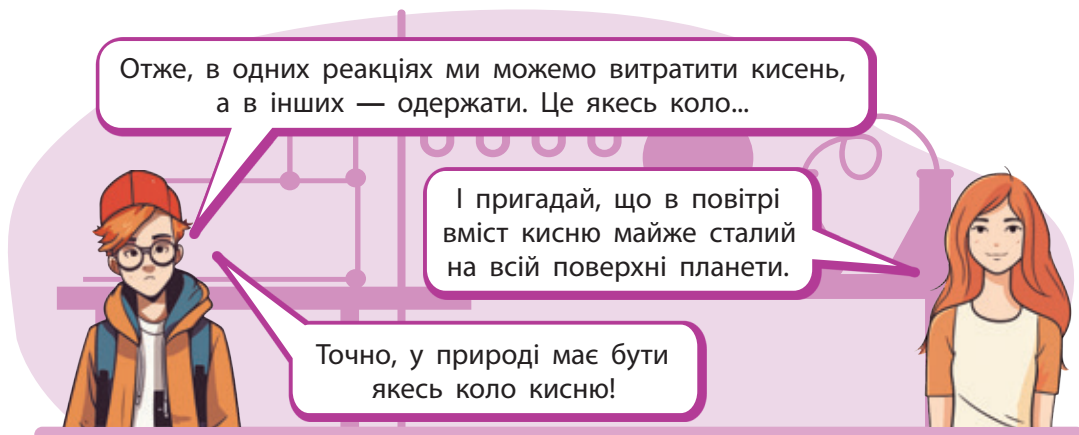
Сьогодні відомо, що в складі «грецького вогню» були нафта, сірка, селітра й олія. Обговоріть і визначте правильність тверджень:

- якщо гасити «грецький вогонь» водою, то нафта й олія в його складі спливають на поверхню води й горіння триває;
- щоб загасити вогонь, необхідно припинити доступ повітря до місця займання, але, крім води й піску, інші засоби в ті часи не були відомі;
- сучасними засобами пожежогасіння можна було б загасити «грецький вогонь», якщо використовувати пінні вогнегасники.

Отже, кисень справді підтримує горіння, реагуючи з різними речовинами, і навіть «допомагає» металам горіти!

Так, а ще ми дізналися про трикутник вогню. Без кисню, пального або додаткової теплоти горіння не можливе. І ще я тепер знаю, як приборкати вогонь!

Це неймовірно! Я не уявляв, що кисень настільки важливий для процесу горіння.



Оксиген у природі

Оксиген — один із найважливіших хімічних елементів у природі. Крім простих речовин, він утворює сполуки майже з усіма хімічними елементами. Виняток становлять лише інертні хімічні елементи: Гелій, Неон, Аргон.

На поверхні нашої планети Оксиген є найпоширенішим хімічним елементом (мал. 11.1). У складі сполук з іншими хімічними елементами він становить 47 % маси земної кори. Оксиген міститься в складі найважливіших для людства мінералів літосфери (червоного залізняку, кварцу, гіпсу, польового шпату тощо) й речовин, що зумовлюють родючість ґрунтів (гумусу).

Найпоширеніша сполука Оксигену на Землі — це вода H_2O . Величезні скупчення води — океани, моря, річки тощо — утворюють гідросферу планети. З урахуванням розчинених речовин гідросфера містить 86–89 % Оксигену за масою.

Оксиген міститься в складі численних сполук: оксидів, кислот, лугів, солей і інших. Живі організми також містять значну кількість Оксигену. У складі різних речовин Оксиген становить близько 60 % маси тіла людини.



Атмосфера — 23 %



Літосфера — 47 %



Гідросфера — 89 %



Живі організми — 62 %

Мал. 11.1. Поширеність Оксигену в природі (масова частка)

Зв'язування атомів Оксигену в інші сполуки

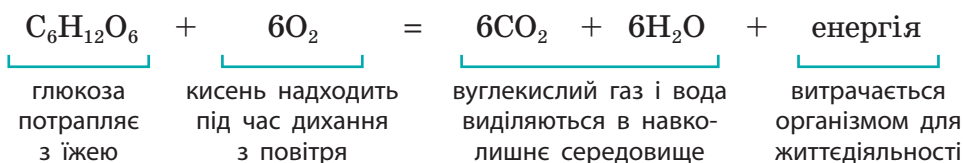


Поміркуйте

Ви вже знаєте процеси, які становлять колообіг води на Землі. Сформулюйте гіпотезу: чи можливий колообіг Оксигену на Землі. Запропонуйте його схему.

Кисень є однією з найважливіших речовин на Землі, яка забезпечує існування життя. Майже всі організми використовують кисень для дихання, і лише деякі можуть існувати без нього.

Чому ж кисень такий необхідний для істот? Під час окиснення органічних речовин виділяється енергія, яку організми витрачають для життєдіяльності. Один з основних процесів, що відбуваються в організмі за участю кисню, — дихання — можна умовно записати рівнянням:



Під час дихання тварин і рослин утворюються вуглекислий газ і вода, тобто атоми Оксигену з молекул кисню переходять до складу молекул вуглекислого газу й води.

Але не лише живі організми споживають кисень. Значний обсяг кисню витрачається в процесах гниття й горіння різних речовин, здебільшого під час лісових пожеж і виверження вулканів, унаслідок чого так само виділяються вуглекислий газ і вода.

За останні сто років значно збільшилися об'єми кисню, який людство споживає для своїх потреб. Теплові електростанції, автомобілі, літаки й інші види транспорту витрачають багато кисню для спалювання палива: природного газу, вугілля, бензину, гасу та мазуту.

Утворення кисню

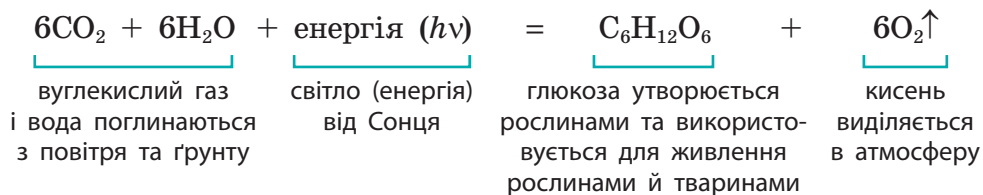


Поміркуйте

Уміст кисню в атмосфері впродовж декількох мільйонів років істотно не змінюється, попри споживання кисню живими організмами. Чим це можна пояснити?

За сучасних обсягів витрат кисню весь його запас в атмосфері дуже швидко вичерпався б, якби не відбувалося його відновлення та поповнення. Головним «постачальником» кисню на Землі є рослини. Вони утворюють і виділяють кисень в атмосферу в процесі фотосинтезу.

Фотосинтез відбувається з використанням енергії сонячного світла. Рослини поглинають вуглекислий газ із атмосфери та воду з ґрунту й синтезують із них глюкозу та кисень. Фотосинтез, як і дихання, є складним процесом, що поєднує багато хімічних реакцій. Схематично його сумарне рівняння можна записати так:





Мал. 11.2. Колообіг Оксигену в природі

Під час фотосинтезу атоми Оксигену переходять до молекул кисню. У такий спосіб атоми Оксигену здійснюють колообіг у природі (мал. 11.2). У цьому колообігу також беруть участь атоми Карбону, Гідрогену та деяких інших хімічних елементів.

Колообіг атомів Оксигену супроводжується поглинанням або виділенням енергії. У результаті фотосинтезу енергія Сонця переходить в енергію хімічних зв'язків у молекулах глюкози. Глюкоза, «згоряючи» в організмах, вивільняє цю енергію для життєдіяльності істот. Тобто колообіг Оксигену в природі здійснює «транспортування» енергії Сонця до живих організмів. Отже, Оксиген разом із Карбоном і Гідрогеном є тими елементами, які забезпечують існування життя на нашій планеті.

rnk.com.ua/
110974



Анімаційний ролик
«Колообіг Оксигену в природі»

Робота з інформацією

- 118.** Близько 4,5 млрд років тому, коли наша планета лише сформувалася з протопланетної хмари, в атмосфері Землі кисню не було. Знайдіть інформацію про зміни хімічного складу атмосфери Землі від часів її утворення. Із чим пов'язані ці зміни?

- 119.** Із додаткових джерел дізнайтеся, унаслідок яких хімічних процесів витрачається кисень під час вивержень вулканів і які гази виділяються.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 120.** Проаналізуйте малюнок 11.2. Як ви вважаєте, чи можна назвати його «Колообіг кисню»? Поясніть свою відповідь.
- 121.** Людина в спокійному стані витрачає для життєдіяльності близько 20 л кисню на годину. Під час виконання фізичної роботи витрати кисню суттєво збільшуються. Середній автомобіль на 100 км пробігу витрачає близько 21 м³ кисню. Визначте, скільки часу цим обсягом кисню могла б дихати людина.
- 122.** Бензин є сумішшю речовин, але приблизно його склад можна записати загальною формулою C₈H₁₈. Запишіть рівняння реакції горіння бензину, якщо продукти згоряння такі самі, як під час горіння метану (див. § 10).
- 123.** Під час опанування теми з колообігу Оксигену учні й учениці знайшли таку таблицю.

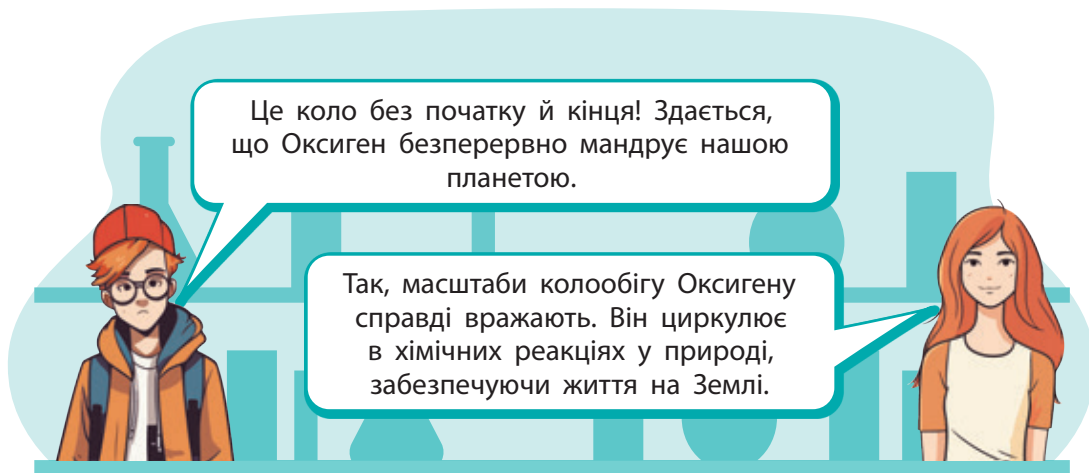
Шляхи витрачання кисню	Обсяг витрат, млрд тонн на рік
Дихання рослин	60–90
Дихання тварин і мікроорганізмів	60–70
Гниття та розкладання органічних речовин мікроорганізмами	20–30
Лісові пожежі	50–100
Спалювання пального на електростанціях і промислових підприємствах	10–15
Авто- й авіатранспорт	5–7
Вироблення металів, зокрема, виплавляння сталі	3–5
Хімічна промисловість	2–3
Побутові потреби (опалення, приготування їжі тощо)	1–2
Сільськогосподарські процеси, зокрема, горіння біомаси	близько 1

Проаналізуйте наведені дані та дайте відповіді на запитання.

- Які зі шляхів витрачання кисню є природними, а які — антропогенними?
- На які процеси — антропогенні чи природні — сумарно витрачається кисню більше?
- В одному з джерел було подано інформацію, що за один рік зелені водорості виділяють в атмосферу Землі $3,6 \cdot 10^{11}$ тонн кисню, що становить 90 % усього кисню, утвореного на Землі в процесі фотосинтезу за цей час. Зіставте ці дані з даними в таблиці та визначте, чи покриває утворений кисень його витрати. Чи є певна рівновага між утворенням кисню та його споживанням? Якщо ні, то чим це можна пояснити?

Запропонуйте свою схему колообігу кисню в природі.

- 124.** Обговоріть можливості зменшення витрат кисню людством для своїх технологічних потреб, але щоб не знижувалась якість життя.



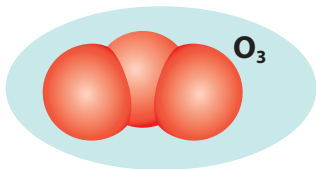
Я не розумію: чому формулу кисню пишуть то O_2 , то O_3 . Досі не вирішили, яка правильна?

Ні, тут інша причина. Це зовсім різні речовини. O_2 — це звичайний кисень, яким ми дихаємо, а O_3 — це озон.

Озон? Навіщо він нам? Я чув, що він може бути шкідливим.

Озон — проста речовина

Хімічний елемент Оксиген утворює дві прості природні речовини: кисень і озон.



Хімічна формула
й модель молекули озону

Озон:

- блакитний газ із різким характерним «металічним» запахом, через який він дістав свою назву (від грец. озо — пахучий);
- рідкий озон має темно-синій колір, а твердий — майже чорний;
- розчинність у воді: за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1 л води розчиняється 49,4 мл озону, за $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 45,4 мл;
- густина за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та нормального атмосферного тиску — 2,14 г/л;
- $t_{\text{кип.}} = -112\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{пл.}} = -197\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- у рідкому стані виявляє слабкі парамагнітні властивості.

Озон виявляє майже такі самі хімічні властивості, як і кисень, але озон хімічно значно активніший. Він також підтримує горіння та реагує з більшістю простих речовин.

Звідки береться озон?



Поміркуйте

Якщо озон хімічно активніший за кисень, то молекула якої речовини буде стійкішою?

Поглинаючи енергію електричного розряду або ультрафіолетового випромінювання, молекула кисню розкладається з утворенням двох хімічно дуже активних атомів Оксигену:



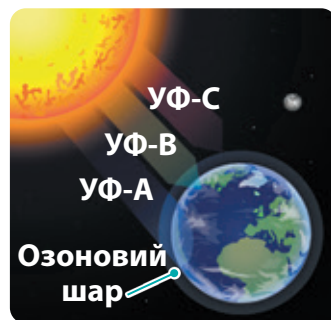
Ці атоми Оксигену «атакують» сусідні молекули кисню з утворенням молекули озону:



Сумарне рівняння реакції: $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3$

Отже, озон утворюється з кисню за наявності ультрафіолету або під дією електричного розряду.

У природі озон утворюється в атмосфері на висоті 20–40 км під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця, формуючи озоновий шар.



У приземних шарах атмосфери озон утворюється в електричному розряді блискавки під час грози.

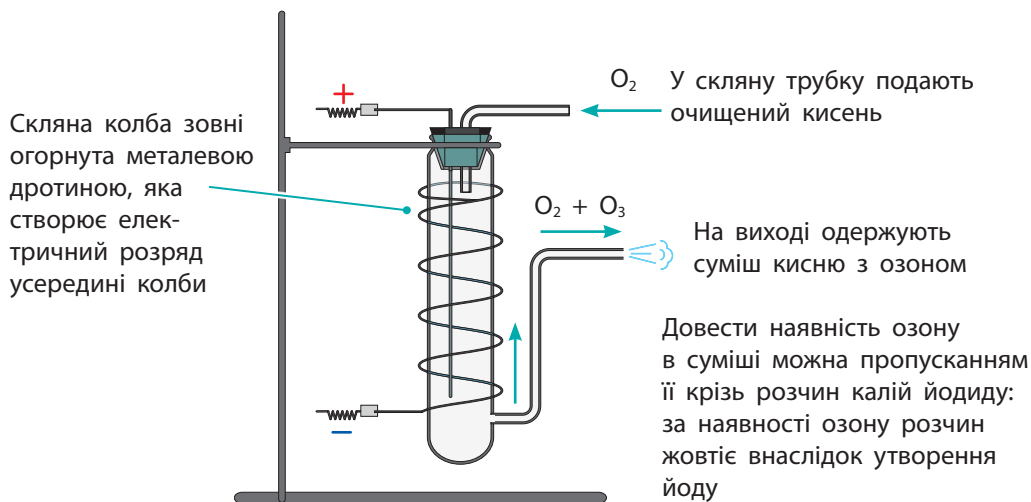


Озон утворюється під час роботи лазерного принтера або фотокопіювального апарата під дією лазерного випромінювання.

У приміщеннях лікарень або продуктових магазинів озон утворюється під дією кварцових ламп, які є джерелом ультрафіолету.



У лабораторії озон одержують у спеціальному пристрої — озонаторі.



Чи можна дихати озоном?



Поміркуйте

Кисень і озон утворені одним хімічним елементом. Чи можна припустити, що озоном можна дихати так само, як і киснем? Поясніть свою думку.



А



Б

Мал. 12.1. Антибактеріальну дію озону використовують для дезінфікування в лікарнях (А) і для знезараження води (Б)

Попри те, що озон за властивостями подібний до кисню, його хімічна активність набагато вища. Саме тому озон окиснює майже все, зокрема, тканини в легенях. Озон — токсична, канцерогенна й мутагенна речовина, за надмірного вмісту в повітрі він може спричинити смерть людини.

Утім токсичну дію озону можна спрямувати на користь. Він пригнічує життєдіяльність бактерій, окиснюючи біологічно активні речовини в них. Навіть за низького вмісту в повітрі озон убиває хвороботворні мікроорганізми, тому його застосовують для обробки овочесховищ, холодильних камер, дезінфікування приміщень у лікарнях, стерилізації посуду (мал. 12.1А). На деяких водоочисних станціях перед подачею води у водогін крізь воду пропускають потужний струмінь збагаченого озоном повітря (мал. 12.1Б). Озонування води значно безпечніше за хлорування, але набагато дорожче, тому поки не дуже поширене.

Чому стан озону в атмосфері турбує людство?



Поміркуйте

Якими, на вашу думку, можуть бути наслідки руйнування озонового шару?

Якщо в приземних шарах озон завдає шкоди живим організмам, то у стратосфері він, навпаки, захищає все живе на Землі.



Мал. 12.2. Озоновий шар у стратосфері захищає життя на Землі від шкідливого ультрафіолетового випромінювання Сонця

Від Сонця до Землі разом зі світлом прямує ультрафіолетове випромінювання. Ультрафіолет згубний і для рослин, і для тварин, і для бактерій. Утім життя на Землі захищене від небезпечного ультрафіолету *озоновим шаром* — шаром атмосфери на висоті 20–40 км із помітним умістом озону. Цей шар поглинає майже весь ультрафіолет, що надходить від Сонця (мал. 12.2).



Поміркуйте

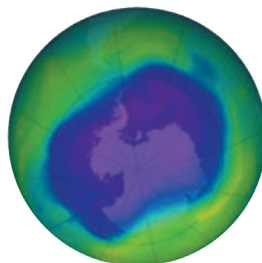
Поблизу екватора поверхні Землі досягає лише 1% усього ультрафіолету, що випромінює Сонце. А на географічних широтах України влітку — майже вдвічі менше. Що відбувається з вашою шкірою, якщо ви тривалий час перебуваєте на відкритому сонці без захисту, наприклад, на пляжі чи на горі? Спрогнозуйте, що сталося б у разі зникнення озонового шару.

Уміст озону в озоновому шарі дуже малий. Якщо можна було б зібрати весь озон над поверхнею Землі, то ми б отримали шар завтовшки лише 3 мм. Але без нього життя на суходолі було б неможливим. Саме тому людству треба дбати про озоновий шар.

Унаслідок спалювання палива на ТЕС і в автовах у повітря потрапляє нітроген(II) оксид (мал. 12.3). Також небезпеку становлять фреони — речовини, які використовують у холодильниках і кондиціонерах. Ці сполуки здіймаються на висоту озонового шару, де прискорюють руйнування озону та вповільнюють його утворення. У результаті цього може зменшитися вміст озону в озоновому шарі, що послабить захист Землі від небезпечного ультрафіолету.



Мал. 12.3. Діяльність людини негативно впливає на озоновий шар Землі



Мал. 12.4. Озонова діра над Антарктидою (синім позначено ділянку зі зменшеним вмістом озону)

Ділянку атмосфери, у якій концентрація озону менша за нормальну, називають *озоною дірою*. Велика озонова діра утворюється в серпні–вересні над Південним полюсом (мал. 12.4), але діри можуть з'явитися й над іншими ділянками Землі. Їхній розмір і вміст озону змінюється залежно від пори року.

1989 року набув чинності так званий «Монреальський протокол», підписаний усіма країнами-членами ООН. Згідно із цим протоколом, країни мають за певний період відмовитися від виробництва речовин, що пошкоджують озоновий шар. Завдяки цьому сьогодні їх виробництво порівняно з 1989 роком знизилось вдвічі. Але шкідливі для озонового шару речовини доволі стійкі й можуть існувати в атмосфері десятки років. За прогнозами науковців, у разі повного виконання вимог Монреальського протоколу озонові діри зникнуть до 2060 року.

Робота з інформацією

- 125.** За матеріалом цього параграфу та параграфу 8 порівняйте фізичні властивості кисню й озону.
- 126.** Знайдіть інформацію про дослідження щодо відкриття озону.
- 127.** На вулиці після дощу ми часто відчуваємо специфічний запах свіжості, який помилково пов'язують з озоном. Так, під час грози в нижніх шарах атмосфери кисень перетворюється на озон під дією електричних розрядів. І справді, запах озону після сильної грози можна відчути в повітрі, але лише поблизу грозового центру й лише на короткий час після грози, оскільки

озон унаслідок сильних окисних властивостей витрачається на окиснення різних домішок у повітрі. Пригадайте запах, який виникає поблизу лазерного принтера. Чи можна його назвати запахом свіжості? Знайдіть інформацію про джерело приємного запаху після дощу.

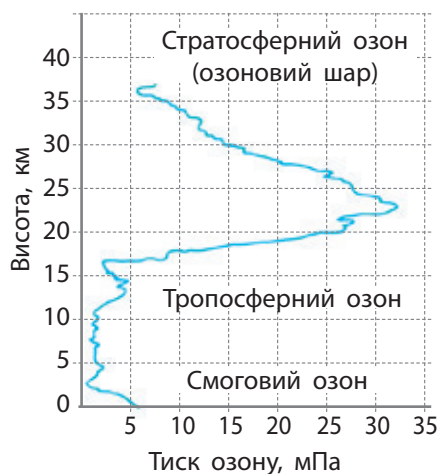
- 128.** Грунтуючись на властивостях озону, спрогнозуйте його застосування в промисловості, техніці та медицині. Порівняйте свої гіпотези з інформацією з інших джерел.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

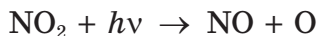
- 129.** Чи можна ультрафіолет або електричний розряд у реакції одержання озону назвати каталізатором? Поясніть свою думку.
- 130.** Як ви вважаєте, що зумовлює високу вартість одержання озону? Знайдіть інформацію, у яких містах використовують озон для знезараження води перед подачею у водогін.
- 131.** Проаналізуйте графік і дайте відповіді на запитання.

- У якій частині атмосфери вміст озону найбільший? Унаслідок яких процесів?
- Максимальне значення об'ємної частки озону — 0,006 %. На якій висоті (за графіком) спостерігається такий вміст озону?
- У якій частині атмосфери вміст озону найменший? Поясніть, чому саме на цих висотах його вміст мінімальний.
- На якій висоті наявність озону в атмосфері корисна для людини, а на якій — становить небезпеку?

Уміст озону в атмосфері на різних висотах



- Озон може утворюватися внаслідок процесу:



Зважаючи на це, поясніть, чому смоговий озон спостерігають саме на зазначених на графіку висотах. Які, на вашу думку,

антропогенні фактори можуть бути джерелами смогового озону? Перевірте свою гіпотезу за додатковими джерелами інформації.

- Запропонуйте ідеї, як людство може зменшити рівень смогового озону без зниження якості життя.
- Назвіть природні й антропогенні джерела тропосферного озону.

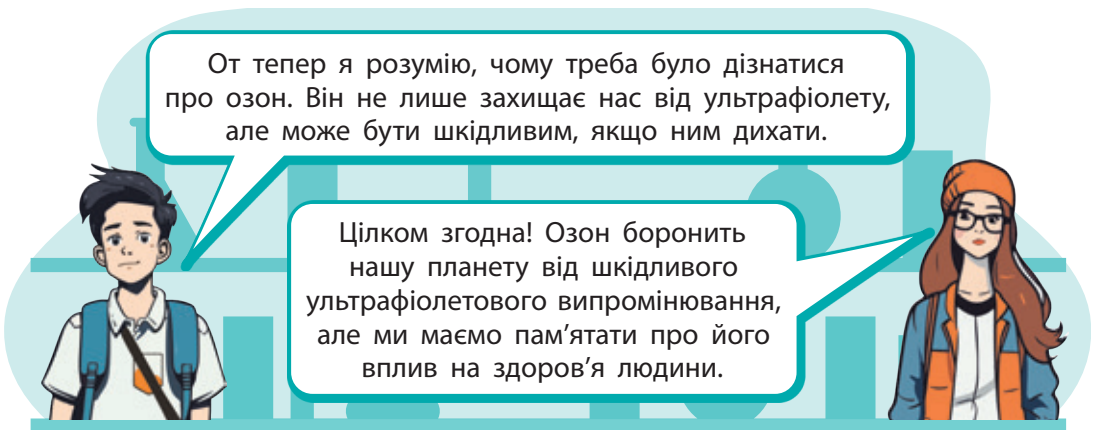
132. Під час пошуку інформації щодо вмісту озону в повітрі учні й учениці знайшли такі дані.

Критерій	Уміст озону, мг/м ³
Гранично допустима концентрація озону в повітрі населених міст	0,16
Гранично допустима концентрація озону в повітрі навколо робочого місця	0,1
Мінімальна смертельна доза озону	4,8
Поріг людського нюху щодо виявлення озону	0,01

За даними таблиці обговоріть, чи правильним є твердження: «кращий індикатор для виявлення наявності озону — це ніс: лише ви починаєте відчувати запах озону, слід негайно провітрити приміщення».

133. Створіть листівку «Способи запобігання руйнуванню озонового шару» та роздайте її вашим друзям і близьким.

134. Сформулюйте гіпотези щодо ймовірності повного зникнення озону з атмосфери Землі. Наведіть аргументи «за» і «проти».



От тепер я розумію, чому треба було дізнатися про озон. Він не лише захищає нас від ультрафіолету, але може бути шкідливим, якщо ним дихати.

Цілком згодна! Озон боронить нашу планету від шкідливого ультрафіолетового випромінювання, але ми маємо пам'ятати про його вплив на здоров'я людини.

Навіщо окремо вивчати молярний об'єм, якщо ми вже вміємо обчислювати молярну масу? Підставив одне замість другого — готово! Чи не так?

Гадаю, що не все так просто... Адже об'єм газів — це не те саме, що їхня маса. Щоб розібратися, нам потрібен закон Авоґадро!

Закон Авоґадро? Я думав, що в нього є лише число. Але закон звучить вагомніше!

Чому молярний об'єм газів потребує окремої уваги?

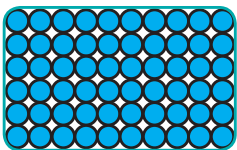


Пригадайте

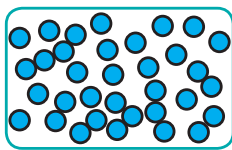
Чим відрізняється внутрішня будова газів від рідин і твердих речовин?

Гази відрізняються від речовин в інших агрегатних станах за розташуванням і «поведінкою» молекул.

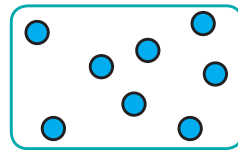
У кристалічних речовинах частинки розташовані щільно й не можуть переміщуватися



У рідинах молекули можуть переміщуватися, але розташовані щільно



У газах молекули розташовані на дуже великих відстанях і вільно рухаються



У газах молекули перебувають на великих відстанях одна від одної. Ці відстані значно більші за розміри молекул. І хоча

молекули різних газів відрізняються розмірами, формою, але цими відмінностями можна знехтувати й розглядати їх як крихітні жорсткі кульки.



Дізнайтеся більше

Уявіть, якби молекули газів були розміром із футбольний м'яч, то за нормального атмосферного тиску та температури 0°C середня відстань між ними була б приблизно 9 м. Якщо футбольні м'ячі замінити на баскетбольні або тенісні, то відстані між ними зміняться не суттєво.

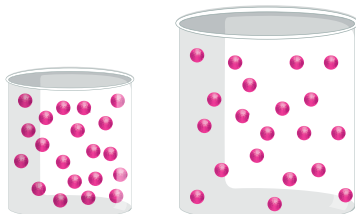


Пригадайте

Із курсу фізики згадайте, що таке тиск газів і від чого він залежить.

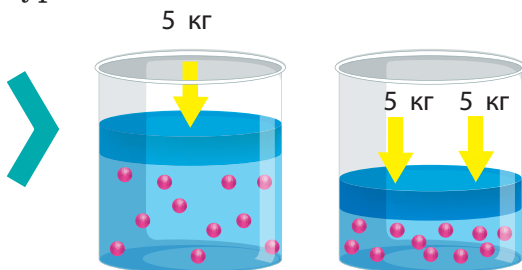
Напевно, ви помітили: якщо йдеться про гази, то зазвичай наводять певні умови. Справді, об'єм газів суттєво залежить від умов вимірювання: тиску та температури.

Якщо підвищувати тиск, газ стискається й відстань між молекулами зменшується.



Холодно

Гаряче



За нагрівання газ розширяється і середня відстань між молекулами збільшується.

Саме через таку «поведінку» газів у хімії прийнято об'єми газуватих речовин наводити за однакових умов, які називають *нормальними*.

Нормальні умови (позначають — н. у.)

- Температура: 0°C або $273,15\text{ K}$.
- Тиск: нормальний атмосферний тиск, що дорівнює $101\,325\text{ Па}$, або 1 атм , або 760 мм рт. ст.

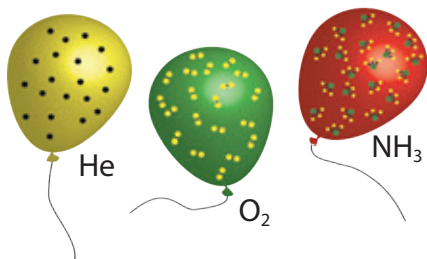
Закон Авоґадро



rnk.com.ua/
110975

**Лоренцо Романо
Амедео Карло Авоґадро
ді Кваренья ді Черето**
(1776–1856)

Отже, незалежно від речовини та розмірів її молекул, за однакових умов середня відстань між молекулами різних газів однакова, а тому й об'єми, які займають ці гази, мають бути однаковими. 1811 року, після експериментів із газуватими речовинами, такого висновку дійшов італійський науковець Амедео Авоґадро. Цей висновок сьогодні називають *законом Авоґадро*.



В однакових об'ємах будь-яких газів, що перебувають за однакових умов (температура й тиск), міститься однакове число молекул.

Молярний об'єм газів

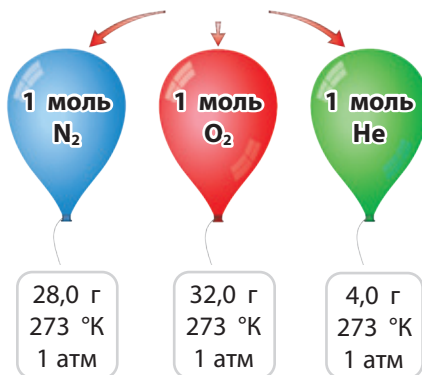


Поміркуйте

Якщо в однакових об'ємах газів міститься однакове число молекул, то чи можна стверджувати, що однакове число молекул газу за тих самих умов займатиме однаковий об'єм?

Відповідно до закону Авоґадро, однакове число молекул різних газів за однакових умов має займати однаковий об'єм. Знаючи, що один моль будь-якої речовини

$V = 22,4 \text{ л}$



містить певне число молекул, можна зробити висновок, що всі гази кількістю речовини 1 моль за однакових умов займають однаковий об'єм.

За аналогією з молярною масою, об'єм одного моля речовини називають *молярним об'ємом* V_m , і за нормальних умов для газів він дорівнюватиме 22,4 л/моль.



Молярний об'єм — це фізична величина, що дорівнює відношенню об'єму речовини до її кількості: $V_m = \frac{V}{n}$.

Молярний об'єм вимірюють у літрах на моль (л/моль).

Для порівняння: за стандартних умов (температури 25 °C й нормального атмосферного тиску) молярний об'єм газів дещо більший: $V_m = 24,4$ л/моль.

rnk.com.ua/
110976



Анімаційний ролик
«Молярний об'єм газів»

Співвідношення об'ємів газів у хімічних реакціях

Якщо під час реакції утворюються або витрачаються молекули газуватих речовин, то відношення числа молекул у хімічному рівнянні має дорівнювати відношенню об'ємів цих речовин.

Це правило 1808 року опублікував Жозеф Луї Гей-Люссак, і воно дістало назву *закону об'ємних співвідношень*, або хімічного закону Гей-Люссака.



rnk.com.ua/
110977



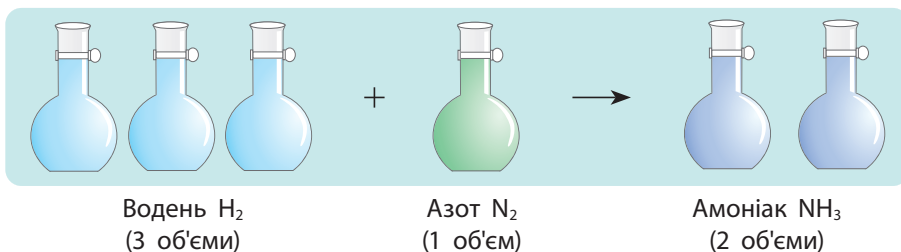
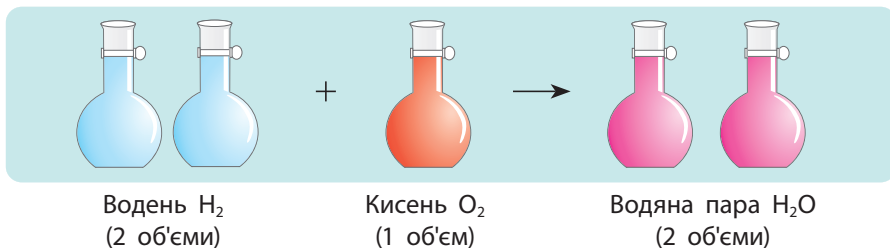
Жозеф Луї Гей-Люссак
(1778–1850)

Французький хімік і фізик,
зробив вагомий внесок
у дослідження газів



Об'єми газів, що вступають у реакцію та утворюються внаслідок реакції, співвідносяться як невеликі цілі числа.

Відношення об'ємів газів, що реагують один з одним



Обчислення з використанням молярного об'єму



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Розробіть алгоритм обчислення об'ємів газованих речовин — реактантів і продуктів реакції — за відомою масою або об'ємом іншого «учасника» реакції.

Знаючи молярний об'єм газу, можна визначити кількість речовини n у певному об'ємі речовини V за нормальних умов:

$$n = \frac{V}{V_m}; V_m(\text{газів}) = 22,4 \text{ л/моль}$$

Знаючи кількість речовини газу, можна обчислити його об'єм за нормальних умов:

$$V = V_m \cdot n$$

Приклад 1 Обчисліть об'єм газу (н. у.) кількістю речовини 1,20 моль.

Відомо:

$$n(\text{газу}) = 1,20 \text{ моль}$$

$V(\text{газу})$ — ?

Розв'язання:

$$V = n \cdot V_m = 1,20 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 26,9 \text{ л.}$$

Відповідь: $V(\text{газу}) = 26,9 \text{ л.}$

Приклад 2 Обчисліть кількість речовини газу об'ємом 5,6 л (н. у.).

Відомо:

$$V(\text{газу}) = 5,6 \text{ л}$$

$n(\text{газу})$ — ?

Розв'язання:

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{5,6 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,25 \text{ моль.}$$

Відповідь: $n(\text{газу}) = 0,25 \text{ моль.}$

Приклад 3 Обчисліть масу (г) вуглекислого газу об'ємом 1,00 л (н. у.).

Відомо:

$$V(\text{CO}_2) = 1,00 \text{ л}$$

$m(\text{CO}_2)$ — ?

Розв'язання:

Обчислимо кількість речовини вуглекислого газу:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m} = \frac{1,00 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,0446 \text{ моль.}$$

Обчислимо масу вуглекислого газу:

$$M(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ г/моль,}$$

$$m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 0,0446 \text{ моль} \cdot 44 \text{ г/моль} = 1,96 \text{ г.}$$

Відповідь: $m(\text{CO}_2) = 1,96 \text{ г.}$

Приклад 4 Обчисліть масу фосфор(V) оксиду, що утвориться внаслідок спалювання фосфору в кисні об'ємом 11,2 л (н. у.).

Аналізуємо умову: нам відомий об'єм кисню за нормальних умов. Необхідно обчислити масу фосфор(V) оксиду

Відомо: $V(\text{O}_2) = 11,2 \text{ л.}$

Обчислити: $m(\text{P}_2\text{O}_5)$

Записуємо рівняння реакції

Перед складанням пропорції всі об'єми, подані в літрах, «переводимо» в молі

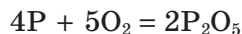
Необхідно скласти відношення кількостей речовини оксиду та кисню

В отриманому рівнянні не відома кількість речовини оксиду, тому перетворюємо його для обчислення $n(\text{P}_2\text{O}_5)$

Підставляємо відому кількість речовини кисню й обчислюємо

За відомою кількістю речовини фосфор(V) оксиду обчислюємо його масу

Формулюємо відповідь



$$n(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л/моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

$$\frac{n(\text{P}_2\text{O}_5)}{n(\text{O}_2)} = \frac{2}{5}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{n(\text{O}_2) \cdot 2}{5}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{n(\text{O}_2) \cdot 2}{5} = \frac{0,5 \text{ моль} \cdot 2}{5} = 0,2 \text{ моль}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{P}_2\text{O}_5) \cdot M(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,2 \text{ моль} \cdot 142 \text{ г/моль} = 28,4 \text{ г}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 28,4 \text{ г}$$

Приклад 5

Обчисліть об'єм (л) кисню, необхідного для спалювання метану об'ємом 1 л, і об'єм (л) вуглекислого газу, що утвориться внаслідок реакції. Об'єми всіх газів виміряні за однакових умов.

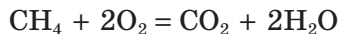
Аналізуємо умову: нам відомий об'єм метану. Зверніть увагу, що умови вимірювання об'єму не зазначені.

Необхідно обчислити об'єми кисню та вуглекислого газу

Записуємо рівняння реакції

$$\text{Відомо: } V(\text{CH}_4) = 1 \text{ л}$$

$$\text{Обчислити: } V(\text{O}_2) \text{ і } V(\text{CO}_2)$$



Аналізуємо модель розв'язання:

якщо об'єми газів наведені за нормальних умов, то можна використовувати вже відомий вам алгоритм розв'язання.

У цій задачі умови вимірювання не зазначено, але відомий об'єм одного з реактантів, і необхідно обчислити об'єми інших газуватих «учасників» реакції. Також відомо, що об'єми всіх газів виміряні за однакових умов. У такому разі можна застосовувати закон Гей-Люссака.

Відповідно до закону Гей-Люссака: об'єми всіх «учасників» реакції відносяться один до одного, як коефіцієнти в рівнянні реакції

$$\frac{V(\text{CH}_4)}{V(\text{O}_2)} = \frac{1}{2}, \quad \frac{V(\text{CH}_4)}{V(\text{CO}_2)} = \frac{1}{1}$$

За складеними пропорціями обчислимо $V(\text{O}_2)$ і $V(\text{CO}_2)$

$$V(\text{O}_2) = V(\text{CH}_4) \cdot 2 = 1 \text{ л} \cdot 2 = 2 \text{ л}.$$
$$V(\text{CO}_2) = V(\text{CH}_4) = 1 \text{ л}$$

Формулюємо відповідь

$$V(\text{O}_2) = 2 \text{ л}, \quad V(\text{CO}_2) = 1 \text{ л}$$

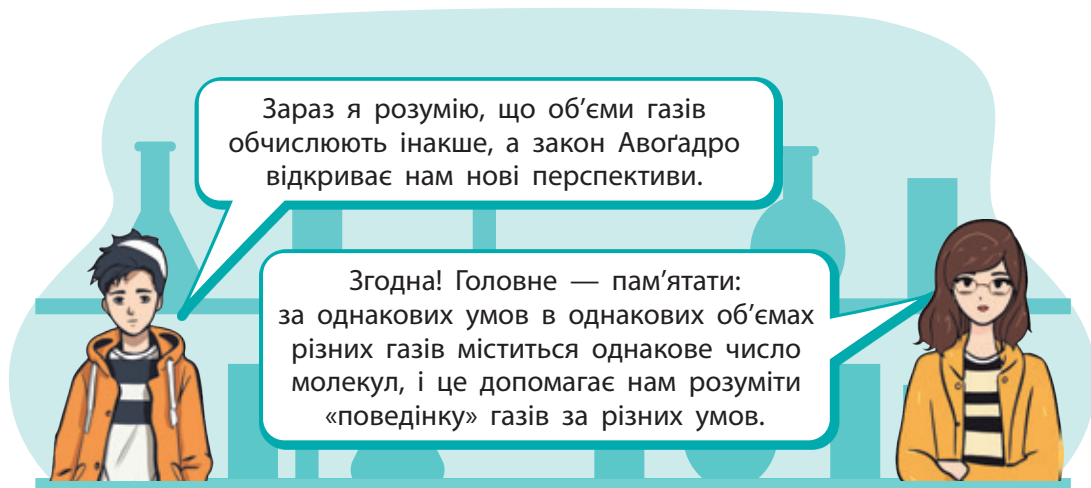
Робота з інформацією

- 135.** Це слово звучить схоже багатьма мовами. Використав його в XVII столітті голландський науковець Ян Баптист ван Гельмонт. Він узяв його з латини (*chaos*), у яку воно прийшло з грецької. Греки словом *хаос* називали порожній туманний простір, що існував до створення світу. Про яке слово, на вашу думку, йдеться? Яким словом воно перейшло в інші мови: англійську, німецьку, французьку?
- 136.** Знайдіть інформацію про дослідження Авоґадро та Гей-Люссака, що стали підґрунтями для формулювання їхніх законів.
- 137.** Обчисліть об'єми (н. у.) речовин: а) азоту кількістю речовини 2 моль; б) кисню кількістю речовини 0,5 моль; в) фтору кількістю речовини 0,25 моль; г) сірководню H_2S кількістю речовини 2,9 моль; д) амоніаку NH_3 кількістю речовини 4,2 моль.
- 138.** У чотирьох однакових посудинах містяться однакові об'єми газів: амоніаку NH_3 , азоту N_2 , сірчастого газу SO_2 , кисню O_2 . Визначте, маса якої посудини з газом буде найбільша, а якої — найменша.
- 139.** Обчисліть масу (г) сірководню H_2S об'ємом 16,8 л (н. у.).

140. Обчисліть об'єм (н. у.) водню: а) масою 10 г; б) кількістю речовини 10 моль.
141. Є зразки двох газів, узятих за нормальних умов: метан CH_4 об'ємом 10 л і хлор Cl_2 об'ємом 20 л. Обчисліть, у якому зразку більше молекул, а в якому — атомів, і в скільки разів.
142. Чи дорівнюють маси й об'єми (за однакових умов) вуглекислого газу та кисню кількістю речовини по 1,5 моль? Відповідь підтвердьте розрахунками.
143. Обчисліть об'єм зразка амоніаку NH_3 , у якому міститься втричі більше молекул, ніж у зразку метану CH_4 об'ємом 100 л (н. у.).
144. У якому зразку амоніаку більше молекул: масою 100 г чи об'ємом 100 л (н. у.)?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

145. На запитання: «Який об'єм займає 1 моль води за нормальних умов?», учень відповів — 22,4 літра. Висловіть і аргументуйте свою думку щодо правильності відповіді учня.
146. Як за законом Авогадро довести, що: а) молекули кисню, азоту та водню складаються з двох атомів; б) склад молекули води H_2O , а не HO ; в) склад молекули амоніаку NH_3 , а не NH ?



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 2

«Визначення молярного об'єму газів»



rnk.com.ua/
110978

Що є метою нашої роботи?

Визначити молярний об'єм кисню та вуглекислого газу.



Поміркуйте

Висловіть гіпотезу щодо можливості виміряти молярний об'єм газу в умовах шкільного кабінету хімії. Якими мають бути ваші дії для цього? Які умови та фактори слід врахувати в ході дослідження?

Що нам знадобиться?

Обладнання: кристалізатор із водою, мірні циліндри об'ємом 25 мл (для відмірювання рідин) і 100 мл (для збирання газів), конічна колба, корок із газовідвідною трубкою, ваги, фільтрувальний папір.

Реактиви: аптечний перекис водню (3 %), каталізатор, крейда, столовий оцет (6 %), розчин NaCl (10 %).

Визначаємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи із цим обладнанням і речовинами, зокрема, розчинами гідроген пероксиду та кислоти? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?



Поміркуйте

Ознайомтеся з методикою виконання роботи та висловіть припущення щодо чинників, які можуть вплинути на точність результатів дослідження.

Що ми маємо зробити?

1. Об'єднайтеся в групи та домовтеся, які групи будуть визначати молярний об'єм кисню, а які — вуглекислого газу.
2. Занотуйте умови здійснення експерименту:
 - 1) термометром зафіксуйте температуру в класі (t , °C);
 - 2) барометром зафіксуйте тиск (p , Па). Якщо ваш барометр указує тиск у мм рт. ст., то перерахуйте значення тиску в паскалях за формулою: $p, \text{Па} = p, \text{мм рт. ст.} \cdot 133,3$.
3. Зберіть прилад, як зображено на малюнку (с. 118).



4. Визначення молярного об'єму кисню:

- 1) у колбу насипте дрібку каталізатора — манган(IV) оксиду;
- 2) у мірний циліндр налейте розчин гідроген пероксиду об'ємом бл. 5 мл, точне значення об'єму занотуйте в зошиті;
- 3) долийте відміряний об'єм розчину гідроген пероксиду в колбу й одразу закрийте її корком із газовідвідною трубкою;
- 4) спостерігайте за виділенням кисню, після закінчення реакції визначте об'єм виділеного газу.

5. Визначення молярного об'єму вуглекислого газу:

- 1) на ваги помістіть невеликий аркуш паперу (фільтрувального або іншого тонкого) та зафіксуйте його масу;
 - 2) на аркуш паперу насипте порошок крейди масою близько 0,3 г, точне значення маси занотуйте в зошиті;
 - 3) відміряний зразок крейди, загорнутої в папірець, акуратно помістіть у колбу;
 - 4) у мірний циліндр налейте столовий оцет об'ємом бл. 20 мл;
 - 5) відміряний об'єм оцту перелийте в колбу й одразу закрийте її корком із газовідвідною трубкою;
 - 6) спостерігайте за виділенням вуглекислого газу, після закінчення реакції зафіксуйте його об'єм (за необхідності струсіть уміст колби).
6. Приведіть об'єми одержаних газів до нормальних умов. Для цього виміряні значення об'ємів підставте в рівняння:

$$V(\text{газу за н. у.}) = \frac{V(\text{газу}) \cdot p(\text{Па}) \cdot 0,0027}{t(^{\circ}\text{C}) + 273,15},$$

де $V(\text{газу})$ — виміряне значення газу;

$p(\text{Па})$ — значення атмосферного тиску в паскалях;

$t(^{\circ}\text{C})$ — температура в кімнаті в градусах Цельсія.

7. Обчисліть кількість речовини газу $n(\text{газу})$, який мав виділитися відповідно до маси взятих вами реактантів.
8. Обчисліть значення молярних об'ємів газів за формулою:

$$V_m = \frac{V(\text{газу, л})}{n(\text{газу, моль})}$$

■ Який висновок ми маємо зробити?

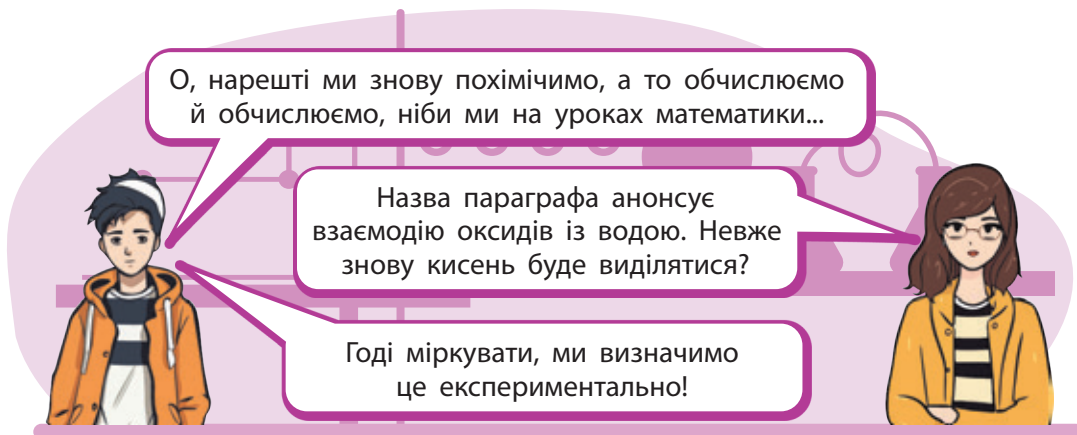
- Порівняйте значення молярного об'єму газу, яке є результатом дослідження, з молярним об'ємом газів за нормальних умов.
- Чи справді молярний об'єм газу не залежить від складу (формули) газуватої речовини?

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Поясніть, чому важливо швидко закоркувати колбу після змішування реактантів.
2. Чи можна виконувати дослідження за нормальних умов, щоб потім не перераховувати об'єми? Якщо ні, то поясніть, для чого після дослідження перераховувати об'єм газу за нормальних умов.
3. Чому для вимірювання об'єму кисню в описі зазначений приблизний об'єм розчину гідроген пероксиду, а занотовувати слід точний реально виміряний об'єм? Чи варто в описі зазначати точний (із точністю до 0,1 мл або 0,01 мл) необхідний об'єм розчину?
4. Чому для вимірювання об'єму вуглекислого газу в описі зазначена приблизна маса крейди, а занотовувати слід точну виміряну масу? А от об'єм столового оцту точно вимірювати не треба.
5. Навіщо під час вимірювання об'єму вуглекислого газу наважку речовини переносять у колбу разом з аркушем паперу, на якому його відмірювали?
6. Порівняйте значення молярного об'єму, отримані різними групами, визначте точність вашого дослідження. Які чинники могли вплинути на точність результатів?
7. Як ви вважаєте, навіщо використовували сіль в експерименті зі збиранням вуглекислого газу?

■ Рефлексуємо

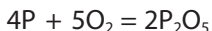
- Що нового ви дізналися під час дослідження? Яких умінь набули?
- Що виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

**Пригадайте**

- Як визначити заряди йонів за періодичною таблицею елементів (§ 2).
- Як складати формули та назви бінарних сполук (§ 2).

**Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо**

Наповнимо дві колби чистим киснем. В одній колбі спалимо невелику смужку кальцію, а в другій — невелику порцію фосфору. Обидві речовини згоряють сліпучим полум'ям, а колби наповнюються твердими продуктами згоряння білого кольору — відповідними оксидами:



До обох колб долємо воду об'ємом по 50–100 мл і додамо по декілька крапель розчину лакмусу. (Лакмус — це природна витяжка з деяких лишайників, якою можна виявити наявність у розчині кислоти або лугу.) Спостерігаємо, що в колбах лакмус набув різного забарвлення.





Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу, яка пояснює різне забарвлення лакмусу у двох колбах із дослідження. (Зверніть увагу на ознаки, за якими можна по-різному класифікувати реактанти та продукти згоряння.)



Кислотні оксиди та кислоти

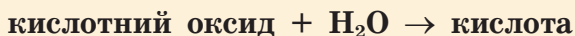
З-поміж оксидів можна виділити дві великі групи: *кислотні оксиди* й *основні оксиди*. Багато з них реагують із водою, а продуктами реакцій є, відповідно, *кислоти* й *основи*, розчинні у воді.



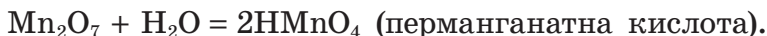
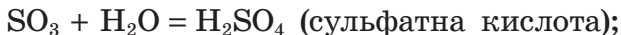
Кислотні оксиди — це оксиди, продукти сполучення яких із водою є кислотами.

Кислотними є оксиди неметалічних хімічних елементів (за винятком несполетворних оксидів, як-от N_2O , NO , SiO , CO), а також оксиди, утворені металічними елементами, у яких формальний заряд хімічного елемента в складі оксиду зазвичай +4 і вищий.

Усі кислотні оксиди, за винятком силіцій(IV) оксиду SiO_2 , реагують із водою з утворенням кислот:



Наприклад:



Поміркуйте

Проаналізуйте формули кислот у наведених рівняннях реакцій. Виявіть спільне й відмінне.

У формулах неорганічних кислот спочатку записують хімічний символ Гідрогену, а потім — кислототворного хімічного елемента. Якщо з формули кислоти прибрати символ Гідрогену, то решта символів позначають *кислотний залишок*.



Кислоти — це сполуки, які здатні утворювати катіони Гідрогену й аніони кислотного залишку.

H_n **кислотний залишок**, наприклад, H_2SO_4 , HNO_3

Формули найпоширеніших кислот варто вивчити напам'ять (табл. 1). Окрім складу кислотного залишку, важливо знати його заряд (це знадобиться для складання формул солей). У йонів Гідрогену заряд $1+$, тому за принципом електронейтральності заряд кислотного залишку дорівнює числу йонів Гідрогену, але зі знаком «-»:



Таблиця 1. Назви та формули кислот

Назва кислоти (традиційна назва)	Відповідний кислотний оксид	Формула кислоти	Кислотний залишок	Назва кислотного залишку
Карбонатна (вугільна)	CO_2	H_2CO_3	CO_3^{2-}	Карбонат
Нітратна (азотна)	N_2O_5	HNO_3	NO_3^{-}	Нітрат
Нітритна (азотиста)	N_2O_3	HNO_2	NO_2^{-}	Нітрит
Силікатна (кремнієва)	SiO_2	H_2SiO_3	SiO_3^{2-}	Силікат
Сульфатна (сірчана)	SO_3	H_2SO_4	SO_4^{2-}	Сульфат
Сульфітна (сірчиста)	SO_2	H_2SO_3	SO_3^{2-}	Сульфіт
Ортофосфатна (фосфорна)	P_2O_5	H_3PO_4	PO_4^{3-}	Ортофос- фат
Хроматна (хромова)	CrO_3	H_2CrO_4	CrO_4^{2-}	Хромат



Дізнайтеся більше

Єдиний кислотний оксид, що не взаємодіє з водою, — це силіцій(IV) оксид SiO_2 , якому відповідає силікатна кислота H_2SiO_3 . Він поширений у природі як складник мінералу кварцу. Кварцовий пісок на узбережжях морів і річок — це і є силіцій(IV) оксид.



Оснóвні оксиди й основи

Хімічними «антагоністами» кислотних оксидів є *оснóвні оксиди*.



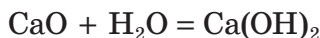
Оснóвні оксиди — це оксиди, яким відповідають основи.

Оснóвні оксиди утворені металічними хімічними елементами. Заряд йонів металічних елементів у них зазвичай невеликий: 1+, 2+, іноді 3+.

Деякі оснóвні оксиди реагують із водою з утворенням основ:



Наприклад:



Поміркуйте

Проаналізуйте формули основ у наведених рівняннях реакцій. Виявіть спільне й відмінне.



Основи — сполуки, що складаються з катіонів металічних хімічних елементів і одного або декількох гідроксид-аніонів OH^- .

У формулах неорганічних основ першим записують катіон металічного елемента, а другим — гідроксид-аніон OH^- :

металічний елемент $(\text{OH})_n$, наприклад, **Na** **OH**, **Fe** $(\text{OH})_2$

Пам'ятаючи, що гідроксид-аніон завжди має заряд 1-, формули основ легко складати за принципом електронейтральності: число гідроксид-аніонів у складі формульної одиниці основи дорівнюватиме заряду катіона металічного хімічного елемента:



Назви основ складають так само, як і назви бінарних сполук:

назва катіона **назва аніона — «гідроксид»**

Наприклад:

Na^+OH^- — натрій гідроксид;

$\text{Fe}^{2+}(\text{OH}^-)_2$ — ферум(2+) гідроксид.

З-поміж неорганічних основ виділяють дві групи: *луги* (переважно розчинні основи) та *нерозчинні основи*. Розчинність основ (як і інших речовин) можна визначити за таблицею розчинності (див. форзац 2). Наприклад, основа NaOH , що складається з катіонів Na^+ та аніонів OH^- , є розчинною (мал. 14.1).

Із водою можуть реагувати лише ті основні оксиди, з яких утворюються луги. Інші основні оксиди з водою не реагують, хоча існують відповідні їм основи (табл. 2).

Аніони	Назва аніона	Катіони						
		H^+	Li^+	Na^+	K^+	NH_4^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
OH^-	гідроксид		Р	Р	Р	Р	Н	М
F^-	фторид	Р	М	Р	Р	Р	Н	Н
Cl^-	хлорид	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

Мал. 14.1. Фрагмент таблиці розчинності: на перетині відповідного катіона й аніона літера Р позначає розчинну речовину, М — малорозчинну, Н — практично нерозчинну

Таблиця 2. Основні оксиди та відповідні їм основи

Основні оксиди	Взаємодія з водою	Основи
Na_2O	Взаємодіють	Натрій гідроксид NaOH
K_2O		Калій гідроксид KOH
Li_2O		Літій гідроксид LiOH
SrO		Стронцій гідроксид Sr(OH)_2
BaO		Барій гідроксид Ba(OH)_2
MnO	Не взаємодіють	Манган(2+) гідроксид Mn(OH)_2
FeO		Ферум(2+) гідроксид Fe(OH)_2

Кислоти та луги — їдкі небезпечні речовини, тому на упаковках із ними має бути відповідна піктограма.



Індикатори для виявлення кислот і лугів

Більшість кислот і лугів — безбарвні сполуки, тому визначити їх наявність без «сторонньої допомоги» неможливо. Для виявлення кислот і основ у розчинах використовують *індикатори* — складні органічні сполуки (або їхні суміші), що змінюють свій колір залежно від наявності кислоти або основи в розчині.

Найпоширеніші індикатори наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Колір деяких індикаторів

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

Індикатори використовують переважно розчиненими — у воді або спирті (мал. 14.2А). Зручніше використовувати індикаторний папір — фільтрувальний папір, просочений розчином індикатора, а потім висушений. У продаж він потрапляє у вигляді набору тоненьких смужечок із друкованою шкалою для порівняння (мал. 14.2Б).



А



Б

Мал. 14.2. Розчини індикаторів (А) і універсальний індикаторний папір (Б)



Дізнайтеся більше

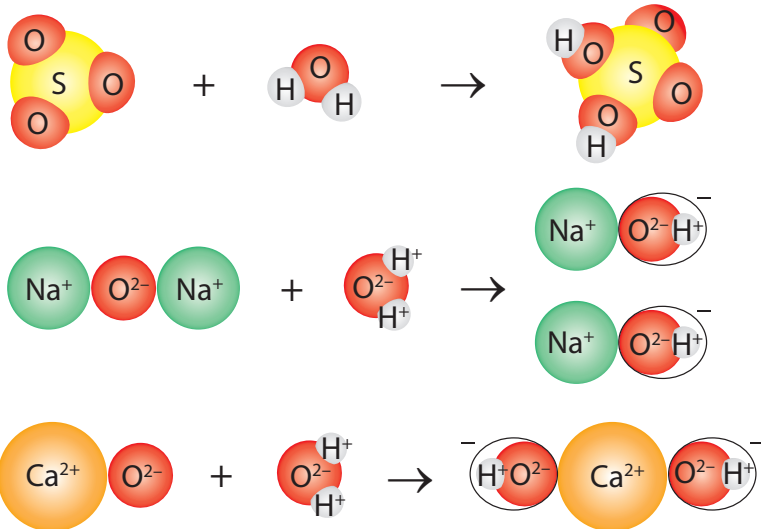
- Вираз «лакмусовий папірець» став фразеологізмом (крилатим виразом), який часто використовують у переносному значенні для виявлення справжнього стану речей у різних ситуаціях. Наприклад, можна почути: «Рівень безробіття в країні є лакмусовим папірцем стану економіки держави» або «Скрутна ситуація стала лакмусовим папірцем, який виявив, хто був готовий допомогти у важку годину».
- Відкриття лакмусу є прикладом так званих випадкових відкриттів. Англійський науковець Роберт Бойль приготував водну витяжку лакмусового лишайника. Слянка, де він зберігав цей настій, знадобилася йому для хлоридної кислоти. Спорожнивши склянку від настою, Бойль наповнив її кислотою і здивувався: безбарвна рідина набула червоного кольору. Досліджуючи цей ефект, Бойль винайшов перший індикатор для виявлення кислот і лугів.
- Слово «луг» походить від застарілого слова, яким раніше називали мильний розчин деревного попелу, що використовували для прання й миття.

Робота з інформацією

- 147.** Запишіть формули оксидів: калій оксиду, фосфор(III) оксиду, аргентум(1+) оксиду, ферум(2+) оксиду, хлор(IV) оксиду, нітроген(V) оксиду, сульфур(VI) оксиду, ванадій(V) оксиду. Які з них є основними, а які — кислотними?
- 148.** Запишіть формули гідроксидів: Калію, Магнію, Стануму(2+), Хрому(3+), Купруму(2+), Барію. Підкресліть формули лугів.
- 149.** Випишіть окремо формули оксидів: а) кислотних; б) основних. Na_2O , P_2O_5 , CO_2 , SO_3 , SO_2 , CrO , BaO , Cu_2O , SiO_2 , Mn_2O_7 , Li_2O , N_2O_5 , MnO , SnO_2 , I_2O_5 .
Для оксидів, які можуть реагувати з водою, запишіть рівняння реакцій, для інших — формули відповідних кислот або основ.
- 150.** Доповніть схеми реакцій і назвіть утворені продукти:
а) $\text{Li}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$; б) $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots$; в) $\dots + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ba}(\text{OH})_2$.
- 151.** Унаслідок взаємодії кальцій оксиду (негашеного вапна) з водою утворюється кальцій гідроксид (гашене вапно). Під час реакції виділяється так багато теплоти, що вода може закипіти. Це використовують у хімічних грілках для розігрівання їжі або напоїв в одноразових пакетах. Запишіть рівняння цієї реакції.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 152.** За моделями речовин складіть хімічні рівняння.



- 153.** Оксос у перекладі з грецької означає «кислий», *гідро* — «вода», а *генеа* — «народжую». Як ви вважаєте, чому Лавуазьє запропонував назви для хімічних елементів Оксиген і Гідроген, відповідно?
- 154.** Розчин газуватого оксиду у воді змінює забарвлення лакмусу на червоне. Припустіть, які це гази могли бути.

- 155.** Речовини групи антоціанів називають «природними хамелеонами» через те, що за наявності кислот і лугів вони змінюють забарвлення. На світлині зображено різне забарвлення екстракту із червоноголової капусти (розчин антоціанів) за наявності різних речовин.



За таблицею 3 (с. 125) зробіть висновок про наявність кислоти або лугу в різних частинах склянки.

- 156.** Більшість індикаторів для виявлення кислот і основ, які використовують у хімічних дослідженнях, є двоколірними, тобто за надлишку кислоти молекули індикатора виявляють один колір, а за надлишку лугу — інший. У проміжних умовах у розчині «співіснують» обидві форми індикатора і ми бачимо змішаний колір. Так, молекули метилового оранжевого існують у двох модифікаціях: жовтій і червоній. А в разі існування в розчині обох модифікацій одночасно, ми спостерігаємо оранжеве забарвлення, що відображено в назві цього індикатора. Висловіть гіпотезу щодо забарвлення в розчинах кислот і основ таких індикаторів: бромкрезоловий зелений і метиловий зелений.
- 157.** Термін «індикатор» широко вживається в різних галузях науки й техніки: індикатор електрики, світловий індикатор, екологічний індикатор тощо. Дізнайтеся переклад із латини слова *indicator* і поясніть широковживаність цього терміна.

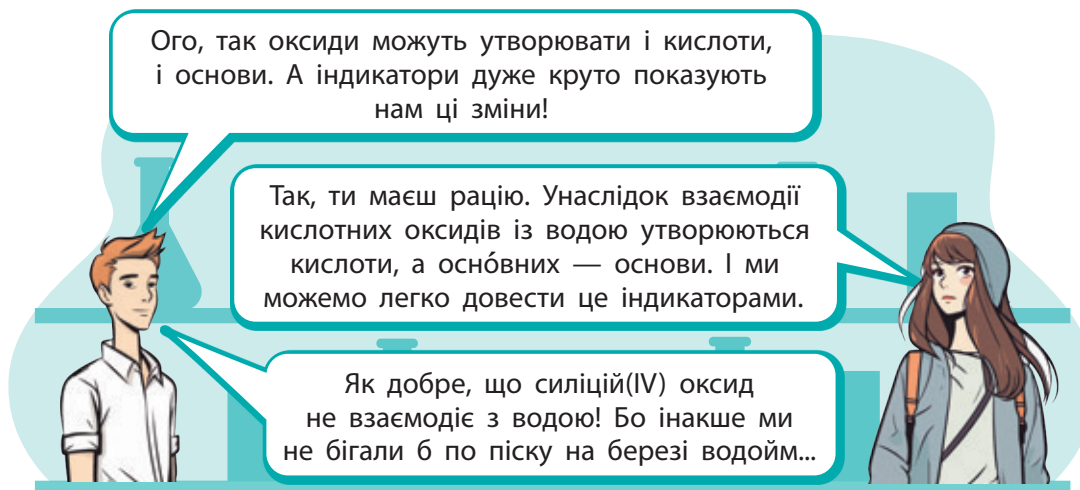


Індикатор нагріву
пательні



Індикатор заряду
батареї

- 158.** Як ви вважаєте, чи можна знайти в природних умовах фосфор(V) оксид, сульфур(VI) оксид і натрій оксид? Відповідь поясніть.
- 159.** Деякі оксиди використовують як осушувачі для зневоднення газів і деяких неводних рідин. На якому принципі ґрунтується дія оксидів як осушувачів? Які оксиди можна так застосовувати й чому саме їх?



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 3

«Виявлення кислот і лугів у розчинах»



rnk.com.ua/
110979

■ Що є метою нашої роботи?

Набути вмінь виявлення кислот і лугів у розчинах.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками.

Речовини: дистильована вода, розчини питної соди, кухонної солі, столовий оцет, розбавлені розчини кислот і лугів, розчини (або індикаторні папірці) лакмусу, метилоранжу, фенолфталеїну (спиртовий розчин), універсального індикатора.

■ Визначаємо ризики

У дослідженні передбачено дії з лугами та кислотами. Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи із цими реактивами? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

■ Що ми маємо зробити?

1. Підготуйте чотири серії з трьох пробірок кожна. У пробірки кожної серії налейте по 1–2 мл: у першу пробірку — розчину лугу, у другу — розчину кислоти, у третю — дистильованої води.
2. До кожної пробірки першої серії додайте по 2–3 краплі розчину лакмусу, до пробірок другої серії — по 2–3 краплі розчину метилоранжу, третьої серії — фенолфталеїну, четвертої серії — універсального індикатора. Замість розчинів можна використати індикаторні папірці.
3. Результати спостережень занотуйте в таблицю.
4. Підготуйте три пробірки. У першу налейте розчин кухонної солі об'ємом 1–2 мл, у другу — такий самий об'єм розчину питної соди, у третю — такий самий об'єм оцту. До кожної з пробірок додайте один з індикаторів (на свій вибір). Спостереження занотуйте, зробіть висновок щодо наявності кислоти або лугу у випробуваних розчинах.

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Чи можна виявити кислоту фенолфталеїном?
2. За результатами дослідження зробіть висновок: яким / якими індикаторами зручніше користуватися для виявлення: а) кислот; б) лугів.
3. Чому в цьому дослідженні рекомендовано використовувати саме дистильовану воду? Чи можна її замінити на водопровідну воду або воду в пляшках із магазину?
4. Зважаючи на відомі вам якісні реакції (виявлення озону та йоду), поясніть, чи є зміна забарвлення індикаторів якісною реакцією.

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час дослідження?
- Де вам можуть знадобитися вміння, яких ви набули?
- Що виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 4

«Виявлення кислот і лугів у побутових хімікатах природними індикаторами»¹



rnk.com.ua/
110980

■ Що є метою нашої роботи?

Визначити наявність кислот або лугів у засобах побутової хімії, розвивати навички здійснення якісного аналізу.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: одноразові стаканчики, ніж, лійка, фільтр (паперові рушники, фільтр для кавоварки, марлева тканина тощо), тертка.

Речовини та матеріали: буряк або червоноголова капуста чи квітки з яскравими пелюстками (на власний вибір), наявні зразки засобів побутової хімії та харчових продуктів.

■ Визначаємо ризики

У дослідженні передбачено дії із засобами побутової хімії. Вивчіть етикетки на пляшках (пакованні) та визначте небезпечні і проблемні ситуації, що можуть статися під час роботи із цими реактивами.

■ Що ми маємо зробити?

Визначити наявність кислот або лугів у засобах побутової хімії та харчових продуктах природними індикаторами, виготовленими власноруч.

Природні індикатори містяться в яскраво забарвлених рослинних об'єктах: у буряку (коренеплодах), червоноголовій капусті, чорниці, у яскравих пелюстках квіток (фіалки, календули, бузку тощо). Також можна використати зеленку (розчин «Брильянтового зеленого») з домашньої аптечки.

1. Приготуйте природний індикатор.

Це можна зробити в різні способи (на прикладі буряка):

- вичавити сік соковитискачем;
- натерти буряк і віджати сік через сито (чисту марлеву тканину).



¹ Для експериментування вдома.

Так само можна приготувати сік із червоноголової капусти або чорниці.

Для приготування індикатора з пелюсток квіток їх необхідно на ніч залити спиртом, а потім відфільтрувати.

2. Випробуйте отриманим індикатором наявні у вас зразки. У пластикові стаканчики налейте досліджувані харчові продукти й засоби побутової хімії об'ємом приблизно по 20–50 мл і долийте до них по 1–2 мл природних індикаторів.



Для випробування можна використати:

- розчини лимонної кислоти, харчової (питної) соди, прального порошку, мила;
 - маринад від маринованих овочів (огірків, помідорів тощо), сік квашеної капусти, свіже та прокисле молоко, кефір, йогурт, сметану, сік лимона (або інші соки) тощо;
 - засоби для чищення скла, унітаза, підлоги, духової шафи тощо (для випробування цих засобів потрібно налити в стаканчики воду об'ємом по 50 мл і додати по 5–10 мл засобів).
3. Занотуйте свої спостереження. За можливості сфотографуйте результати дослідження та створіть презентацію або лепбук.

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Чи придатний використаний вами природний індикатор для виявлення кислот і лугів?
2. Порівняйте свої результати з результатами дослідження ваших однокласників / однокласниць.

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Де вам можуть знадобитися вміння, яких ви набули?
- Які чинники сприяли або заважали роботі?
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

Я читав, що Гідроген — найперший хімічний елемент, який з'явився у Всесвіті. Отже, він старіший за Землю!

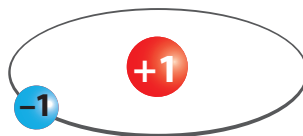
А якщо він найперший, то, напевно, має траплятися всюди. Чому ж тоді в повітрі немає водню?

Я знаю, що Гідроген є основою зір. Але чому його не помітно на Землі? Навіть не здогадуюся!



Гідроген у природі

Гідроген — перший хімічний елемент періодичної таблиці. Його атоми найпростіші: вони складаються з ядра з найменшим зарядом (+1) та лише одного електрона.



Модель атома Гідрогену

Майже всі атоми Гідрогену, що існують у світі, утворилися в перші хвилини після Великого вибуху — моменту виникнення нашого Всесвіту близько 14 млрд років тому. З атомів Гідрогену сформувалися перші зорі та міжзоряний газ. Тож Гідроген є найпоширенішим хімічним елементом у Всесвіті. Із кожних 100 атомів, що існують у Всесвіті, 89 — це атоми Гідрогену.



На Землі Гідрогену значно менше. Масова частка Гідрогену в земній корі становить близько 1%. Утім, якщо зважати на число атомів, то з кожних 100 атомів у земній корі 17 — атоми Гідрогену. І це не дивно: атоми Гідрогену є в складі майже всіх органічних сполук і багатьох неорганічних.



Пригадайте

Пригадайте формули та назви сполук, у складі яких є Гідроген.

Леткі сполуки з Гідроеном



Поміркуйте

Леткий — це такий, який має здатність швидко зникати, поширюючись у повітрі. Що, на вашу думку, означає термін «летка сполука»?

Багато хімічних елементів утворюють сполуки з Гідроеном. Але характерною особливістю Гідроену є те, що з неметалічними елементами він переважно утворює леткі сполуки, які за кімнатної температури рідкі (вода та гідроген фторид) або газуваті.

		Група				
		13	14	15	16	17
2-й період		BH_3 боран	CH_4 метан	NH_3 амоніак	H_2O вода	HF гідроген фторид
	3-й період	SiH_4 силан	PH_3 фосфін	H_2S гідроген сульфід	HCl гідроген хлорид	
	4-й період	GeH_4 герман	AsH_3 арсин	H_2Se гідроген селенід	HBr гідроген бромід	
	5-й період		SbH_3 стибін	H_2Te гідроген телурид	HI гідроген йодид	

— не виявляють властивостей кислот або основ

— виявляють властивості основ

— виявляють властивості кислот

Водні розчини летких сполук Гідроену з елементами 16-ї та 17-ї груп є кислотами, амоніак і фосфін у водному розчині виявляють властивості основ, а для інших властивості кислот або основ не характерні.

Розчин гідроген хлориду у воді називають хлоридною кислотою, гідроген сульфід у воді називають сульфідною кислотою.

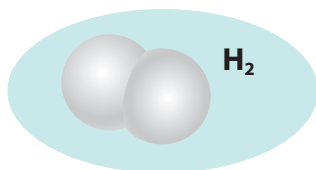


Досліджуємо, моделюємо, проєкуємо

Створіть моделі молекул летких сполук із Гідрогеном хімічних елементів 14-ї та 15-ї груп періодичної таблиці.

Водень

Атоми Гідрогену хімічно нестійкі, тому об'єднуються у двоатомні молекули, утворюючи просту речовину водень.

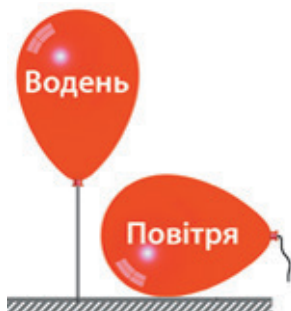


Хімічна формула
й модель молекули
водню

Водень:

- газ без кольору, смаку та запаху;
- розчинність у воді: за 0°C в 1 л води розчиняється 21,4 мл водню, за 20°C — 18,8 мл;
- густина за 0°C та нормального атмосферного тиску — 0,09 г/л;
- $t_{\text{кип.}} = -252,9^\circ\text{C}$, $t_{\text{пл.}} = -259,2^\circ\text{C}$;
- діамантний (не притягується магнітом);
- вибухонебезпечний.

Твердий водень — це кристали, що нагадують сніг. Проте за тиску понад 4 млн атм твердий водень стає металом. Такий металічний водень міститься в глибинних шарах Юпітера навколо його ядра.



Водень — найлегший газ, він у 14,5 разів легший за повітря. Через це повітряні кулі, дирижаблі та маленькі повітряні кульки, наповнені воднем, легко здіймаються в повітря.

Попри малу розчинність водню у воді, він розчиняється в багатьох металах: нікелі, платині тощо. Найкраща розчинність водню в паладії: 850 об'ємів водню в 1 об'ємі металу.

Водень у природі

На Землі відбувається багато процесів, під час яких виділяється водень (мал. 15.1): вулканічна активність, розкладання води під дією радіоактивного випромінювання, у геотермальних джерелах тощо. Також водень утворюється внаслідок життєдіяльності деяких анаеробних бактерій, зокрема, в кишечнику ссавців.

Проте в повітрі об'ємна частка водню дуже мала: на рівні моря вона становить 0,00005 %. Увесь утворений у природі водень через свою легкість здіймається у верхні шари атмосфери: на висоті 50 км його вміст збільшується в десятки разів, а на висоті понад 100 км атмосфера складається майже з чистого водню.

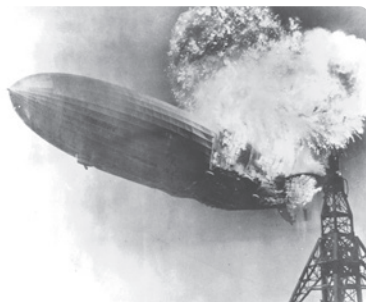


Мал. 15.1. Природні джерела водню

Робота з інформацією

- 160.** Знайдіть інформацію про відкриття водню. Які дослідження дали змогу його відкрити? Підготуйте ілюстроване повідомлення.
- 161.** Обчисліть кількості речовини кисню та водню масою по 1 г. У якому зразку більше атомів і в скільки разів?
- 162.** Запишіть рівняння реакцій утворення з простих речовин: а) амоніаку; б) гідроген хлориду; в) метану.
- 163.** У який спосіб можна довести наявність гідроген хлориду або гідроген броміду у водному розчині?

- 164.** На початку ХХ століття водень широко використовували для виготовлення дирижаблів, доки не сталася трагедія з повітряним судном «Гінденбург». Які висновки було зроблено після цього? Підготуйте коротке ілюстроване повідомлення про використання дирижаблів і катастрофу «Гінденбурга».



- 165.** Обчисліть густину водню за нормальних умов, порівняйте отримане значення з наведеним у параграфі.
- 166.** За матеріалом параграфа обчисліть масову частку водню у водному розчині, якщо за температури 20°C розчиниться його максимальний об'єм. Порівняйте з масовою часткою кисню за аналогічних умов (див. § 9). До яких речовин (розчинних, малорозчинних чи практично нерозчинних) належать кисень і водень?
- 167.** Обчисліть масову частку водню, розчиненого в паладії, якщо в металі розчиниться його максимальний об'єм (н. у.). Густина паладію — $12,02 \text{ г/см}^3$. Для розрахунків використайте дані з параграфа.

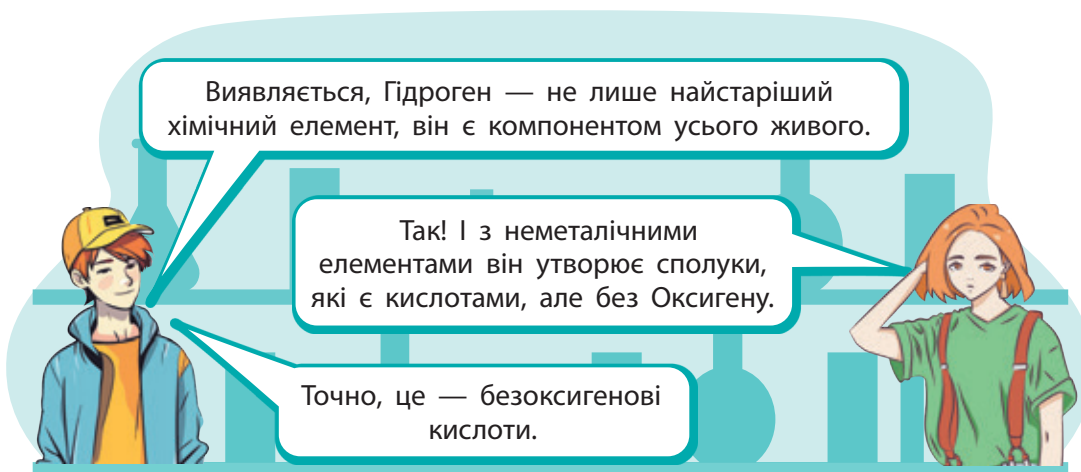
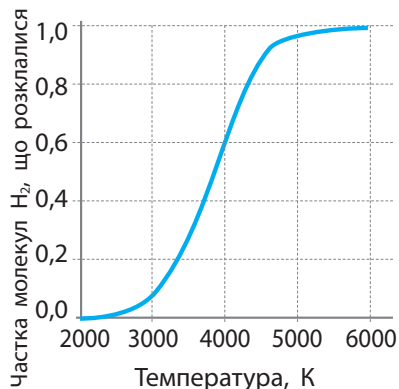
Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 168.** Чому Гідроген є найпоширенішим елементом у Всесвіті?
- 169.** Поясніть, як поширеність Гідрогену пов'язана з утворенням молекул води й інших сполук на Землі.
- 170.** Порівняйте поширеність Гідрогену й Оксигену у Світовому океані: а) за масовою часткою; б) за числом атомів.
- 171.** Газуватий водень у продаж постачають у балонах об'ємом 40 л, пофарбованих зазвичай у зелений колір. За підвищеного тиску в такий балон уміщується близько 560 г водню. Порівняйте, де міститься більше водню: в 1 балоні об'ємом 40 л чи в бруску паладію такого самого об'єму. Чи можна зробити висновок щодо економічної вигідності транспортування водню в балонах і розчиненим у паладії? А про безпечність транспортування?
- 172.** За матеріалом параграфа визначте діапазон температур, у якому існує рідкий водень (за нормального тиску). Порівняйте його з аналогічним діапазоном для кисню (див. § 9).

173. Хлоридна кислота відома від XVII століття під назвою соляна кислота, або соляний спирт (від лат. *spiritus salis* — «дух солі»). Антуан Лавуазьє висловив гіпотезу, що ця кислота утворена невідомим на той час хімічним елементом Мурієм. Запропонуйте формулу мурієвої кислоти, якщо припустити, що вона мала б таку саму молекулярну масу, як і хлоридна. Яка відносна атомна маса мала б бути в Мурію? Яке місце в періодичній таблиці мав би посісти Мурій?

174. Проаналізуйте графік атомізації (дисоціації) водню.

- Запишіть хімічне рівняння процесу атомізації водню.
- Дізнайтеся значення слова «дисоціація» і сформулюйте гіпотезу, чому цей термін тут є синонімом терміна «атомізація».
- У якому діапазоні температур «вигідне» існування лише молекул водню?
- За якої температури атомізація водню відбувається щонайменше на 5 %?
- Чи існують молекули водню на поверхні Сонця? А в атмосфері Юпітера? (Для відповіді скористайтесь додатковими джерелами інформації.)



А ти знаєш, що водень може створити «гримучий газ»? Це схоже на щось із хімічної лабораторії мага!

На мою думку, магія тут ні до чого, але водень справді може здивувати. Він взаємодіє з різними речовинами та навіть здатен спричиняти вибухи, якщо поводитися з ним необережно.

Вибухи? Звучить круто!
Де роздобути водень?...

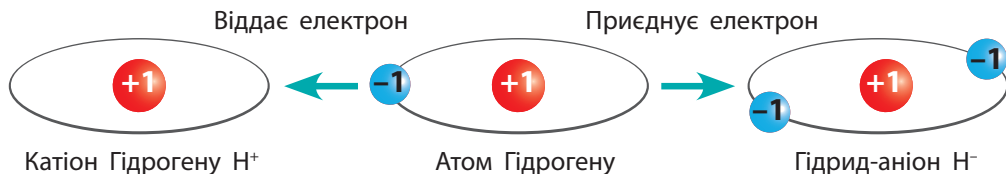
Які йони характерні для Гідрогену?



Поміркуйте

За розміщенням Гідрогену в періодичній таблиці визначте: він є металічним чи неметалічним елементом. Атоми Гідрогену прагнуть віддавати чи приєднувати електрони?

Гідроген — неметалічний елемент, проте він може як віддавати, так і приєднувати електрони.



Унаслідок такої особливості Гідроген може утворювати сполуки як із металічними, так і з неметалічними елементами. А водень реагує як із металами, так і з неметалами.

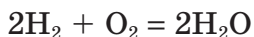
Реакції водню з неметалами

Водень реагує майже з усіма неметалами, а з елементами 17-ї групи (галогенами) водень реагує доволі активно.

Наприклад:

- із фтором: $\text{H}_2 + \text{F}_2 = 2\text{HF}$ (реагує з вибухом за будь-якої температури);
- із хлором: $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{h\nu} 2\text{HCl}$ (реагує за умови освітлення).

У разі підпалювання або за наявності каталізатора (платина, паладій тощо) водень активно реагує з киснем:



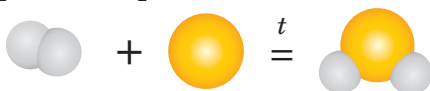
Поміркуйте

У якому об'ємному співвідношенні слід змішати водень і кисень, щоб усі реактанти прореагували повністю? Відповідь обґрунтуйте.

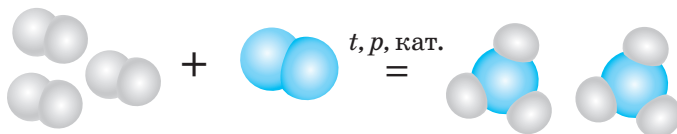
Якщо в посудині змішати разом водень і кисень, то реакція відбувається з вибухом. Особливо потужний вибух відбувається в разі змішування водню з киснем у співвідношенні 2 : 1. Таку суміш називають «гримучим газом», оскільки він вибухає від найменшої іскри.

Також за певних умов водень реагує з іншими неметалами:

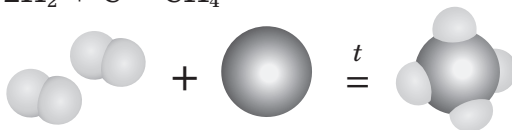
- із сіркою: $\text{H}_2 + \text{S} \xrightarrow{t} \text{H}_2\text{S}$



- з азотом: $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \xrightarrow{t, p, \text{кат.}} 2\text{NH}_3$



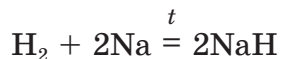
- із сажею: $2\text{H}_2 + \text{C} \xrightarrow{t} \text{CH}_4$



Реакції водню з металами

Водень реагує з активними металами, утвореними хімічними елементами 1-ї та 2-ї груп періодичної таблиці (відповідно, із лужними та лужноземельними металами).

Наприклад, із лужним металом натрієм:

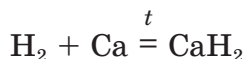


Поміркуйте

Як називають продукт цієї реакції?

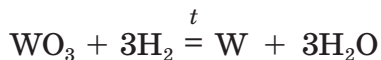
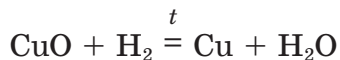
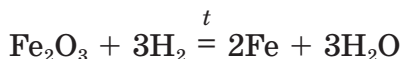
Сполуки металічних елементів із Гідроеном називають так само, як і інші бінарні сполуки (див. § 2). Так, NaH — натрій гідрид.

Так само відбувається реакція лужноземельного металу кальцію з воднем — утворюється кальцій гідрид:



Реакції водню з оксидами

Багато оксидів металічних хімічних елементів взаємодіють із воднем з утворенням металів:



Завдяки таким реакціям можна одержувати метали, зокрема, у промислових обсягах.

Оксиди металічних елементів часто є складниками металічних руд, які використовують для промислового одержання металів. Водень відновлює метали з непривабливої зовні руди. Реакції оксидів із воднем є прикладом *реакцій відновлення*.

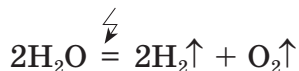
Одержання водню



Поміркуйте

Вивчаючи § 9, ви дізналися про спосіб одержання кисню електролізом води. Чи можна цей спосіб використовувати для одержання водню?

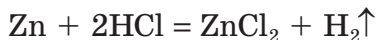
Ви знаєте, що під час електролізу води утворюються кисень і водень. Отже, у цей спосіб можна одержувати обидві ці речовини:



Поміркуйте

Проаналізуйте малюнок 9.3 на с. 73. Чим можна пояснити різницю об'ємів газів в обох пробірках?

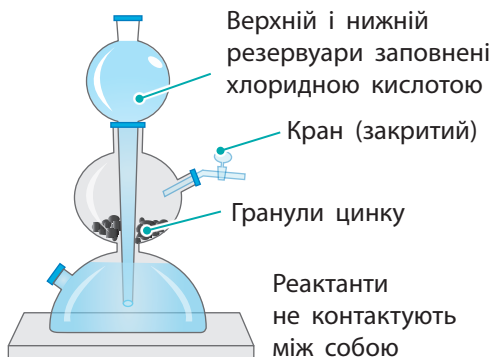
У лабораторії водень частіше одержують взаємодією металів із кислотами, зокрема, цинку з хлоридною кислотою:



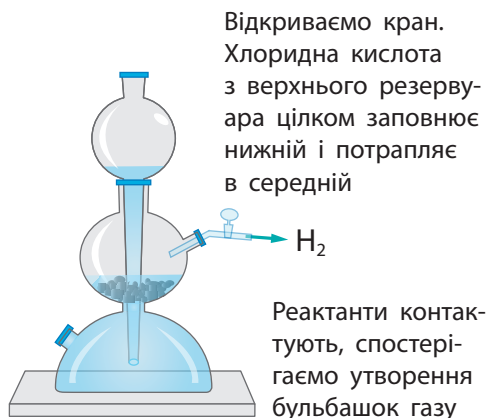
У цій реакції метали витісняють атоми Гідрогену з кислот. Продукти такого заміщення називають солями, про що ви дізнаєтеся на наступних уроках.

Цю реакцію для одержання водню здійснюють в апараті Кіппа.

У зарядженому стані апарат
готовий до використання



Апарат у робочому стані



Робота з інформацією

175. Поясніть, як утворюються йони Гідрогену H^+ і H^- .
176. Проаналізуйте рівняння реакцій водню з неметалами. Поясніть умови, за яких відбувається та чи інша реакція. Запишіть назви утворених продуктів реакцій.
177. Запишіть формули бінарних сполук Гідрогену з: K, Li, Mg, Sr, Al.
178. Запишіть хімічні рівняння утворення бінарних сполук, згаданих у попередньому завданні, із простих речовин.
179. Запишіть назви сполук: Fe_2O_3 , CuO, WO_3 , Ag_2O , MnO. Для останніх двох речовин запишіть рівняння реакцій із воднем.
180. Останнім часом дедалі більше застосовують промисловий спосіб одержання чистого заліза відновленням ферум(3+) оксиду воднем. Обчисліть об'єм водню (н. у.), який витрачається під час одержання заліза з ферум(3+) оксиду масою 160 кг.
181. Реакція цинку з хлоридною кислотою — найпоширеніший спосіб одержання водню в шкільній лабораторії. Обчисліть масу цинку, яка знадобиться для одержання водню об'ємом 5,6 л (н. у.).
182. У промисловості водень використовують для синтезу метану з вуглецю за високої температури. Обчисліть об'єм водню (н. у.), необхідний для одержання метану масою 44 г.
183. Під час електролізу води одержують водень, який можна використовувати як пальне. Обчисліть масу витраченої води й об'єм утвореного кисню, якщо під час електролізу одержано 2 м³ водню (н. у.).
184. Амоніак — дуже важлива промислова речовина, він є сировиною для одержання азотних добрив. Обчисліть об'єм водню (н. у.), необхідний для одержання амоніаку масою 340 кг.
185. Деякі метали, зокрема, хром, використовують для захисту сталі від корозії (іржавіння). Обчисліть масу хром(3+) оксиду, який можна відновити, використовуючи водень об'ємом 44,8 л (н. у.). Обчисліть масу утвореного хрому.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

186. Зважаючи на процеси, які відбуваються в апараті Кіппа, спрогнозуйте: водень, який виділяється з нього, є вологим чи сухим (без домішок водяної пари).

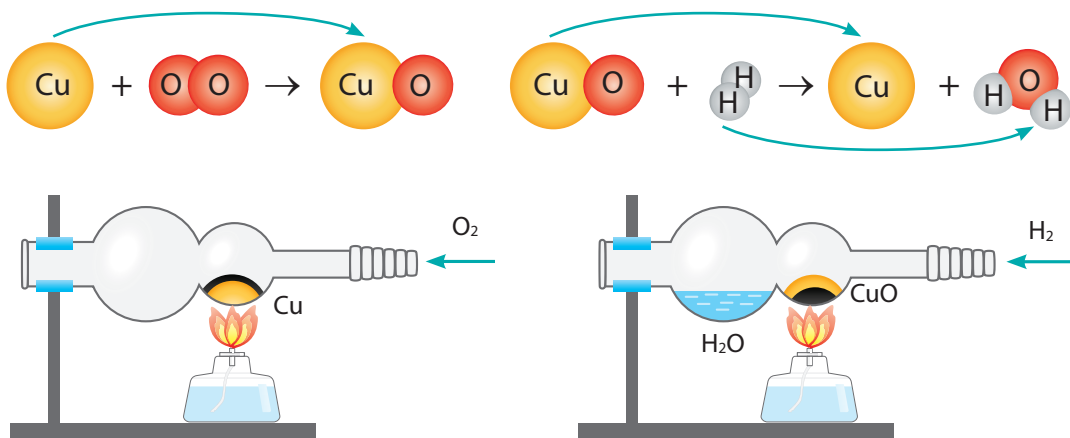
187. Зважаючи на число реактантів і продуктів реакції, з-поміж хімічних реакцій можна виділити, зокрема, такі:

- сполучення: $A + B \rightarrow AB$;
- розкладу: $AB \rightarrow A + B$;
- обміну: $AB + CD \rightarrow AD + CB$;
- заміщення: $AB + C \rightarrow CB + A$.

Проаналізуйте хімічні властивості водню та способи його одержання, описані в параграфі. До якого типу належить кожна з реакцій? Поясніть свою відповідь.

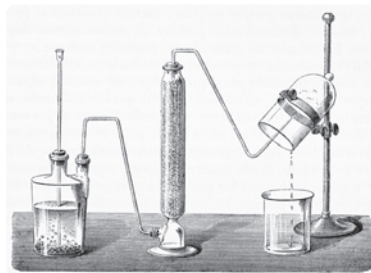
188. Водень легко відновлює мідь із купрум(2+) оксиду за нагрівання. Під час цієї реакції утворюється мідь, оскільки вона вже не здатна реагувати з воднем. Як ви вважаєте, чи можливо здійснити реакцію одержання натрію під час взаємодії натрій оксиду з воднем?

189. Пригадайте, які реакції називають окисненням (за § 10). Проаналізуйте схеми, на яких проілюстровано два хімічні процеси. Сформулюйте гіпотезу, чому реакції окиснення та відновлення називають протилежними процесами. Відповідь обґрунтуйте.

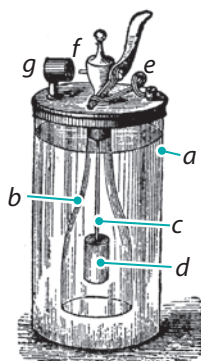


190. Зважаючи на хімічні властивості та способи одержання водню, описані в параграфі, спрогнозуйте, як можна використовувати водень у науці й техніці. Перевірте свої припущення за додатковими джерелами інформації.

191. Проаналізуйте гравюру зі старого підручника хімії. На ній зображено дослід із доведення факту, що під час згоряння водню утворюється вода. Схарактеризуйте значення кожної частини приладу та процеси, які в них відбуваються.



192. «Кресало Деберейнера» — один із перших пристроїв для отримання вогню в домашніх умовах, що набув популярності близько 200 років тому. Певною мірою це була перша у світі запальничка. Схематично цей пристрій зображено на малюнку. Проаналізуйте його й поясніть принцип дії цього кресала.

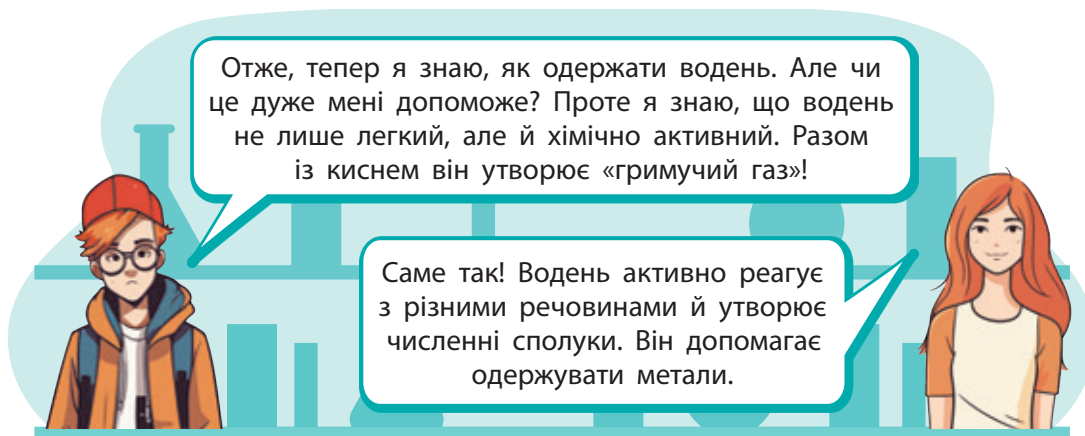


- a* — склянка з кислотою;
- b* — бутель без дна;
- c* — стержень;
- d* — цинковий циліндр;
- e* — клапан;
- f* — форсунка;
- g* — платинова спіраль

193. Установлення певних фактів і закономірностей у науці іноді потребує низки відкриттів, зокрема, праці різних науковців/науковиць. Навіть визначення формули води та деяких простих речовин, на кшталт водню й хлору, відбулося не одразу. Близько 200 років тому склад молекул згаданих речовин записували як HO , H , Cl , відповідно. Лише після відкриття 1811 року свого газового закону (який учні й учениці іноді називають законом «трьох однакових»), Амедео Авогадро встановив правильні формули цих речовин: H_2O , H_2 і Cl_2 .

Визначте правильність тверджень, які могли б допомогти Авогадро дійти правильних висновків.

- I. Якби молекули водню й хлору були одноатомними, то внаслідок реакції $\text{H} + \text{Cl} = \text{HCl}$ відбувалося б зменшення об'єму початкової суміші газів.
- II. Якщо реакцію утворення гідроген хлориду записати як $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl}$, то цим пояснюється відсутність зміни об'єму суміші газів.
- III. Якщо формула води H_2O , то під час взаємодії водню з киснем об'єм суміші газів має зменшитися на третину.



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 5

«Досліджуємо водень»¹



rnk.com.ua/
110981

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити лабораторний спосіб одержання водню, фізичні властивості водню та способи його збирання.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: апарат Кіппа, кристалізатор із водою, соломинка, пробірки, сірники.

Рективи: цинк, хлоридна кислота, мильний розчин.

■ Визначаємо ризики

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



■ Що ми маємо зробити?

I. Досліджуємо роботу апарата Кіппа

Ознайомтеся з улаштуванням апарата Кіппа (див. малюнок на с. 142).

Відкрийте кран газовідвідної трубки та спостерігайте за виділенням газу. Закрийте кран та спостерігайте за тим, що відбувається.

¹ Демонстраційно або віртуально.

II. Досліджуємо фізичні властивості водню



Поміркуйте

Як підтвердити або спростувати гіпотезу, що густина водню менша за густину повітря?

Відкрийте кран газовідвідної трубки апарата Кіппа, а газовідвідну трубку занурте у склянку, наповнену мильним розчином. Що ви спостерігаєте?

Для порівняння запропонуйте одному/одній із вас продмухувати повітря з легень соломиною крізь такий самий мильний розчин.

Замалюйте в зошиті апарат Кіппа та результати дослідження.

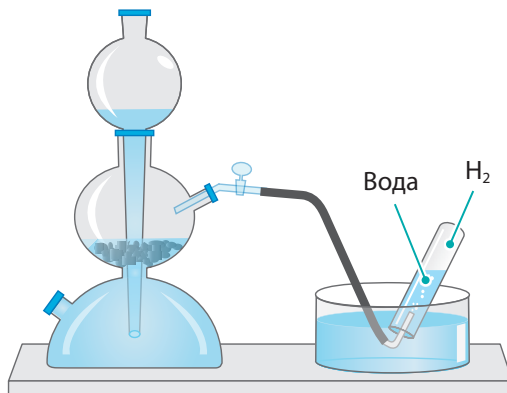
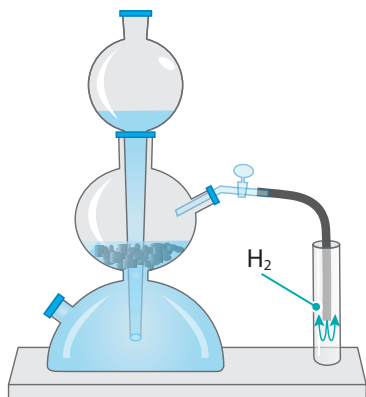
III. Збираємо водень



Поміркуйте

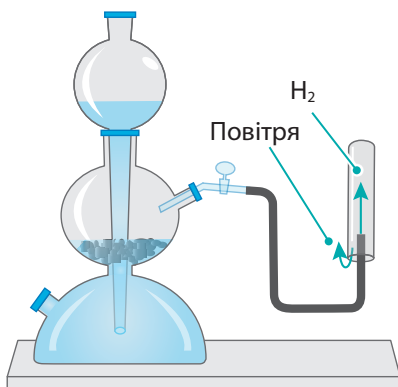
Зважаючи на відомі вам способи збирання газів, спрогнозуйте: у який спосіб можна збирати водень.

Водень, як і кисень, майже не розчиняється у воді та не реагує з водою, тому його можна збирати методом витіснення води.



Водень можна збирати й способом витіснення повітря, проте варто згадати про густину водню.

Якщо пробірку тримати отвором догори, то водень не зможе витиснути повітря та зібратися на дні. Він одразу буде здійснюватися вгору.



Якщо пробірку тримати отвором униз, то водень збирається вгору (біля дна) та витісняє повітря через отвір.

Наповніть воднем дві пробірки.

IV. Перевіряємо наявність водню

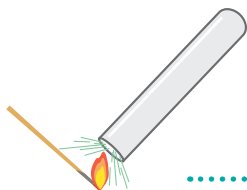
Водень неможливо побачити, тож не завжди можна визначити, наповнилася пробірка воднем чи ні.



Поміркуйте

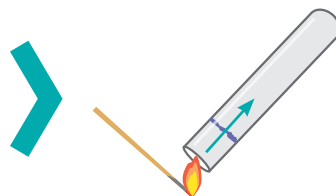
Сформулюйте гіпотезу: у який спосіб можна довести наявність водню в пробірці.

Наявність водню доводять, ґрунтуючись на його здатності горіти (вибухати). Для доведення наявності водню в пробірці до її отвору треба піднести запалений сірник (запальничку).



Якщо пробірка заповнена не чистим воднем, а його сумішшю з киснем, то в разі піднесення запаленого сірника лунає хлопання (невеличкий вибух).

Якщо пробірка містить чистий водень, то в разі піднесення запаленого сірника він швидко згоряє по всій довжині пробірки без гучних звуків.



Перевірте наявність водню в наповнених вами пробірках. Зробіть висновок про чистоту водню.

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. За якою ознакою можна стверджувати, що реакція в апараті Кіппа відбувається?
2. Апарат Кіппа — зручний прилад для одержання в ньому різних газів, а не лише водню, у лабораторії. Зручність насамперед полягає в тому, що апарат легко перемикається із зарядженого стану в робочий і навпаки лише поворотом крана на газовідвідній трубці.
Поясніть: а) як апарат Кіппа переходить у робочий стан після відкриття крана; б) як апарат переходить у заряджений стан після закриття крана.
3. Унаслідок якого процесу кислота з верхнього резервуара потрапляє в середній після відкриття крана?
4. Унаслідок яких фізичних процесів кислота піднімається у верхній резервуар після закриття крана?
5. Як результати дослідження (дослід II) доводять різницю густин водню та повітря?
6. На яких фізичних процесах ґрунтуються способи збирання водню витісненням води та витісненням повітря?
7. На чому ґрунтується спосіб виявлення водню?
8. На чому ґрунтується спосіб визначення чистоти зібраного водню?

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження? Яких умінь набули?
- Що виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Які чинники сприяли або заважали вам під час роботи?
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

А ти знаєш, що «сіль» — це не лише кухонна, яку ми додаємо до картоплі? Виявляється, у хімії є й інші солі! Як їх розрізняють? Ці заряди, йони... Як не заплутатися?

Якщо солей існує багато, то, гадаю, вони мають власні назви і можуть різнитися за властивостями.



Пригадайте

Правила складання назв бінарних сполук і визначення зарядів йонів (за § 2).
Формули кислот і заряди аніонів кислотних залишків (за § 14).

Поняття про солі

У побуті сіллю ми називаємо лише одну сіль — кухонну — натрій хлорид NaCl . А в хімії солями називають окремий клас сполук.



Солі — це сполуки, які складаються з катіонів і аніонів кислотних залишків.

У формулах солей спочатку записують символ катіона (металічного елемента), а потім — аніона (кислотного залишку):

катіон **аніон** , наприклад, **Ва** **SO_4** , **Са** **Cl_2**

Назви солей складають так само, як назви бінарних сполук:

назва катіона в називному відмінку	назва аніона в називному відмінку
---------------------------------------	--------------------------------------

наприклад: K_2SO_3 — калій сульфїт, CaCO_3 — кальцій карбонат.

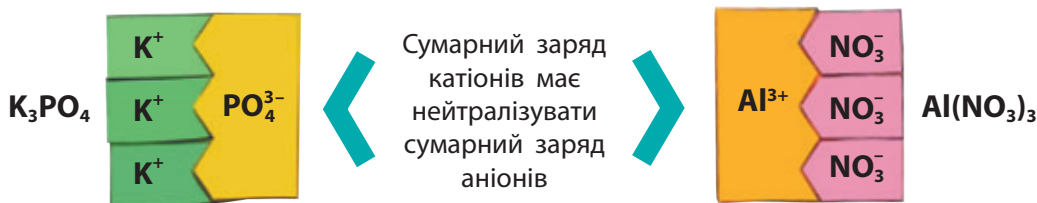
Якщо атоми металічних елементів можуть перетворюватися на катіони з різними зарядами, то в назві обов'язково треба зазначати заряд катіона:

назва катіона в називному відмінку	заряд (у дужках)	назва аніона в називному відмінку
---------------------------------------	---------------------	--------------------------------------

наприклад: FeSO_4 — ферум(2+) сульфат, CuCl_2 — купрум(2+) хлорид.

Складання формул солей

Формули солей складають, як і формули бінарних сполук, за відомими зарядами катіонів і аніонів. Головне — пам'ятати, що сполука в цілому електронейтральна.



Як і для бінарних сполук, можна скористатися алгоритмом.

Алгоритм

Складаємо формули солей (на прикладі калій сульфіту й барій ортофосфату)

Порядок дій	Калій сульфіт	Барій ортофосфат
1. Записуємо символи катіона (першим) та аніона й підписуємо заряди	$\text{K}^+ \text{SO}_3^{2-}$	$\text{Ba}^{2+} \text{PO}_4^{3-}$
2. Визначаємо найменше спільне кратне (НСК) для значень зарядів (за модулем)	$\text{НСК}(1 \text{ і } 2) = 2$	$\text{НСК}(2 \text{ і } 3) = 6$
3. Результат ділення НСК на заряд (за модулем) дорівнює індексу для цього йона у формулі	$2 : 1 = 2(\text{K})$ $2 : 2 = 1(\text{SO}_3)$	$6 : 2 = 3(\text{Ba})$ $6 : 3 = 2(\text{PO}_4)$
4. Записуємо індекси після символів йонів	K_2SO_3	$\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$

Деякі солі, які широко використовують у побуті, крім систематичних назв, мають ще побутові (традиційні). Ви вже знаєте, що натрій хлорид NaCl називають кухонною (або кам'яною) сіллю, натрій карбонат Na_2CO_3 — кальцинованою содою, а калій карбонат K_2CO_3 — поташем тощо.

Фізичні властивості солей



Поміркуйте

Солі складаються з катіонів і аніонів, тож вони мають йонну будову. Зважаючи на знання про властивості речовин йонної та молекулярної будови, спрогнозуйте загальні фізичні властивості солей.

Солі мають йонну будову. Саме тому всі солі за звичайних умов є твердими кристалічними речовинами з високими температурами плавлення й не мають запаху. Солі різняться за розчинністю: одні солі добре розчинні у воді, інші — майже не розчиняються. Про розчинність солей можна дізнатися за таблицею розчинності на форзаці 2 підручника.

Є солі безбарвні, а деякі мають характерний колір. Так, солі Феруму(3+) — жовті або червоні, а якщо в кислотному залишку є атом Хрому, то такі солі жовті або оранжеві.

Як виняток, деякі солі внаслідок певних хімічних реакцій, іноді мають запах. Але це запах не власне солі, а продуктів реакцій. Так, алюміній сульфід має запах сірководню (гідроген сульфіду), а розчини солей сульфітної кислоти мають характерний запах сірчастого газу.



Ферум(3+) хлорид FeCl_3



Калій хромат K_2CrO_4



Дізнайтеся більше

В Антарктиді на льодовику Тейлора можна спостерігати цікаве природне явище — «кривавий водоспад». Глибоко під льодом є солоне озеро. Час від часу вода з нього виливається водоспадом крізь тріщину в льодовику. Вона містить сполуки Феруму, які забарвлюють воду в криваво-червоний колір.

Поширеність у природі та застосування солей

Натрій карбонат Na_2CO_3 (кальциновану соду) одержують із природного мінералу $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (кристалічної соди) й використовують для виготовлення скла, мила, пральних порошків тощо.

Калій карбонат K_2CO_3 (поташ) використовують для виробництва мінеральних добрив, виготовлення кристалю й оптичного скла тощо.

Глауберова сіль $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (мірабіліт) — важливий реактив для лабораторної практики, також його використовують для виготовлення скла. Має проносну дію, що є характерною для всіх розчинних солей сульфатної кислоти.

Арсен(III) сульфід As_2S_3 (аурипігмент) — цінний мінерал, із якого раніше виготовляли золоту та жовту фарби, які використовували в іконописі. Надзвичайно отруйний. Є сировиною для одержання арсену.

Цинк сульфід ZnS (цинкова обманка, сфалерит) є сировиною для одержання цинку. Зі сфалериту виготовляють цинкові білила, а також фарби, що світяться в темряві.

Аргентум(1+) нітрат AgNO_3 (ляпіс) здавна використовували для виготовлення дзеркал. Солі Аргентуму іноді використовують для регулювання погоди: якщо з літака розпилити AgI або AgBr , то вони конденсують водяну пару, і випадає дощ.

Солі Кальцію є складником багатьох порід і мінералів. **Кальцій сульфат** — мінерал гіпс — використовують у будівництві, а також у медицині для фіксації зламаних кінцівок.





■ Чиста кухонна (кам'яна) сіль — безбарвна речовина. А ось «делікатесна», або «царська», сіль має ніжно-рожевий колір і приємний запах через уміст мікроскопічних водоростей. В Україні така сіль трапляється на берегах солоних Сиваських озер, що на заході Азовського моря. Саме звідси починався шлях українських чумаків, справою яких були видобуток і торгівля сіллю.



- На території України є величезні поклади кам'яної солі, які вважають невичерпними. Найбільші родовища на Донбасі (Артемівське й Слов'янське), у Прикарпатті та Закарпатті (Солотвинське), а також у Криму. За хімічною чистотою сіль деяких родовищ вважають найкращою у світі. Високоякісна кам'яна сіль є важливим експортним товаром України.
- У давні часи кухонну сіль уважали майже коштовністю. Справді, без золота прожити можна, а без солі — ні.

Робота з інформацією

- 194.** Назвіть солі: а) K_2SO_4 ; б) $Cr(NO_3)_3$; в) $MgCl_2$; г) $CuSO_4$; д) $SnCl_2$; е) $AgNO_3$; ж) $AlPO_4$; и) $BaSO_3$; к) BaS ; л) $BaSO_4$; м) Na_2SiO_3 ; н) $NaBr$; п) $MnSO_4$; р) Ag_2S ; с) $Mg_3(PO_4)_2$. Зазначте заряди катіонів і аніонів кислотних залишків. Запишіть формули кислот, кислотні залишки яких містяться у складі цих солей.
- 195.** Запишіть формули солей: а) магній карбонату; б) цинк нітрату; в) алюміній нітрату; г) натрій сульфату; д) кальцій силікату; е) аргентум(1+) хлориду; ж) магній сульфіту; и) алюміній сульфіді; к) ферум(3+) сульфату; л) хром(3+) ортофосфату; м) магній броміду; н) кальцій йодиду; п) кальцій ортофосфату; р) меркурій(2+) нітрату; с) купрум(1+) фториду.
- 196.** Назва «кальцинована сода» свідчить про спосіб одержання безводного натрій карбонату прожарюванням, що на латину перекладається, як кальцинування. Запишіть формулу натрій карбонату.
- 197.** Обчисліть кількість речовини купрум(2+) сульфату в розчині масою 120 г із масовою часткою солі 4 %.

198. Обчисліть маси: а) хром(3+) сульфату кількістю речовини 0,35 моль; б) кальцій фториду кількістю речовини 0,7 моль; в) магній силікату кількістю речовини 1,2 моль.

199. У складі пластмаси для деталей конструктора «Лего» міститься барій сульфат. Солі Барію дуже отруйні, але барій сульфат майже нерозчинний у воді, що робить його нетоксичним для організму. До того ж його дуже добре видно на рентгенівських знімках. Якщо дитина проковтне деталь, її можна знайти за цими знімками. Запишіть формулу барій сульфату.



200. Фізіологічний розчин — це водний розчин натрій хлориду, у якому масова частка солі становить 0,9 %. Обчисліть масу натрій хлориду, необхідну для приготування фізіологічного розчину об'ємом 5 л (густину розчину вважати 1 г/мл).

201. У воді масою 532,8 г розчинили кальцій хлорид кількістю речовини 0,2 моль. Обчисліть масову частку кальцій хлориду в розчині.

202. Із-поміж солей, згаданих у завданнях до параграфа, оберіть одну та підготуйте повідомлення про неї: поширення в природі, властивості, застосування сьогодні або в перспективі.

203. Пригадайте поширеність хімічних елементів у земній корі. Чому найпоширенішими солями в земній корі є силікати й карбонати? Як їх можна використовувати?

Тепер я знаю, що сіль — це не лише NaCl , а велика «родина» речовин, утворених йонами.

Точно! Головне пам'ятати, що солі складаються з катіонів і аніонів. Солі можна «впізнати» за формулами та назвами, які можна глянути в таблиці розчинності.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 6

«Досліджуємо активність металів»



rnk.com.ua/
110982

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити активність металів у реакціях із кислотами.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: штатив із пробірками.

Реактиви: зразки металів (цинк, алюміній, залізо, мідь, олово, магній тощо), зразки кислот (хлоридна або сульфатна). (Натрій, калій або кальцій (за наявності) досліджуються віртуально або демонстраційно.)

■ Визначаємо ризики

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



■ Що ми маємо зробити?

Дослідити взаємодію різних металів із кислотами.



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотези:

- чи можливо дослідити активність металу за його реакцією з кислотою;
- чи будь-яку кислоту можна додавати до будь-якого металу для дослідження.

1. У пробірки помістіть наявні зразки металів. З'ясуйте, чи можна за зовнішнім виглядом визначити той чи той метал.
2. До кожної пробірки долийте по 1–2 мл наявної кислоти.



Зверніть увагу!

Залежно від наявних у шкільному кабінеті металів і кислот, дотримуйтеся інструкції вчителя / вчительки щодо того, яку кислоту додавати до певного металу.

- Що ви спостерігаєте? Чи можна за результатами спостереження дізнатися про активність металів?
- Занотуйте свої спостереження в зошиті та запропонуйте хімічні рівняння цих реакцій.
- Розташуйте символи досліджених металів у ряд від найактивнішого до найменш активного.
- Порівняйте свій ряд із рядом активності металів на форзаці 2 підручника.

■ Який висновок ми маємо зробити?

Співвіднесіть активність досліджених металів із місцем відповідних хімічних елементів у періодичній таблиці.

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Чи можливо схарактеризувати активність металу за спостереженням його реакції з кислотою? Відповідь аргументуйте.
2. Як варто враховувати розчинність продукту реакції для визначення кислоти, яку треба додавати до певного металу?
3. Яку ознаку реакції металів із кислотами можна використовувати для порівняння активності металів?
4. Чи існує будь-яка залежність (кореляція) між місцем металічного елемента в періодичній таблиці й активністю відповідного металу?
5. Чи збігається складений вами ряд активності металів із наведеним на форзаці 2 підручника? Обґрунтуйте збіг і розбіжності.
6. Визначте чинники, які вплинули на результати експерименту.

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Де вам можуть знадобитися вміння, яких ви набули?
- Що під час виконання роботи виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

Ми ж начебто знаємо, як метали реагують із кислотами.
Але, можливо, з-поміж них є якийсь «рейтинг»?
Як у спорті: хто сильніший — той посідає перше місце.

У хімії, думаю, порівнюють активність металів, але йдеться не про спорт.

На мою думку, «ряд активності» — це саме про рейтинг, тим більше, ми щойно це досліджували!



Пригадайте

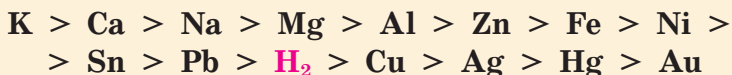
- Кислоти складаються з катіонів Гідрогену й аніонів кислотного залишку, а основи — з катіонів металічних елементів і гідроксид-аніонів.
- Розчинні у воді основи називають лугами.

Поняття про ряд активності металів

У багатьох хімічних реакціях беруть участь прості речовини, зокрема, метали. Метали можуть взаємодіяти з багатьма речовинами, які вивчають у шкільному курсі хімії. Утім активність різних металів у хімічних взаємодіях відрізняється, і саме від цього залежить, відбуватиметься реакція чи ні.

За активністю всі метали можна розмістити в ряд, який називають *рядом активності металів* (витискувальним рядом металів або електрохімічним рядом напруг металів).

Ряд активності металів має такий вигляд (повніший ряд подано на форзаці 2 підручника):



У цьому ряду метали розміщено за зменшенням їхньої хімічної активності у водних розчинах. Із-поміж наведених металів найактивнішим є калій, а найменш активним — золото. За цим рядом легко порівнювати активність металів. Зверніть увагу, що в цьому ряду є водень. Певна річ, водень не є металом, але в цьому ряду його активність прийнята за точку відліку («нуль»).



Дізнайтеся більше

Ряд активності металів уперше склав і дослідив М. М. Бекетов, який понад 30 років працював у Харківському університеті на кафедрі хімії. 1865 року він оприлюднив свою теорію витіснення металів і встановив ряд активності металів. Тому цей ряд має ще одну назву — ряд Бекетова.

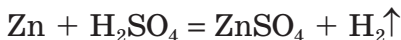
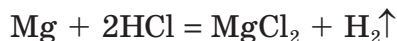
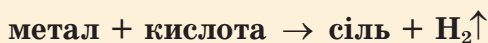
Реакції металів із кислотами



Поміркуйте

Що, на вашу думку, є продуктом реакції металу з кислотою?
Сформулюйте гіпотезу: чи всі метали можуть реагувати з кислотами.

Метали, розміщені в ряду активності ліворуч від водню, реагують із кислотами. Металічні елементи заміщують Гідроген у кислотах. Продуктами реакції є сіль відповідної кислоти і водень H_2 :

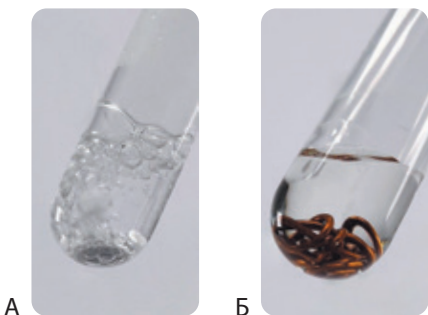


rnk.com.ua/
110517



Відео «Взаємодія металів
із хлоридною кислотою»

Чим лівіше розміщений метал у ряду активності, тим бурхливіше він реагує з кислотами. Найінтенсивніше витісняють водень із кислот ті метали, що розміщені на самому початку ряду. Так, реакція магнію з кислотою відбувається дуже бурхливо (рідина ніби закипає), цинк взаємодіє значно спокійніше, залізо реагує



Мал. 18.1. Взаємодія металів із кислотою: А — цинку; Б — міді

зовсім повільно (бульбашки водню ледве утворюються), а мідь зовсім не реагує з кислотою (мал. 18.1).

Метали, розміщені в ряду активності праворуч від водню, не здатні витіснити водень із розчинів кислот, і тому реакція не відбувається:



Реакція нітратної та концентрованої сульфатної кислот із металами відбувається за іншою схемою. У таких реакціях водень майже не виділяється, а утворюються інші продукти реакції, про що ви дізнаєтеся в наступних класах.



Дізнайтеся більше

«Царською водою» хіміки називають кислоту, що є сумішшю концентрованих нітратної та хлоридної кислот. Таку назву ця суміш дістала через те, що з нею реагує навіть «цар» металів — золото.

Реакції металів із водою

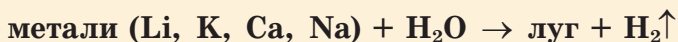


Поміркуйте

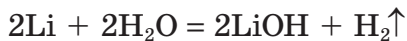
Сформулюйте гіпотезу: чи можуть метали витіснити водень не лише з кислот, а й з інших сполук, зокрема, з води. Чи можна для таких реакцій також застосовувати ряд активності?

Метали, розміщені в ряду активності ліворуч від водню, здатні витіснити водень не лише з розчинів кислот, але й із води.

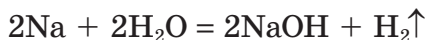
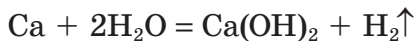
Метали, розміщені в ряду активності ліворуч від магнію, взаємодіють із водою за звичайних умов. У таких реакціях утворюються луги й водень:



Літій реагує з водою дуже бурхливо:



Калій реагує з водою дуже активно, часто з вибухом. Кальцій і натрій взаємодіють із водою так само бурхливо, але без вибуху:



Утворення лугів у реакції активних металів із водою можна довести, якщо додати розчин індикатора, який набуває забарвлення, характерного для лужного середовища.



Після взаємодії кальцію з водою додано універсальний індикатор: на дні склянки видно осад кальцій гідроксиду, а синій колір свідчить про наявність у розчині лугу.

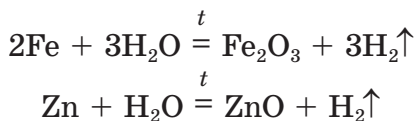
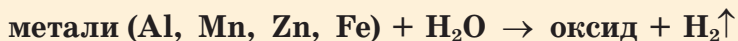


За кімнатної температури магній реагує з водою дуже повільно. Розчин дещо мутніє внаслідок утворення малорозчинного магній гідроксиду, але видно зміну забарвлення універсального індикатора на таке, що характерне для лужного середовища.



Магній реагує з водою за такою самою схемою, як і активні метали, але замість лугу утворюється нерозчинна основа. Реакція відбувається настільки повільно, що після додавання магнію до води спочатку жодних змін не спостерігають — бульбашки водню починають виділятися лише через певний час. Для ініціювання реакції воду слід підігріти або виконувати дослід у киплячій воді.

Більшість металів, розміщених у ряду активності між магнієм і воднем, також можуть реагувати з водою (витіснити з неї водень), але це відбувається за «жорсткіших» умов: крізь розпечені металічні ошурки пропускають перегріту водяну пару. За таких умов гідроксиди розкладаються (на оксид і воду), а продуктами реакції є оксид відповідного металічного елемента та водень:



Нікель, олово та свинець пасивуються водою, тобто за жодних умов із водою не реагують.

Отже, схематично залежність хімічних властивостей металів від розміщення в ряду активності можна зобразити так:

K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	H ₂	Cu	Ag	Hg	Au
Найактивніші										Найменш активні				
Реагують із кислотами в розчині з утворенням солі та водню											Не реагують із кислотами			
Реагують із водою за звичайних умов				Витісняють водень із води за високої температури, утворюють оксиди			Не реагують із водою							
Із водного розчину солі метал витіснити неможливо				Метал можна одержати витісненням його з розчину солі активнішим металом										

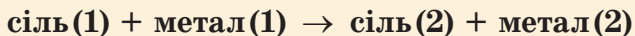
Реакції металів із солями



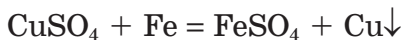
Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу щодо можливості використання ряду активності для визначення здатності витіснення одного металу іншим. Якщо так, то з якими ще сполуками можуть реагувати метали?

Якщо сіль розчинна у воді, то металічний елемент у ній може бути витіснений активнішим металом:

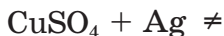


Якщо в розчин купрум(2+) сульфату занурити залізну пластинку, за певний час на ній з'явиться шар міді червоного кольору:



Із часом залізна пластинка покриється досить щільним шаром міді, а розчин світлішає, що свідчить про зменшення в ньому кількості йонів Купруму(2+) (мал. 18.2).

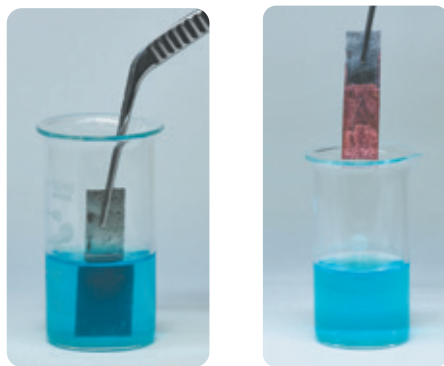
Залізо розміщене в ряду активності ліворуч від міді, тому катіони Феруму можуть витіснити атоми Купруму із солі. Але якщо в розчин купрум(2+) сульфату занурити срібну пластину, то реакція не відбуватиметься:



Мідь можна витіснити із солі будь-яким металом, розміщеним ліворуч від міді в ряду активності. А мідь буде витісняти з розчинів інших солей будь-який метал, розміщений у ряду активності праворуч від неї (мал. 18.3):



Найактивніші метали, розміщені на початку ряду (ліворуч від алюмінію), не витісняють



Мал. 18.2. Взаємодія розчину купрум(2+) сульфату із залізною пластинкою



Мал. 18.3. Менш активне за мідь срібло осідає на мідному дроті. Розчин набуває блакитного забарвлення внаслідок утворення в ньому солі Купруму(2+)

інші метали з розчинів солей, оскільки вони настільки активні, що взаємодіють не з розчищеною сіллю, а з водою, у якій ця сіль розчинена.

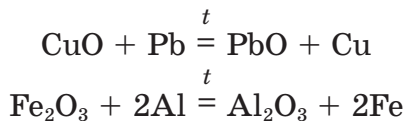
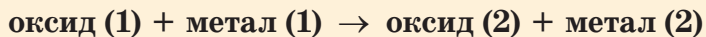
rnk.com.ua/
110518



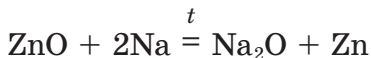
Відео «Взаємодія металів із солями у водному розчині»

Реакції металів з оксидами

Оксиди металічних елементів також здатні взаємодіяти з металами. Але, на відміну від взаємодії металів із солями, реактанти слід нагріти до високої температури або розплавити, щоб реакція відбулася:



Для одержання металу з оксиду можна застосовувати будь-який активніший метал, навіть найактивніші натрій і калій, адже в розплавленому оксиді води немає:



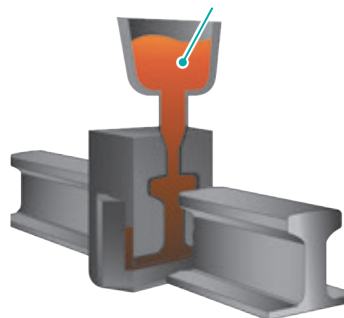
Витіснення металів із солей або оксидів активнішими металами іноді застосовують у промисловості для одержання металів.



Дізнайтеся більше

- Суміш алюмінію з ферум(3+) оксидом називають *термітною сумішшю*. Після нагрівання цієї суміші метал реагує з оксидом. Під час реакції виділяється настільки багато теплоти, що температура реакційної суміші сягає 2500 °С. Унаслідок реакції утворюється розплавлене залізо, яке, витікаючи з реактора, може заповнювати порожнини. Цю особливість використовують для зварювання рейок на залізничних коліях.

Суміш алюмінію з ферум(3+) оксидом



- Палаючі активні метали (магній, натрій тощо) неможливо загасити водою. Причина в тому, що під час контакту з водою розжарений магній реагує з нею, унаслідок чого виділяється водень, який лише підсилює горіння.

Робота з інформацією

204. Підготуйте повідомлення про М. М. Бекетова та його дослідження щодо формування ряду активності металів.
205. Шматочки магнію та олова помістили в розчин хлоридної кислоти. З яким металом реакція відбувається інтенсивніше? Запишіть рівняння реакцій.
206. У розчин нікель(2+) сульфату занурили свинцеву та залізну пластини. З яким металом реакція відбуватиметься? Відповідь поясніть.
207. Чому для одержання міді з розчину купрум(2+) сульфату не можна використовувати натрій і калій, адже вони активніші за мідь? Чи можна їх використовувати для одержання міді з розплаву купрум(2+) оксиду? Відповідь поясніть.
208. Які речовини утворюються під час взаємодії води: а) з активними металами; б) оксидами активних металічних елементів; в) оксидами неметалічних елементів? Наведіть приклади.
209. Визначте можливість реакцій між такими металами та кислотами: а) Mg і H_2SO_4 (розб.); б) Fe і HBr ; в) Hg і HCl ; г) Al і HI ; д) Cu і H_3PO_4 ; е) Ni і H_2SO_4 (розб.); ж) Au і HCl ; и) Pb і HCl ; к) Sn і H_2SO_4 (розб.); л) Zn і HBr ; м) Mn і H_2SO_4 (розб.). Для можливих реакцій запишіть хімічні рівняння та назвіть продукти реакцій.
210. Визначте можливість реакції з водою таких металів: K , Sr , Ba , Mn , Sn , Ag , Hg . Для можливих реакцій запишіть хімічні рівняння й назвіть продукти реакцій.
211. Визначте можливість реакцій між такими металами та солями: а) FeSO_4 і Sn ; б) AgNO_3 і Cu ; в) NiCl_2 і Al ; г) CuSO_4 і Hg ; д) $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ і Cu ; е) $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ і Ag ; ж) CrCl_3 і Zn ; и) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ і Pb ; к) SnCl_2 і Zn ; л) FeCl_2 і Zn ; м) NiSO_4 і Fe ; н) CuBr_2 і Al ; п) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ і Ni . Для можливих реакцій запишіть хімічні рівняння та назвіть продукти реакцій.

- 212.** Які з речовин реагують із водою: Na, Fe, Fe₂O₃, H₂SO₄, NaOH, CaO, ZnO? Відповідь підтвердьте рівняннями реакцій.
- 213.** Визначте можливість реакцій між такими металами й оксидами: а) Zn і PbO; б) Fe₂O₃ і Ca; в) NiO і Al; г) CuO і Au; д) Al₂O₃ і Cr; е) Cr₂O₃ і Zn; ж) PbO і Sn. Для можливих реакцій запишіть хімічні рівняння та назвіть продукти реакцій.
- 214.** Після занурення цинкової пластини в розчин купрум(2+) нітрату на пластині виділилася мідь масою 3,2 г. Обчисліть масу цинку, що прореагував.
- 215.** Обчисліть масу олова, яке можна одержати реакцією станум(2+) оксиду з алюмінієм масою 0,54 кг.
- 216.** Обчисліть об'єм водню (н. у.), який виділиться внаслідок взаємодії цинку масою 97,5 г із хлоридною кислотою.
- 217.** Обчисліть кількість речовини сульфатної кислоти, необхідної для взаємодії з магнієм масою 12 г. Обчисліть масу утвореної солі й об'єм утвореного газу (н. у.).
- 218.** Обчисліть кількість речовини міді, яку можна виділити з розчину купрум(2+) сульфату, що містить 32 г цієї солі.
- 219.** Суміш магнію масою 6,0 г і заліза масою 16,8 г обробили достатньою кількістю розчину сульфатної кислоти. Обчисліть об'єм водню (н. у.), що виділиться під час реакції.
- 220.** У розчин аргентум(1+) нітрату масою 85 г із масовою часткою солі 2 % занурили цинкову пластинку. Обчисліть масу срібла, що виділиться на пластинці внаслідок реакції. Обчисліть, як зміниться маса пластинки порівняно з її початковою масою.

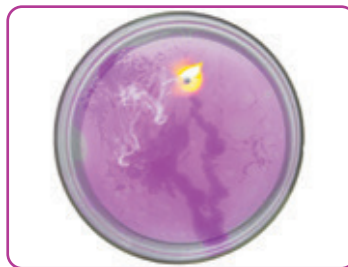
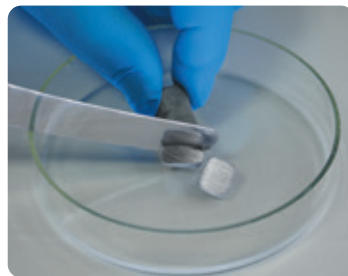
Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 221.** Якщо один із реактантів нерозчинний у воді, приміром, метали, то реакція з водою (або речовинами у водних розчинах) не може відбуватися в разі, якщо з-поміж продуктів реакції має утворитися нерозчинна у воді речовина. Сформулюйте гіпотезу, чим це можна пояснити. Проілюструйте цей принцип на прикладі реакцій свинцю з різними кислотами.
- 222.** Запропонуйте, як за допомогою хімічних реакцій розділити суміш міді та заліза.

223. Алюміній — досить активний метал, але вироби з алюмінію зберігаються в повітрі без видимих ознак псування. Якщо зачищений виріб з алюмінію, приміром, ложку або виделку, ненадовго занурити в розчин меркурій(2+) нітрату, він покриється сріблястим шаром. Оброблений у такий спосіб виріб у повітрі за досить короткий час перетворюється на сірий порошок, у якому можна спостерігати сріблясті кульки. Поясніть, чому можуть відбуватися такі зміни, з хімічної точки зору. Запишіть відповідні рівняння реакцій.

224. Прочитайте опис досліду та дайте відповіді на запитання.

Учитель демонстрував у класі взаємодію натрію з водою. Велику посудину він наповнив водою і додав до неї розчин фенолфталеїну. Між посудиною та учнями/ученицями в класі розмістив пластиковий прозорий екран і надів захисні окуляри. Потім учитель дістав великий шматок натрію з посудини, у якій він зберігався зануреним у мінеральну олію, видалив із нього залишки олії, відрізав невеликий шматочок і пінцетом поклав його у воду. Одразу почалася бурхлива реакція: вода навколо натрію вирувала, газ штовхав шматочок натрію по поверхні води, а в місці контакту з натрієм вода ставала рожевою.

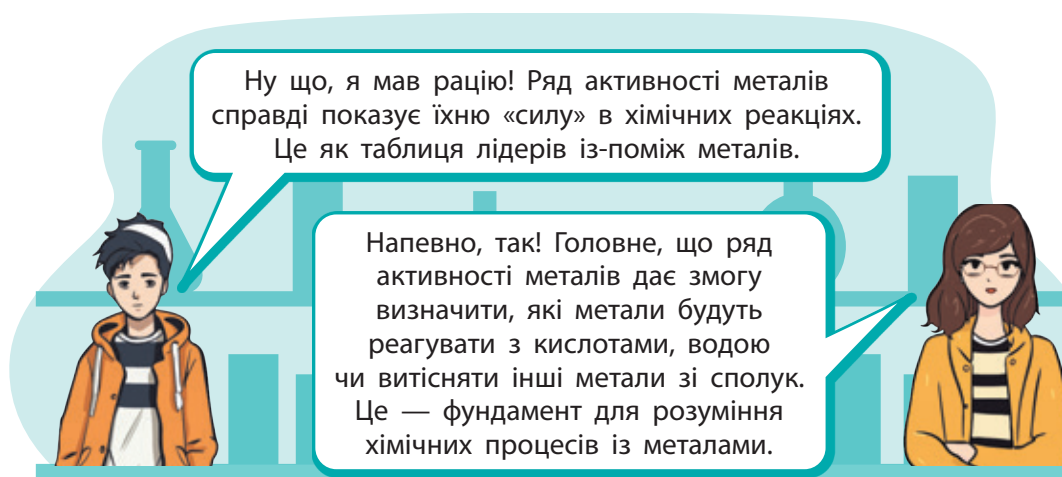


- Запишіть рівняння реакції натрію з водою.
- Яке спостереження свідчить про утворення водню? А натрій гідроксиду?
- Яка ознака активного перебігу цієї реакції?
- Чому шматочок натрію переміщався поверхнею води, а не тонував. (Для відповіді можна скористатися додатковими джерелами.)
- Обговоріть ризики цього експерименту.
- З опису експерименту наведіть приклади, як учитель контролював ризики для себе та учнівства в класі.

225. Під час реакції калію навіть із холодною водою шматочок металу швидко рухається поверхнею води та від виділеної теплоти займається. Кальцій повільно реагує з водою. Унаслідок виділення теплоти реакційна суміш нагрівається. Магній із холодною водою реагує дуже повільно, з утворенням кількох бульбашок водню за годину. А цинк узагалі не реагує з водою за таких умов. Зобразіть ці реакції з використанням моделей речовин. Розташуйте згадані метали в ряд за зменшенням активності та порівняйте з рядом активності металів на форзаці 2.

226. За хімічною активністю алюміній майже такий самий, як і магній. Проте на поверхні алюмінію завжди є доволі міцний шар алюміній оксиду, який не пропускає повітря та воду до металу. Алюміній та алюміній оксид не реагують із водою, проте реагують із хлоридною кислотою з утворенням розчинного алюміній хлориду. Якщо помістити гранулу алюмінію в хлоридну кислоту, то спочатку видимих змін не відбувається. Згодом можна спостерігати повільну реакцію, яка із часом прискорюється.

- Чому з алюмінієвими виробами нічого не трапляється в повітрі або в разі занурення у воду?
- Припустіть, яка речовина прореагує першою, якщо гранулу алюмінію помістити в хлоридну кислоту. Відповідь обґрунтуйте.
- Чому реакція алюмінію з хлоридною кислотою із часом прискорюється?



Ну що, я мав рацію! Ряд активності металів справді показує їхню «силу» в хімічних реакціях. Це як таблиця лідерів із-поміж металів.

Напевно, так! Головне, що ряд активності металів дає змогу визначити, які метали будуть реагувати з кислотами, водою чи витіснити інші метали зі сполук. Це — фундамент для розуміння хімічних процесів із металами.

Ще з початкової школи ми маємо уявлення про вуглекислий газ. Але в курсі хімії поки його не вивчали.

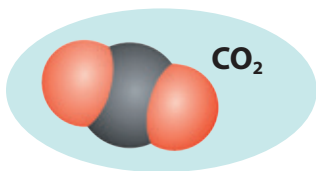
Вуглекислий газ майже всюди: і в нашому видиху, і в напоях, і в автомобілях...

На мою думку, настав час звернути на нього увагу. І похімічити, бо це — найцікавіше!

Фізичні властивості

Вуглекислий газ — речовина, про яку часто згадують як у школі, так і в щоденному житті. Попри те, що в природі його не так уже й багато, але він має неабияке значення для процесів у живій і неживій природі.

«Вуглекислий газ» — це традиційна назва речовини, а систематична назва — карбон(IV) оксид (у західних країнах більше поширена назва «карбон діоксид»).



Хімічна формула
й модель молекули
вуглекислого газу

Вуглекислий газ:

- безбарвна речовина, без смаку, без запаху (у невеликій концентрації);
- розчинність у воді: за 0 °C в 1 л води розчиняється 1,73 г вуглекислого газу, за 25 °C — 1,45 г;
- густина за 0 °C і нормального атмосферного тиску — 1,977 г/л, густина твердого карбон(IV) оксиду — 1,562 г/см³;
- $t_{\text{субл.}} = -78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1 атм), $t_{\text{кип.}} = -56,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (5 атм) або +20 °C (60 атм);
- не горить і не підтримує горіння й дихання.



Як ви знаєте, вуглекислий газ є у складі повітря, але ми не відчуваємо його запаху через малий уміст. У великій концентрації вуглекислий газ має слабкий «кислуватий» запах. Його можна відчути поряд з автівкою з працюючим двигуном або якщо відкорковувати пляшку з дуже газованою водою.

Вуглекислий газ значно краще розчиняється у воді, ніж кисень і водень. Водний розчин вуглекислого газу має слабкий кислий і «колючий» смак, який ми відчуваємо в газованих напоях.

Вуглекислий газ майже в 1,5 раза важчий за повітря, через що він може накопичуватися в підвальних приміщеннях.

Вуглекислий газ — одна з небагатьох речовин у довкіллі, у якої за нормального атмосферного тиску немає температури кипіння. Твердий карбон(IV) оксид за нагрівання переходить одразу в газоподібний стан — процес сублімації. А за охолодження газуватий переходить у твердий стан — десублімація.

Твердий карбон(IV) оксид називають сухим льодом: зовні він нагадує лід, але за нагрівання не стає рідким.

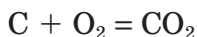
За підвищеного тиску вуглекислий газ може ставати рідким (скраплюватися). Так, за тиску 60 атм він скраплюється навіть за кімнатної температури, що дає змогу легко його зберігати й транспортувати в сталевих балонах (зазвичай чорного кольору).

У повітрі об'ємна частка вуглекислого газу близько 0,04 %. У такій концентрації він не шкідливий для людини й інших тварин. У більших концентраціях вуглекислий газ становить небезпеку: за вмісту 0,1 % (за об'ємом) утруднюється дихання, людина стає млявою, за 0,3 % — може статися блювота, за 3 % — порушується серцебиття, плутається свідомість, а за вмісту 10 % вуглекислий газ може спричинити смерть.

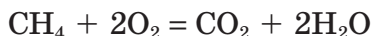
Способи одержання вуглекислого газу

Найпоширенішими способами одержання вуглекислого газу є горіння карбоновмісних речовин і реакції солей карбонатної кислоти (карбонатів).

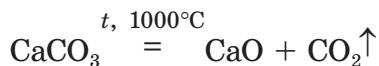
- Горіння вугілля (або сажі):



- Горіння метану й інших вуглеводнів (сполук Карбону з Гідрогеном), які є основними компонентами природного газу:



- Розкладання кальцій карбонату:



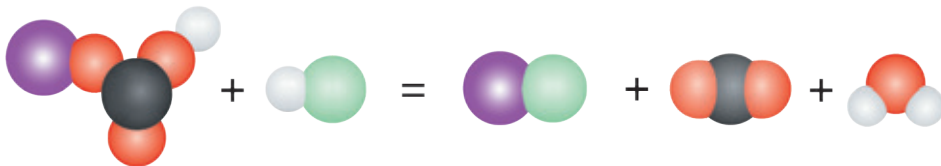
Ці три способи є промисловими способами одержання вуглекислого газу. Також у великих обсягах його одержують спиртовим бродінням рослинної сировини, а вуглекислий газ є побічним продуктом виробництва.

Одержати вуглекислий газ можна також взаємодією карбонатів із кислотами.

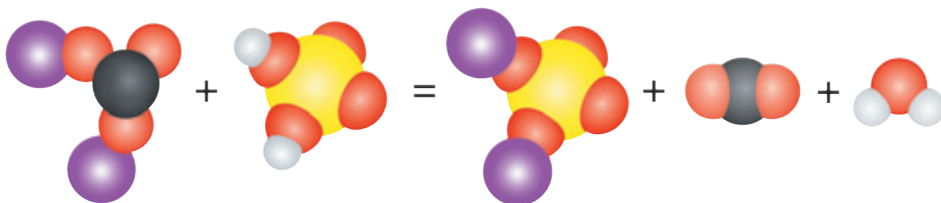
Уже відомий вам спосіб, який часто є основою популярного досліду «содовий вулкан», ґрунтується на реакції соди з кислотою.



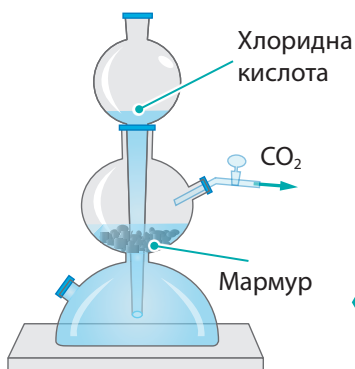
- Реакція харчової (питної) соди з хлоридною кислотою:



- Реакція кальцинованої соди із сульфатною кислотою:



У лабораторії вуглекислий газ зазвичай одержують взаємодією нерозчинного у воді кальцій карбонату з кислотою. Цю реакцію зручно здійснювати в апараті Кіппа:



У щоденному житті кальцій карбонат трапляється переважно у вигляді крейди, але в апараті Кіппа крейду використовувати не зручно. Для одержання вуглекислого газу в ньому використовують іншу природну модифікацію кальцій карбонату — мармур.



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу: чому в апараті Кіппа незручно використовувати крейду. Для формулювання припущення згадайте, що відбувається з крейдою в разі тривалого контакту з водою.



Дізнайтеся більше

Кислотні дощі (дощова вода з домішками кислот) є не лише серйозною екологічною проблемою для ґрунтів, водойм і живих організмів. Кислотні опади також пошкоджують пам'ятки архітектури, виготовлені з мармуру. Впродовж століть на поверхні мармуру відбувається реакція кальцій карбонату з кислотою, що спричиняє руйнування скульптур.



Хімічні властивості вуглекислого газу



Пригадайте

З матеріалу § 14 пригадайте, до якого типу оксидів належить карбон(IV) оксид. Чи взаємодіє він із водою?

Карбон(IV) оксид — кислотний оксид, тому під час контакту з водою він у ній розчиняється, а певна його частка реагує з водою з утворенням нестійкої карбонатної кислоти:



Поміркуйте

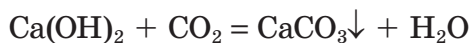
Сформулюйте гіпотезу: як можна довести наявність карбонатної кислоти у водному розчині вуглекислого газу. Запропонуйте план дослідження.

Оскільки карбон(IV) оксид є кислотним, він має реагувати з речовинами, які виявляють основні властивості. З-поміж таких речовин вам уже відомі основні оксиди й основи.

Унаслідок взаємодії карбон(IV) оксиду з основними оксидами активних металічних елементів утворюються відповідні солі. Приміром, реакція з кальцій оксидом (негашеним вапном):



Унаслідок взаємодії карбон(IV) оксиду з лугами утворюються сіль і вода. Наприклад, під час пропускання вуглекислого газу крізь розчин кальцій гідроксиду:



Один із продуктів реакції — нерозчинний у воді кальцій карбонат, тож під час реакції ми спостерігатимемо утворення осаду. Саме цю реакцію використовують у лабораторній практиці для виявлення вуглекислого газу. Кальцій гідроксид називають також гашеним вапном, а його водний розчин — вапняною водою. Отже, помутніння вапняної води під час пропускання газу — якісна реакція на вуглекислий газ.



Робота з інформацією

- 227.** Підготуйте ілюстроване повідомлення про відкриття та дослідження вуглекислого газу. Чи можна стверджувати, що вуглекислий газ був першою газуватою речовиною, яку почали комерційно використовувати?
- 228.** Порівняйте розчинність кисню з розчинністю вуглекислого газу. У якого газу максимальна масова частка в розчині більша?
- 229.** Обчисліть максимальний об'єм вуглекислого газу, який розчиняється у воді об'ємом 1 л (н. у.). Порівняйте його з розчинністю за 25 °С, якщо густина вуглекислого газу за такої температури 1,8 г/л.
- 230.** Запишіть рівняння реакцій горіння етану C_2H_6 і пропану C_3H_8 (вуглеводнів, які містяться в природному газі), якщо продукти цих реакцій такі самі, як і внаслідок згоряння метану.
- 231.** Запишіть назву кальцинованої соди за систематичною номенклатурою.
- 232.** Запишіть хімічні рівняння реакцій вуглекислого газу з магній оксидом, натрій оксидом, натрій гідроксидом, калій гідроксидом, барій гідроксидом.
- 233.** На цукрових заводах для очищення цукрового екстракту використовують вуглекислий газ, який одержують прожарюванням

кальцій карбонату. Обчисліть масу солі, необхідної для одержання вуглекислого газу об'ємом $1,12 \text{ м}^3$ (н. у.).

- 234.** Харчову (питну) соду часто використовують як розпушувач для тіста. Але перед додаванням до тіста соду «гасять» оцтом. Умовно припустивши, що «гасити» соду можна й хлоридною кислотою, обчисліть масу гідроген хлориду, який витрачається для «гасіння» харчової соди масою 10 г. Обчисліть об'єм утвореного вуглекислого газу (н. у.).



- 235.** Для очищення повітря закритих приміщень від вуглекислого газу його пропускають крізь патрони з гашеним вапном — кальцій гідроксидом. У повітрі певного приміщення об'ємом 45 м^3 (н. у.) накопичився вуглекислий газ до $0,056 \%$ (за об'ємом). Обчисліть масу кальцій гідроксиду, необхідного для повного поглинання такого об'єму вуглекислого газу.
- 236.** Одна людина впродовж доби під час дихання виділяє близько 1 кг вуглекислого газу. Обчисліть масу кальцій оксиду, потрібного для повного поглинання такої маси газу.
- 237.** До зубної пасти часто додають кальцій карбонат (крейду), який сприяє кращому очищенню зубів. Але із цією метою не можна використовувати природну крейду, оскільки під час її подрібнення утворюються часточки з гострими краями, які можуть пошкодити зубну емаль. Крейду для додавання до зубної пасти синтезують із кальцій гідроксиду, отримуючи сферичні часточки. Для синтезу кальцій карбонату спочатку спалили метан об'ємом 560 л (н. у.), а одержаний вуглекислий газ пропустили крізь достатній обсяг розчину кальцій гідроксиду. Обчисліть масу одержаного кальцій карбонату.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 238.** Порівняйте промислові та лабораторні способи одержання вуглекислого газу. Чи можна ці лабораторні способи застосовувати в промисловості, а промислові — у лабораторній практиці?
- 239.** Запропонуйте способи використання сухого льоду.

- 240.** Звичайна газована вода в пляшках — це водний розчин вуглекислого газу у воді. Чи можна газовану воду назвати розчином карбонатної кислоти? Чи можна газовану воду використати для одержання вуглекислого газу в невеликих кількостях? Відповіді поясніть.
- 241.** Порівняйте процес одержання вуглекислого газу розкладанням кальцій карбонату та реакцією карбон(IV) оксиду з негашеним вапном. Що в них спільного та відмінного? Як би ви назвали таку пару реакцій?
- 242.** Зважаючи на фізичні властивості вуглекислого газу, зробіть припущення щодо застосування вуглекислого газу в промисловості та техніці.
- 243.** Вуглекислий газ — важлива речовина для систем пожежогасіння, зокрема, деяких вогнегасників. На малюнку зображені вуглекислотний і повітряно-пінний вогнегасники. Проаналізуйте їхню будову та дайте відповіді на запитання.



- Поясніть значення вуглекислого газу для пожежогасіння, зважаючи на трикутник вогню (§ 10, мал. 10.1).
- Опишіть принцип дії вуглекислотного вогнегасника.
- За інструкцією до вуглекислотного вогнегасника під час користування ним у жодному разі не можна триматися руками за розтруб. Поясніть цю вимогу. (Для відповіді пригадайте з курсу фізики, які теплові ефекти відбуваються під час випаровування рідин і розширення газів.)
- Опишіть принцип дії повітряно-пінного вогнегасника.
- Яка функція піноутворювача в повітряно-пінному вогнегаснику?

244. У необроблених кавових зернах доволі великий уміст кофеїну, що може негативно впливати на організм. Для видалення (повного або часткового) кофеїну із зерен кави їх потрібно додатково обробити перед смаженням. Це, по-перше, позбавить шанувальників кави надлишку кофеїну. А по-друге — у такий спосіб одержують чистий кофеїн для фармацевтичної та харчової промисловості.



Проаналізуйте опис процесу декофеїнізації та дайте відповіді на запитання.

Для видалення кофеїну сирі зерна змішують зі скрапленням вуглекислим газом. На відміну від води, кофеїн добре розчиняється в такій рідині. Отриманий розчин відділяють від зерен. Після цього фільтрат поступово приводять до атмосферного тиску, одержуючи практично чистий кристалічний кофеїн. Вуглекислий газ після цього знову скраплюють і використовують для оброблення інших порцій зерен.

- Які фізичні явища відбуваються під час декофеїнізації?
- Які способи розділення сумішей застосовують?
- У додаткових джерелах знайдіть інформацію щодо галузей промисловості, у яких використовують вуглекислий газ із такою самою метою.

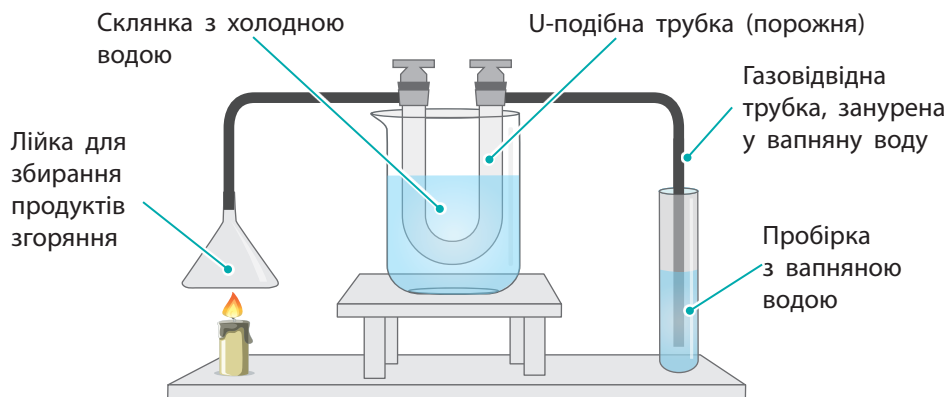
245. Йохан Баптіст ван Гельмонт ще у XVIII столітті припустив існування вуглекислого газу. Він назвав його *spiritus sylvestre* («лісовий дух»), порівнявши масу попелу з масою спаленої деревини. Чому, на вашу думку, він саме так назвав вуглекислий газ? У XVIII столітті вуглекислий газ також називали «повітря, що фіксується». Зважаючи на хімічні властивості вуглекислого газу, поясніть і цю назву.

246. Учні та учениці досліджували реакцію натрій карбонату з хлоридною кислотою. Для цього в посудину насипали надлишок соди й порціями додавали кислоту певного об'єму. Після змішування реагентів вони щохвилини вимірювали об'єм виділеного газу й отримані результати зафіксували в таблиці (с. 178).

Проаналізуйте таблицю та дайте відповіді на запитання.

Час, хв	Об'єм CO ₂ , мл	Час, хв	Об'єм CO ₂ , мл
0	0	4	72
1	24	5	76
2	45	6	76
3	60	7	76

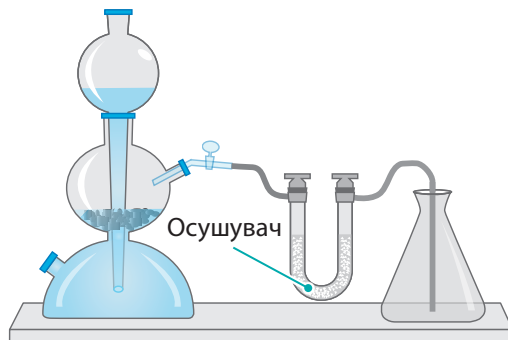
- Запропонуйте схему приладу для цього експерименту.
 - За який час прореагувала вся кислота?
 - Учні й учениці вирішили повторити експеримент із такими самими порціями речовин, але за вищої температури. Які змінні тепер вони мають контролювати в цьому експерименті?
 - Більше чи менше газу має виділитися в другому експерименті? Відповідь поясніть.
 - Припустіть, менший чи більший час знадобиться, щоб витратилася вся кислота. Відповідь поясніть. Запропонуйте спосіб, у який можна перевірити це припущення.
- 247.** Учні й учениці досліджували способи виявлення вуглекислого газу та зібрали прилад, зображений на малюнку.



- Опишіть призначення кожного елемента цього приладу.
- Після запалення свічки учні й учениці очікували на швидке помутніння вапняної води, проте виявилось, що зібраний ними прилад не працює. Поясніть чому.
- Як треба змінити конструкцію приладу, щоб він запрацював?

248. Артем, Сніжана та Юля вирішили виміряти молярний об'єм вуглекислого газу. Кожен із них наповнював конічну колбу об'ємом 1,00 л вуглекислим газом з апарата Кіппа та зважував колбу до та після наповнення.

- Навіщо в цей прилад додали осушувач? Чи може вплинути на результати експерименту його відсутність?



Артем наповнював колбу впродовж 1 хвилини, після чого закоркував колбу. Сніжана та Юля вирішили не ризикувати і під час заповнення колби газом піднесли до її отвору запалену свічку. Вони припиняли заповнення, лише свічка загасала.

- Якої помилки припустився Артем?

Результати експериментів занотували в таблицю.

Параметр	Артем	Сніжана	Юля
Маса колби до заповнення, г	575,20	580,65	572,95
Маса колби після заповнення, г	575,60	581,25	573,55

Довідка: експеримент виконували за температури 20 °С, густина сухого повітря за такої температури — 1,20 г/л, а вуглекислого газу — 1,83 г/л.

За результатами зважування учень і учениці зробили обчислення.

Сніжана впоралася найшвидше:

$$m(\text{CO}_2) = m(\text{колби після заповнення}) - m(\text{колби до заповнення}) = 581,25 \text{ г} - 580,65 \text{ г} = 0,60 \text{ г};$$

$$\rho(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{V(\text{CO}_2)} = \frac{0,60 \text{ г}}{1,00 \text{ л}} = 0,60 \text{ г/л}.$$

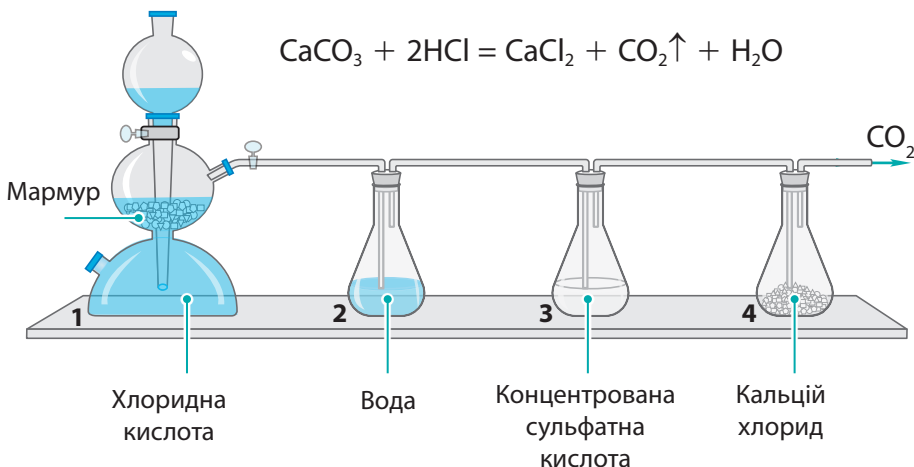
- Порівняйте густину вуглекислого газу, отриману Сніжаною, із довідниковою. Чому дані не збігаються? У чому припустилася помилки Сніжана?

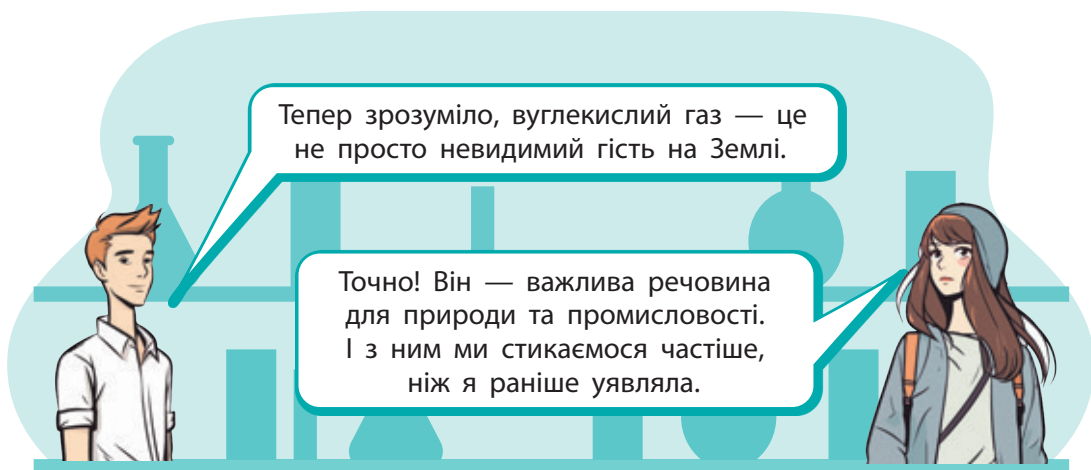
Артем і Юля обчислювали дещо довше:

Формули для обчислення	Артем	Юля
$m(\text{повітря в колбі до заповнення}) = \rho(\text{повітря}) \cdot V(\text{повітря в колбі})$	$1,20 \text{ г/л} \cdot 1,00 \text{ л} = 1,20 \text{ г}$	$1,20 \text{ г/л} \cdot 1,00 \text{ л} = 1,20 \text{ г}$
$m(\text{порожньої колби})$	$575,20 - 1,20 \text{ г} = 574,00 \text{ г}$	$572,95 - 1,20 \text{ г} = 571,75 \text{ г}$
$m(\text{CO}_2) = m(\text{колби після заповнення}) - m(\text{порожньої колби})$	$575,60 \text{ г} - 574,00 \text{ г} = 1,60 \text{ г}$	$573,55 \text{ г} - 571,75 \text{ г} = 1,80 \text{ г}$
$\rho(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{V(\text{CO}_2)}$	$\frac{1,60 \text{ г}}{1,00 \text{ л}} = 1,60 \text{ г/л}$	$\frac{1,80 \text{ г}}{1,00 \text{ л}} = 1,80 \text{ г/л}$

- Порівняйте густину вуглекислого газу, отриману Артемом і Юлею, із довідниковою. Чи можна впевнено визначити, хто з них акуратніше виконав експеримент?
- Чим пояснюється розбіжність результату Артема з довідниковим?
- Чи можна вважати результат Юлі помилковим? Чому?

249. Для одержання вуглекислого газу в лабораторії використовують прилад, зображений на малюнку. Проаналізуйте його влаштування та поясніть призначення кожного елемента [1–4] цього приладу.





Тепер зрозуміло, вуглекислий газ — це не просто невидимий гість на Землі.

Точно! Він — важлива речовина для природи та промисловості. І з ним ми стикаємося частіше, ніж я раніше уявляла.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 7

«Досліджуємо розпушувальну дію вуглекислого газу»¹



rnk.com.ua/
110985

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити ефективність різних розпушувачів тіста.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: три невеликі посудини для замішування тіста, ложки.

Речовини: для приготування тіста: борошно, вода, цукор; для розпушування: сухі дріжджі, харчова сода, столовий оцет, пакетик комерційно доступного розпушувача для тіста.

■ Визначаємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи із цим обладнанням і речовинами? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?



¹ Це навчальне дослідження частково для домашнього виконання: обговорення плану дій і результатів має бути виконано під час уроку, а випікання — у домашніх умовах.

■ Що ми маємо зробити?



Поміркуйте

Обговоріть план дослідження.

За якою ознакою можна оцінити ефективність розпушувача тіста?

1. Підготуйте три посудини для замішування тіста.
2. У кожну посудину помістіть по 100 г борошна, додайте по 50 мл води та по 0,5 чайної ложки цукру.
3. У першу посудину додайте сухі дріжджі масою 1 г, у другу — готовий розпушувач масою 1 г, у третю — харчову соду масою 1 г із додаванням 1 столової ложки оцту (6 % або 9 %).
4. У кожній посудині замісіть тісто та сформуєте з нього колобки.
5. Розігрійте духову шафу до температури 180 °C та помістіть туди три колобки на 30–40 хвилин.
6. Дістаньте булочки й охолодіть до кімнатної температури. Виміряйте та занотуйте розмір булочок і оцініть їхній об'єм.

■ Для підбиття підсумків обговоріть питання

1. За якими параметрами можна оцінити ефективність розпушувача? Чи варто зважувати булочки після випікання?
2. У який спосіб можна оцінити об'єм випеченої продукції?
3. Який процес є основою розпушування тіста? Яке значення вуглекислого газу в цьому процесі?
4. За інформацією на етикетці використаного вами готового розпушувача визначте речовини, що містяться в його складі. На якій хімічній реакції ґрунтується дія цього розпушувача?
5. Який із розпушувачів є найбільш/найменш ефективним?

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Де вам можуть знадобитися набуті вміння?
- Що під час виконання роботи виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 8

«Досліджуємо вуглекислий газ»



rnk.com.ua/
110986

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити фізичні властивості та способи виявлення вуглекислого газу.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: апарат Кіппа (або інший пристрій для одержання вуглекислого газу), склянки, штатив із пробірками, свічки, склянка і соломина, сірники, свічки.

Речовини: мармур, хлоридна кислота, вапняна вода, вода, універсальний індикатор.

■ Визначаємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи із цим обладнанням і речовинами? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?



■ Що ми маємо зробити?



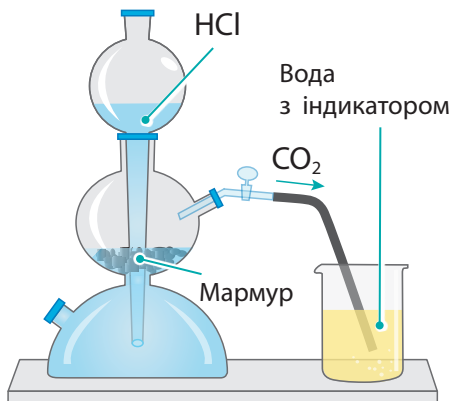
Поміркуйте

Запропонуйте план дослідження для:

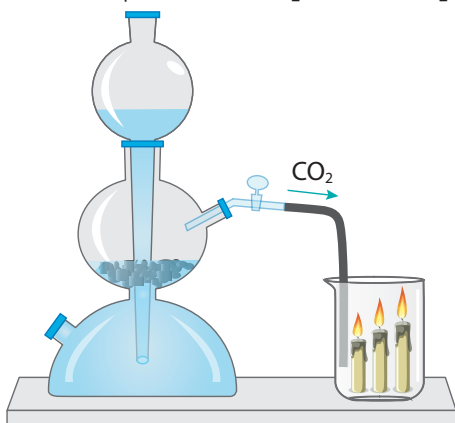
- порівняння густин вуглекислого газу й повітря;
- доведення того факту, що вуглекислий газ не підтримує горіння;
- перевірки способу виявлення вуглекислого газу.

1. Зберіть прилад для одержання вуглекислого газу (апарат Кіппа або інший).
2. У склянку з водою додайте декілька крапель розчину універсального індикатора та пропускайте крізь воду вуглекислий газ.

Що ви спостерігаєте? Про що свідчать ваші спостереження?



3. У склянку налейте воду (до половини) й додайте декілька крапель розчину універсального індикатора.
Крізь соломину продмуйте повітря з легень у воду.
Що ви спостерігаєте? Про що свідчать ваші спостереження?



4. Підготуйте прилад для одержання вуглекислого газу. У широку склянку (кристалізатор) поставте та закріпіть на дні свічки різної висоти й підпаліть їх.
На дно склянки занурте газо-відвідну трубку від приладу для одержання вуглекислого газу.
Що ви спостерігаєте? Які властивості вуглекислого газу доводять результати ваших спостережень?
5. Запаліть свічку. Чисту склянку ополосніть вапняною водою. Після ополіскування переверніть склянку догори дном і піднесіть її згори до полум'я свічки.
Що ви спостерігаєте? Ґрунтуючись на чому можна стверджувати, що під час горіння свічки утворюється вуглекислий газ?

6. У склянку налейте вапняну воду. Соломиною продмуйте видихуване повітря крізь вапняну воду.
Що ви спостерігаєте? Про що свідчать ваші спостереження?

■ Рефлексуємо

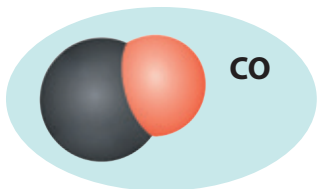
- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Де вам можуть знадобитися набуті вміння?
- Що під час виконання роботи виявилось для вас складним? Поясніть чому.
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

Ми вже багато знаємо про вуглекислий газ. А в англomовному відео я чув, як обговорювали *carbon monoxide*, хоча начебто вуглекислий газ перекладається як *carbon dioxide*...

То, виявляється, Карбон може утворити ще один оксид?

Фізичні властивості

У природі Карбон може утворювати два оксиди. Про один — карбон(IV) оксид — ви вже дізналися, але існує ще карбон(II) оксид, який називають чадним газом, або карбон монооксидом.



Хімічна формула
й модель молекули
чадного газу

Чадний газ:

- безбарвна речовина без смаку та запаху;
- розчинність у воді: за 0 °C в 1 л води розчиняється 0,044 г чадного газу, а за 20 °C — 0,026 г;
- густина за 0 °C та нормального атмосферного тиску — 1,25 г/л;
- $t_{\text{пл.}} = -205\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = -191,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- токсичний, вогненебезпечний.

Обидва оксиди Карбону — безбарвні гази без запаху, але чадний газ легший за повітря. Проте головна відмінність — отруйність чадного газу. Уже за вмісту в повітрі від 0,01 % чадний газ спричиняє погіршення самопочуття та головний біль. А за вмісту 0,16 % стає смертельно небезпечним.

Стадії отруєння чадним газом



Головний біль



Нудота



Кашель



Дезорієнтування



Втома



Непритомність



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Дослідіть горіння деяких спиртів.

У порцелянову чашу по черзі наливайте по 5–10 мл спиртів: етанолу, пропанолу, пентанолу (за наявності можна дослідити й інші спирти).

Підпалюйте зразки спиртів і відзначаєте колір полум'я кожного з них.

Етанол і пропанол горять ледь помітним синім полум'ям (яке в хімії називають безбарвним). А полум'я пентанолу помітно жовтіше.



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу: чому полум'я під час горіння деяких спиртів жовте.

У разі *повного згорання* речовин полум'я має бути безбарвним (ледь синім). Якщо полум'я жовте, це свідчить про наявність у ньому твердих часточок, зокрема, сажі (вуглецю C). Саме ці розпечені часточки сажі й випромінюють жовте світло.



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу: як можна довести наявність часточок сажі в полум'ї.

Про наявність часточок сажі свідчить також те, що здебільшого жовте полум'я кіптяве, а кіптява — це сажа, що дещо охолонула. Навіть якщо кіптяви не помітно, до такого полум'я можна піднести скляну пластинку, на яку осідатимуть дрібні часточки сажі.



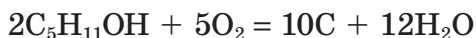
Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу: звідки з'являється сажа в полум'ї.

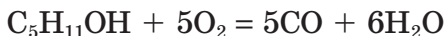
Порівняймо рівняння реакцій горіння етанолу та пентанолу.

Етанол	Пентанол
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 = 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ Продукти реакції — безбарвні. Нагріті гази світяться ледь синім. На згоряння 1 об'єму випарів етанолу витрачається 3 об'єми кисню.	$2\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH} + 15\text{O}_2 = 10\text{CO}_2 + 12\text{H}_2\text{O}$ Усі продукти реакції також газуваті, й полум'я має бути безбарвним. На згоряння 1 об'єму випарів пентанолу витрачається 7,5 об'ємів кисню.
Згоряння пентанолу потребує кисню вдвічі більше, ніж для згоряння такої самої кількості речовини етанолу	

Чим більше кисню витрачається на горіння речовини, тим більша ймовірність, що для горіння певних порцій речовини кисню не вистачатиме й *окиснення буде неповним*, а одним із продуктів згоряння буде сажа:



Якщо під час горіння утворюється сажа, це означає, що можлива хімічна реакція з утворенням проміжного продукту окиснення — чадного газу:



Отже, якщо ви спостерігаєте жовте полум'я, це означає, що під час горіння утворюється чадний газ (хоча й у невеликій кількості).

Якщо в закритому приміщенні тривалий час горить багато свічок, то за кілька годин там може накопичитися чадний газ у небезпечній кількості.



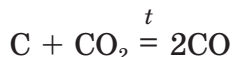
Якщо в газовій печі полум'я пальника жовте, це означає, що в повітря виділяється чадний газ. Необхідно відрегулювати пальник або очистити його від нагару.

Способи одержання чадного газу

- Чадний газ утворюється внаслідок згоряння вугілля за умови нестачі кисню:

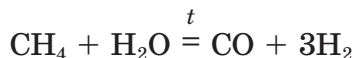


- Одним із промислових способів одержання чадного газу є взаємодія вугілля з вуглекислим газом:



Така реакція також може відбуватися за умови неправильного використання печей, у яких паливом є вугілля або дрова.

- Великі обсяги чадного газу в промисловості одержують під час водної конверсії, або риформінгу, метану:



Утворену суміш газів (чадного газу та водню) називають синтез-газом і використовують у подальшому синтезі органічних речовин, зокрема, спиртів і синтетичного бензину.

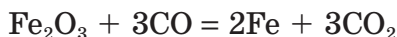
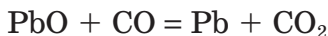
Хімічні властивості чадного газу

- Чадний газ добре горить:



Повітря з умістом чадного газу понад 12,5 % стає вибухонебезпечним.

- Чадний газ відновлює метали з оксидів, що широко застосовують для промислового одержання металів:



Запобігання отруєнню чадним газом

У щоденному житті чадний газ може траплятися всюди, якщо відбувається горіння. Для уникнення контакту із цим небезпечним газом слід дотримуватися правил безпеки, а також вживати заходів для запобігання його утворенню.

До сьогодні в усьому світі трапляється багато смертельних випадків отруєння чадним газом унаслідок неправильної експлуатації вугільних або дров'яних печей. В Україні, особливо в зимовий період, сотні людей труяться чадним газом.



Гарячі продукти згоряння легші за холодне повітря: вони здіймаються трубою та вивільняють місце для свіжого повітря

Довга труба необхідна для відведення продуктів згоряння: вуглекислого та чадного газів, а також сажі

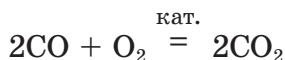
Засувка

Якщо закрити засувку на ніч, а вугілля/дрова ще недостатньо прогоріло й охолонуло, то в печі утворюється чадний газ. Він не може вийти в закритий димар і поширюється приміщенням, що становить смертельну небезпеку для мешканців

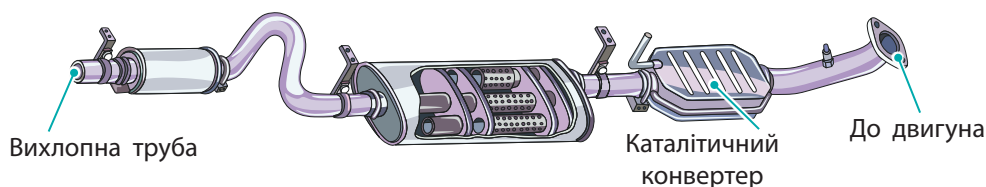
У невеликих кількостях чадний газ виділяється з вихлопних труб автівок унаслідок неповного окиснення пального.

Нині обов'язковим елементом кожної автівки є каталітичний конвертер (або каталітичний нейтралізатор) у вихлопній системі (мал. 20.1).

За наявності каталізаторів чадний газ окиснюється до вуглекислого:



Обов'язковим етапом проходження технічного огляду будь-якої автівки є визначення вмісту чадного газу у вихлопних газах.



Мал. 20.1. Завдяки каталізаторам у вихлопних газах чадного газу значно менше



Мал. 20.2. Датчик умісту чадного газу в повітрі

Хоча вміст чадного газу у вихлопних газах невеликий і регулюється законодавством, перебування в закритому гаражі поряд з автівкою з двигуном, що працює, може бути смертельно небезпечним. Також концентрація чадного газу підвищується в місцях великого скупчення автівок із двигунами, що працюють, у заторах, особливо в довгих тунелях.

Останнім часом в Україні збільшилося використання бензинових електрогенераторів. У їхніх вихлопних газах є чадний газ, тому користуватися такими генераторами в приміщеннях дуже небезпечно. Установлювати їх можна лише на відстані кілька метрів від приміщення, де є люди.

Але найбільша небезпека отруєння чадним газом для людини — під час пожежі. Якщо горіння відбувається за нестачі кисню, утворюється чадний газ. У пожежі найбільшу небезпеку становить не полум'я, а саме отруєння небезпечними газуватими продуктами згоряння. Важливо контролювати наявність чадного газу в приміщеннях, тому в них установлюють спеціальні датчики (мал. 20.2).

Для запобігання отруєнню під час пожежі слід користуватися спеціальними протигазами, фільтри яких обладнані гопкалітом — сумішшю каталізаторів, за наявності яких чадний газ перетворюється на менш небезпечний вуглекислий газ.



Дізнайтеся більше

Багато випадків «спостереження» привидів можна пояснити поганою системою опалення. Якщо в приміщенні накопичується чадний газ, то навіть у малій концентрації він призводить до отруєння, яке спричиняє зорові та слухові галюцинації.

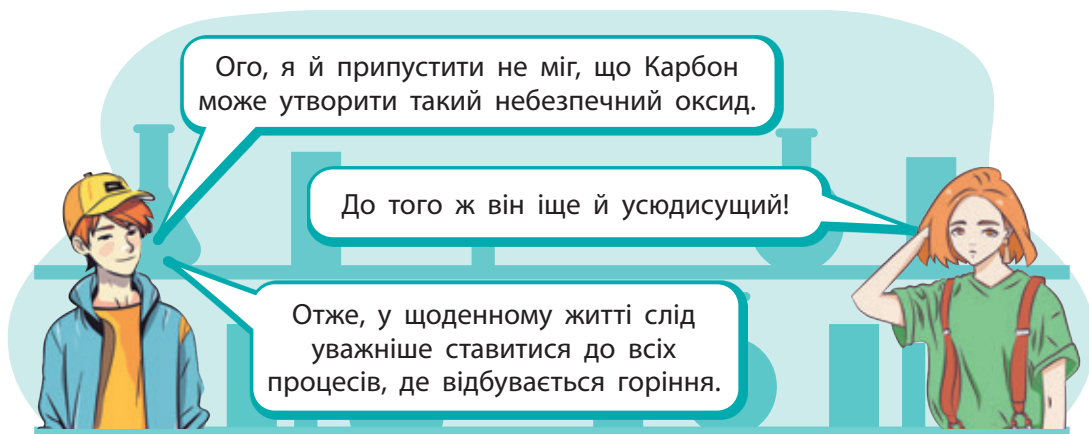


Робота з інформацією

- 250.** За наведеною в параграфі інформацією зробіть припущення щодо можливих напрямів застосування чадного газу. Перевірте свої гіпотези за додатковими джерелами інформації.
- 251.** Дізнайтеся про механізм отруйної дії чадного газу на людину, симптоми отруєння та домедичну допомогу постраждалому. Створіть пам'ятку та презентуйте її в класі.
- 252.** Знайдіть інформацію про способи виявлення чадного газу в повітрі помешкань і підготуйте коротке повідомлення.
- 253.** Порівняйте фізичні властивості чадного газу з властивостями вуглекислого газу та кисню. У якого з газів найбільша/найменша густина? Чи характерна сублімація для чадного газу (за нормального тиску)? Який із газів простіше/складніше перевести в рідкий і твердий стани?
- 254.** Порівняйте масові частки Карбону в етанолі та пентанолі. Чи правильним є твердження: чим більша масова частка Карбону в речовині, тим більша ймовірність утворення кіптяви?
- 255.** Бензин є сумішшю вуглеводнів, але його склад можна умовно описати хімічною формулою C_8H_{18} . Порівняйте масові частки Карбону в метані CH_4 та бензині. Запишіть хімічні рівняння повного окиснення метану та бензину. Чи можна стверджувати, що бензин має згоряти кіптявим полум'ям?
- 256.** Обчисліть об'єм чадного газу (н. у.), необхідного для відновлення залізної руди масою 1 кг, якщо вона складається з оксиду Fe_3O_4 .
- 257.** Унаслідок згоряння 1 л бензину в середньому утворюється до 200 г чадного газу. Обчисліть частку бензину (у відсотках за масою), який за таких умов згоряє з утворенням чадного газу. Прийміть, що хімічна формула бензину C_8H_{18} , а його густина дорівнює 750 г/л.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 258.** Запропонуйте дії для запобігання отруєнню чадним газом, якщо для освітлення використовувати лише свічки.
- 259.** Поширений сьогодні промисловий спосіб одержання заліза — доменний процес. У величезні споруди (доменні печі) завантажують залізну руду та кокс (очищене вугілля, яке складається з майже чистого вуглецю C). За інформацією з параграфа запишіть хімічні реакції, що відбуваються в доменній печі, унаслідок яких одержують залізо. Припустіть, що залізна руда — це чистий ферум(3+) оксид.
- 260.** Іра, Микола та Сергій по телевізору почули про труднощі гасіння магнію, що палає. У передачі говорили, що зі звичайних засобів пожежогасіння для гасіння магнію можна використовувати лише азбестову ковдру. Оцініть правильність тверджень щодо можливості загасити палаючий магній.
- Іра розповіла, що магній, який палає, не можна гасити водою, оскільки за підвищеної температури магній реагує з водою з утворенням вогнєнебезпечного газу.
 - Микола зауважив, що пісок (силіцій оксид) реагує з магнієм, тож у разі гасіння палаючого магнію піском теплота, яка виділяється під час реакції, посилює горіння.
 - На думку Сергія, магній, який палає, не можна гасити вуглекислим газом, оскільки він реагуватиме з магнієм з утворенням ще небезпечнішого чадного газу.



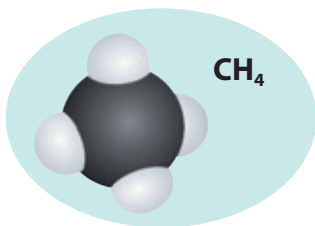
А ти знаєш, що газ, яким ми користуємося на кухні, складається переважно з метану? Начебто звичайний газ, але про нього багато говорять у медіа...

Напевно, не такий він простий.
Але знаю, що він може бути
як корисним, так і небезпечним.

Але чому так? Нумо дізнаватися!

Фізичні властивості

Метан — найпростіший вуглеводень (речовина, яка складається з атомів Карбону й Гідрогену).



Хімічна формула
й модель молекули
метану

Метан:

- безбарвний газ без смаку та запаху;
- розчинність у воді: за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в 1 л води розчиняється 56 мл метану, а за $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ — 36,7 мл;
- густина за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ та нормального атмосферного тиску — $0,717\text{ г/л}$;
- $t_{\text{пл.}} = -182,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = -161,6\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- нетоксичний, але за високого вмісту виявляє слабкий наркотичний ефект.

За вмісту в повітрі 4,4–17 % метан вибухає. Оскільки метан є основним компонентом природного газу, яким ми користуємося в побуті, то витік газу є дуже небезпечним. Через відсутність запаху виявити витік метану було б неможливо, тому до природного газу ще на стадії видобутку додають спеціальні речовини із

запахом (одоранти). Зазвичай це органічні речовини класу меркаптанів, що мають характерний запах зіпсованого м'яса.

Метан нетоксичний і в малих концентраціях безпечний для людини, але за значного вмісту метану в повітрі (25–30 %) людина може знепритомніти й навіть померти, оскільки метан не підтримує дихання.



Поміркуйте

Що таке «парниковий ефект»? Які його наслідки для довкілля?

Метан — один із парникових газів, його вплив на парниковий ефект сильніший за вплив вуглекислого газу у 20–25 разів.

Останніми роками концентрація метану в повітрі суттєво збільшується через інтенсивний розвиток тваринництва: кожна корова за добу випускає близько 300 л метану, а поголів'я корів в Україні становило понад 1,5 млн, не враховуючи іншу велику рогату худобу.

Метан зазвичай зберігають за підвищеного тиску в спеціальних сталевих балонах, пофарбованих у червоний колір.



Метан у природі

Метан — поширена в природі речовина. Він міститься насамперед у природному газі, який утворився в літосфері Землі з рослинної сировини мільйони років тому. Уміст метану в природному газі становить 77–99 % залежно від родовища. Також метан міститься в складі рудникового (того, що виділяється в копальнях) і болотного (того, що виділяється на болотах) газів.

В Україні запаси метану (природного газу) оцінюють приблизно в 1,5 трлн м³ (28-ме місце з-поміж усіх країн світу). Найбільші родовища газу в Україні зосереджені в Дніпровсько-Донецькому нафтогазоносному регіоні (територія Полтавської, Харківської, Сумської та Дніпропетровської областей) і в Передкарпатському родовищі (територія Львівської, Івано-Франківської, Чернівецької

областей). Значні поклади природного газу є на рівнинній частині Кримського півострова та в Чорноморському й Азовському шельфах. Також Україна має перспективи видобування природного газу світового масштабу в північній частині Чорноморського шельфу, де припускають існування найбільшого родовища природного газу під дном Чорного моря.

Значні обсяги метану існують на Землі у *газогідратах* (продуктах сполучення метану з водою). Такі сполуки існують лише за умови низької температури та високого тиску, тому трапляються переважно в північних морях і залягають на глибині близько 1 км. Запаси такого метану оцінюють у 100 разів більшими, ніж запаси всіх розвіданих на сьогодні родовищ природного газу.

Окрім покладів природного газу, утворених у давнину, метан у помітних обсягах утворюється внаслідок життєдіяльності деяких анаеробних мікроорганізмів. Ці мікроорганізми поширені в болотній воді. А ще вони часто існують у симбіозі з тваринами, зокрема, у кишечнику людини.

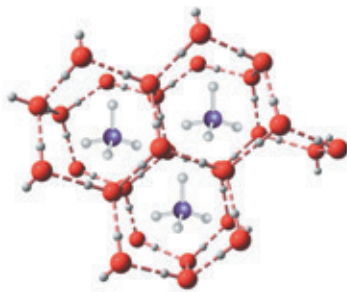


Дізнайтеся більше

Газогідрати є клатратними сполуками (від лат. *clathratus* — той, що закритий ґратками, посаджений у клітку), або сполуками включення. Клатратними називають сполуки, у яких маленькі молекули (такі як у метану) розміщені в порожнинах між молекулами води (як зображено на малюнку). Такі сполуки характерні для багатьох газуватих речовин, зокрема, метану, але вони стійкі лише за умов високого тиску та низької температури. У разі потрапляння гідрату метану у звичайні умови він розкладається на газуватий метан і рідку воду. Один об'єм гідрату метану може виділити 160–180 об'ємів чистого газу!



Клатрат метану



Будова клатрату метану

Хімічні властивості метану



Поміркуйте

Пригадайте, які речовини утворюються внаслідок згоряння метану. Чи можливе неповне окиснення метану за нестачі кисню? Які речовини утворюватимуться?

Метан — горючий і вибухонебезпечний газ. За достатньої кількості кисню він згоряє з утворенням вуглекислого газу й води:



А

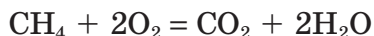


Б

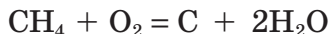
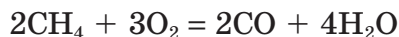
Мал. 21.1. Згоряння метану:

А — за достатньої кількості кисню;

Б — за нестачі кисню



За нестачі кисню метан окиснюється неповністю з утворенням чадного газу або сажі:



Останню реакцію широко застосовують у промисловості для одержання сажі, яку у великих обсягах використовують для виробництва автомобільних шин.



Дізнайтеся більше

В Україні газове освітлення вулиць (із використанням метану) уперше було запроваджено у Львові 1858 року. Згодом таке освітлення з'явилося в Одесі, Харкові, Києві та Чернівцях. Пізніше в цих містах газ почали використовувати як паливо.



Робота з інформацією

- 261.** Уперше чистий метан добув італійський фізик Алессандро Вольта 1778 року: він виділив його з болотного газу, натхнений статтею Бенджаміна Франкліна «Про горюче повітря». За додатковими джерелами інформації підготуйте повідомлення про відкриття й дослідження метану. Чому його назвали «горючим повітрям»?

- 262.** Порівняйте фізичні властивості метану, вуглекислого газу та кисню. Який із цих газів має найменшу густину? Найменшу/найбільшу розчинність у воді?
- 263.** За температури $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ розчинність метану у воді становить $0,04\text{ г}$ на 1 кг води. Обчисліть масову частку метану у водному розчині за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Порівняйте з масовою часткою вуглекислого газу та кисню у водному розчині за умови максимального їхнього розчинення.
- 264.** Із додаткових джерел дізнайтеся про виробництво біогазу. Чи є у складі біогазу метан? За яких умов утворюється біогаз? Для яких потреб його використовують? Підготуйте презентацію.



- 265.** Дізнайтеся про виробництво гуми для автомобільних шин. З якою метою до неї додають сажу? Підготуйте повідомлення.
- 266.** Розчинність метану у воді за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ становить $0,04\text{ г}$ на 1 кг води. Обчисліть об'єм метану, який можна виділити з розчину з максимальним умістом метану за такої температури масою 1000 кг .
- 267.** Обчисліть мінімальний об'єм метану (н. у.), витік якого з побутової газової печі може спричинити вибух на кухні. Прийміть, що площа кухні становить 10 м^2 , висота стелі — $2,5\text{ м}$, інші дані знайдіть у тексті параграфа. (Пам'ятайте, що витік будь-якої кількості газу є вкрай небезпечною ситуацією!)
- 268.** 2015 року споживання природного газу в Україні становило близько 34 млрд м^3 на рік. Знайдіть у тексті параграфа необхідну інформацію та обчисліть, на скільки років Україні вистачить власних розвіданих запасів природного газу за умови споживання на такому самому рівні.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 269.** За якою ознакою можна виявити, що для згоряння газу в газовій печі не вистачає кисню? Якими мають бути ваші дії в такому разі?
- 270.** За якою ознакою можна виявити витік природного газу в помешканні? Як слід діяти за цих обставин?
- 271.** Вибір меркаптану для надання запаху природному газу не випадковий: нюх людини може сприйняти запах меркаптану, навіть якщо в 1 л повітря його буде лише 10^{-16} моль. У такій концентрації навіть собака не здатний відчути цей запах. Є ще одна причина: саме домішки меркаптану дають змогу виявити витік природного газу з газопроводів, оскільки над місцем витoku будуть кружляти стерв'ятники. Поясніть, із якою метою додають одоранти до природного газу, а також чому ці одоранти переважно мають запах зіпсованого м'яса. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про реальні випадки, коли це допомогло виявити витoki.
- 272.** Природний газ — один із найважливіших товарів світової економіки. Транспортують його зазвичай трубопроводами або танкерами СПГ (скрапленого природного газу). Як ви вважаєте, які витрати виникають під час організації та здійснення транспортування природного газу кожним із цих способів? Оцініть, у якому стані (газуватому чи скрапленому) транспортувати економічно доцільніше. У якому — безпечніше? Перевірте свої припущення за додатковими джерелами інформації.
- 273.** Перевозять скраплений природний газ (СПГ) через океан у спеціальних танкерах. Скраплений газ поміщають у величезні баки

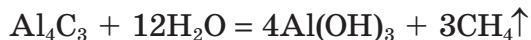


(танки), які за будовою нагадують посудину Дьюара (див. с. 77). Однак скраплений газ не можна зберігати в щільно закоркованих ємностях, тому ці танки обов'язково мають сполучатися з атмосферою. Через це частина скрапленого газу за час перевезення випаровується. Оцініть правильність тверджень щодо такого способу транспортування скрапленого газу.

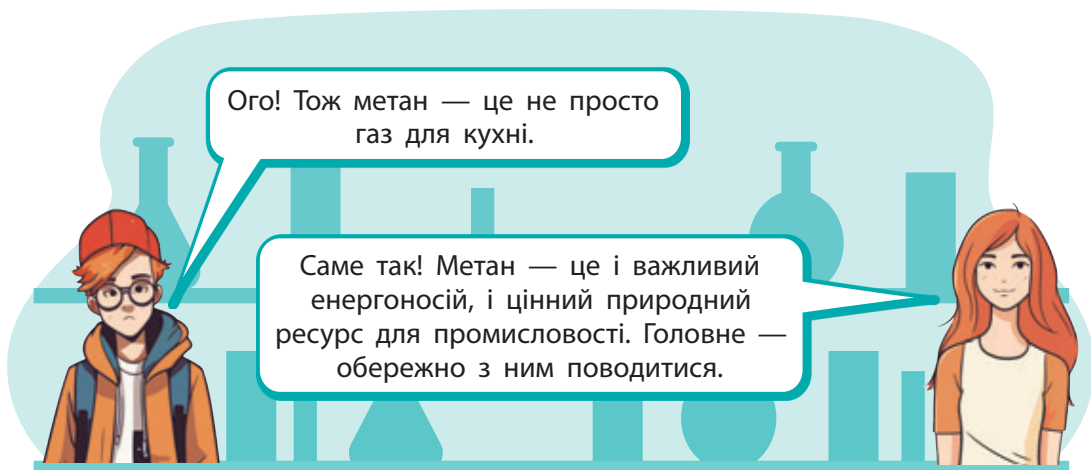
- Газ, який випаровується за час транспортування, доцільно використовувати як пальне для танкерів, які його транспортують.
- Будова танків за типом «термоса» необхідна, аби рідина всередині якомога менше нагрівалася для запобігання надлишковому випаровуванню.
- Випаровування скрапленого газу в щільно закоркованому танку спричиняє підвищення тиску всередині, тому може статися вибух.

274. Як ви вважаєте, чи існують промислові синтетичні способи одержання метану? Обґрунтуйте свою думку.

275. Один із лабораторних способів одержання метану — гідроліз алюміній карбїду, який відбувається за хімічним рівнянням:



За перекладом з грецької *гідро* — «вода», *лізіс* — «розкладання», а також за рівнянням реакції поясніть значення терміна «гідроліз». Обчисліть об'єм метану, який можна одержати гідролізом алюміній карбїду масою 360 г.



За останні пів року ми часто мали справу з хімічними явищами за участю сполук Карбону. Здається мені, що в природі відбувається його колообіг, як і Оксигену.

Авжеж, у багатьох реакціях витрачаються й утворюються різні його сполуки, яких багато в довкіллі.

Нумо, підсумуймо відомі нам природні явища за участю сполук Карбону.



Карбон у природі

Карбон міститься у складі багатьох різних сполук (органічних і неорганічних).

Прості речовини Карбону містяться в кам'яному вугіллі. Алмаз і графіт — це також прості речовини Карбону.

Найбільше атомів Карбону міститься у складних речовинах, із-поміж яких можна виділити такі основні групи:



■ органічні речовини у складі біомаси рослин, тварин, грибів тощо

■ органічні речовини у складі природного газу, торфу, нафти тощо



- органічні речовини в ґрунтах (їх зазвичай називають гумусом, він зумовлює родючість ґрунтів)



- неорганічні речовини, зокрема, у складі карбонатів: соди, кальциту, мармуру, крейди тощо

Фіксування газуватих сполук Карбону

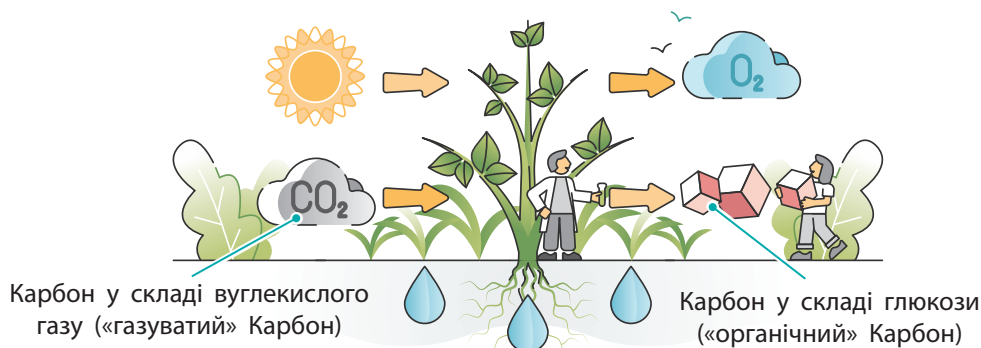


Пригадайте

Який процес називають фотосинтезом? Пригадайте хімічне рівняння, яким описують фотосинтез.

Із-поміж газуватих сполук Карбону найпоширенішими є вуглекислий газ і метан. У великих обсягах вуглекислий газ поглинають рослини під час фотосинтезу. У такий спосіб газуваті сполуки Карбону («газуватий» Карбон) перетворюються на органічні речовини у складі біомаси («органічний» Карбон).

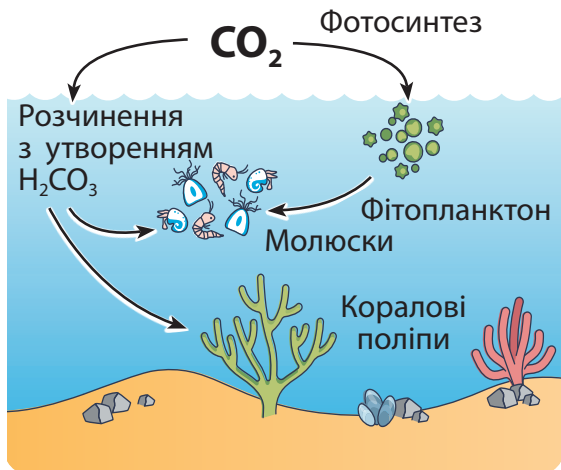
Фотосинтез





На Землі великі обсяги води контактують із повітрям, унаслідок чого вуглекислий газ розчиняється у воді. За певними оцінками, у Світовому океані розчиненого вуглекислого газу міститься в 100 разів більше, ніж газу в атмосфері.

Великі обсяги вуглекислого газу у Світовому океані поглинаються організмами під час фотосинтезу. Також багато вуглекислого газу перетворюється на карбонатну кислоту та споживається тваринами (моллюсками, кораловими поліпами тощо), які «переробляють» його на кальцій карбонат. Цей кальцій карбонат стає основою їхніх черепашок (мушель), ендоні екзоскелетів тощо.



Відмерлі рештки моллюсків, які накопичуються на дні морів і океанів, за мільйони років перетворюються на поклади крейди, вапняку та мармуру.

Усередині черепашок деякі моллюски з кальцій карбонату утворюють перлини.



Утворення газуватих сполук Карбону

Із-поміж газуватих сполук Карбону найбільше виділяється вуглекислого газу. Джерела вуглекислого газу можуть бути біогенними, абіогенними й антропогенними.

Біогенний вуглекислий газ виділяється в процесах:

- дихання організмів;
- гниття решток організмів і бродіння;
- окиснення гумусу киснем повітря.

Абіогенний вуглекислий газ виділяється переважно внаслідок лісових пожеж і вулканічної діяльності.

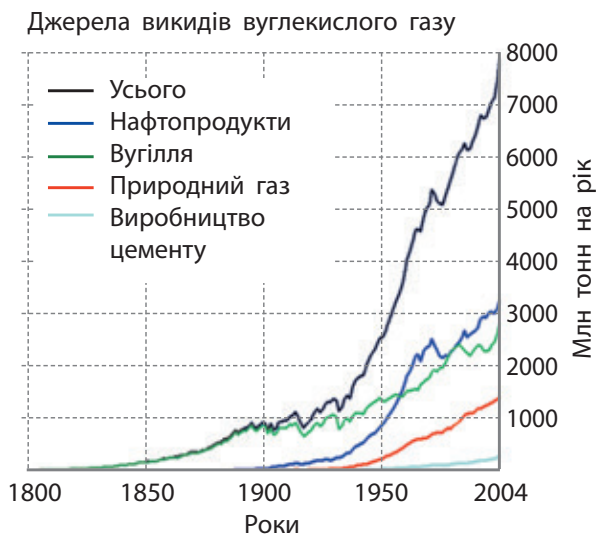
Антропогенні джерела вуглекислого газу в атмосфері:

- згоряння палива (деревини, вугілля, бензину тощо) в автівках, на теплоелектростанціях, під час опалювання помешкань тощо;
- хімічні процеси виробництва (цукру, цементу тощо);
- спалювання сміття й опалого листя.



Поміркуйте

Проаналізуйте графіки, що відображають джерела викидів вуглекислого газу. Назвіть причини збільшення таких джерел.



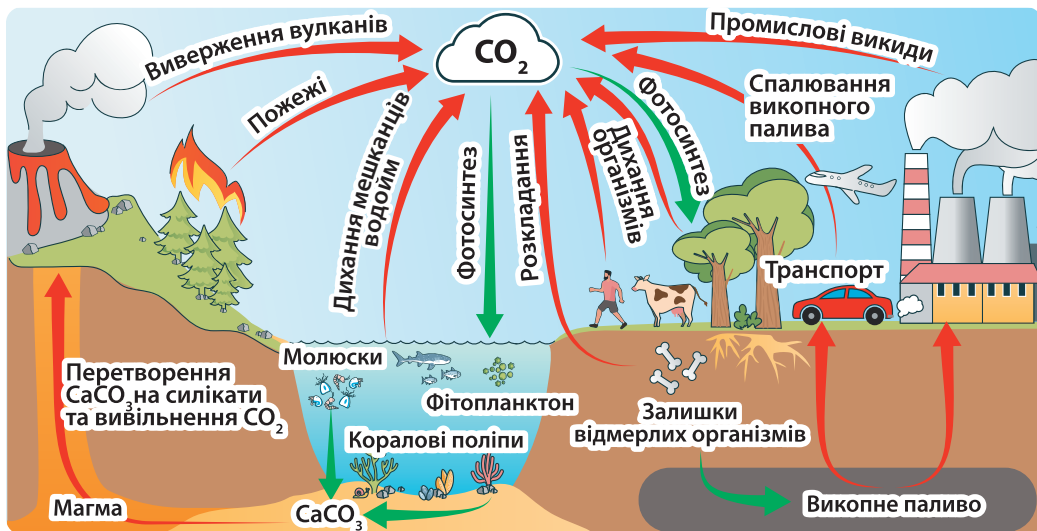
Окрім вуглекислого газу, в атмосферу потрапляє також метан.

Природними джерелами метану є такі процеси:

- анаеробне гниття в болотах;
- розкладання газогідратів унаслідок підвищення температури води Світового океану;
- життєдіяльність тварин, у яких метан утворюється в кишечнику.

Колообіг Карбону

Відомі вам процеси зв'язування й утворення сполук Карбону можна уявити, як колообіг (мал. 22.1).



Мал. 22.1. Колообіг Карбону в природі



Поміркуйте

Порівняйте колообіг Карбону з колообігом Оксигену (§ 11, мал. 11.2). Чи можна стверджувати, що напрями витрат кисню збігаються з напрямками утворення вуглекислого газу?

rnk.com.ua/
110998

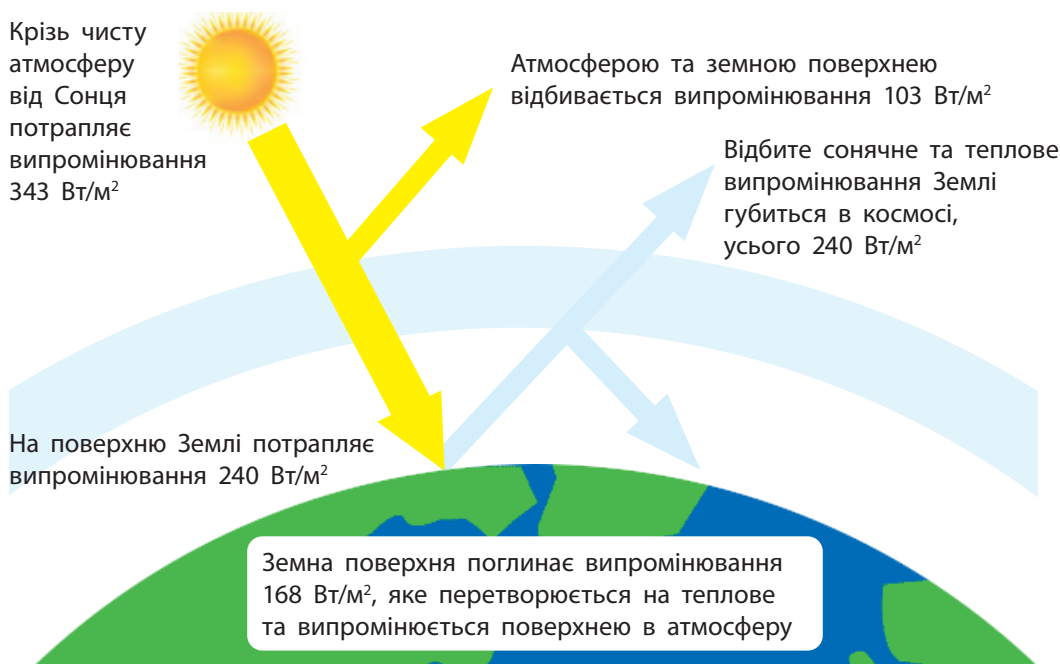


Анімаційний ролик
«Колообіг Карбону в природі»

Парниковий ефект

Ті з вас, хто був у теплиці, знають, як там тепло й волого навіть за холодної погоди зовні. Вологість повітря в теплиці зумовлена випаровуванням води ґрунтом і поверхнею рослин (листями, стеблами тощо), а підвищена температура — великим умістом водяної пари в повітрі.

Водяна пара й інші гази в повітрі (вуглекислий газ, метан тощо) спричиняють *парниковий ефект*. Він виникає через те, що ці гази розігріваються від теплового випромінювання Сонця та від теплоти земної поверхні (мал. 22.2). Отже, частина енергії Сонця не відбивається від поверхні Землі, а витрачається на розігрівання атмосфери. Через парниковий ефект середня температура повітря біля поверхні Землі дорівнює близько $+15^{\circ}\text{C}$. Без парникового ефекту вона була б від -18 до -23°C .



Мал. 22.2. Виникнення парникового ефекту



Поміркуйте

Проаналізуйте малюнок 22.2 та визначте, яка частка від енергії Сонця утримується поверхнею Землі, а яка — атмосферою.

Проаналізуймо дані з таблиці 4 «Парникові гази» (с. 206): найбільше на парниковий ефект впливає водяна пара. Також значний «внесок» у вуглекислого газу. І хоча його вміст у повітрі значно менший, ніж водяної пари, але його парниковий фактор набагато більший.

Таблиця 4. Парникові гази

Газ	Уміст в атмосфері, об'ємна частка, %	Парниковий фактор**	«Внесок» у парниковий ефект, %
Водяна пара	1*	0,1	36–72
Вуглекислий газ	0,04	1	9–26
Метан	$1,7 \cdot 10^{-4}$	30	4–9
Озон	$0,032\text{--}7,3 \cdot 10^{-4}$ (залежно від висоти)	130	3–7
Оксиди Нітрогену	$3,0 \cdot 10^{-5}$	160	1–3

* Середнє значення, залежить від вологості повітря.

** Парниковий фактор використовують для порівняння парникового ефекту двох газів за однакової концентрації.

Ви знаєте, що природними джерелами вуглекислого газу в повітрі є процеси, які відбуваються під час виверження вулканів, життєдіяльності організмів, великих лісових пожеж (мал. 22.3А). Але в останні століття значно посилюється антропогенний фактор: дедалі більше вуглекислого газу потрапляє в атмосферу внаслідок людської діяльності (мал. 22.3Б). Від середини XVIII століття (від початку доіндустріальної епохи) уміст вуглекислого газу в атмосфері збільшився майже в 1,5 раза.



А



Б

Мал. 22.3. Джерела вуглекислого газу в атмосфері: природні процеси (А) й антропогенна діяльність (Б)

Збільшення концентрації вуглекислого газу посилює парниковий ефект, тому підвищується середня температура повітря. А це збільшує випаровування води з океанів, що також посилює парниковий ефект. За прогнозами, сукупність усіх факторів може призвести до підвищення середньорічної температури на планеті на кілька градусів, а отже, до танення льодовиків і підвищення рівня Світового океану.

Унаслідок глобального потепління зростає інтенсивність і кількість екстремальних погодних явищ: посух, повенів, ураганів, які вже відбуваються в різних регіонах світу і, за прогнозами, почастишають у майбутньому (мал. 22.4).

Природозахисники й природозахисниці звертають увагу на необхідність обмеження викидів вуглекислого газу в атмосферу. У 1998–1999 роках майже всі країни світу, зокрема, Україна, підписали Кіотський протокол, згідно з яким зобов'язалися або зменшити обсяги викиду парникових газів, або зберегти їх на рівні 1990 року.

Для досягнення цієї мети насамперед необхідно впроваджувати енергоощадні технології, замінювати викопне паливо біопаливом, використовувати відновлювані джерела енергії.

Для вирішення проблеми парникового ефекту слід також звернути увагу на збільшення вмісту метану в атмосфері (мал. 22.5). Поки що «внесок» метану в парниковий ефект не такий значний,



Мал. 22.4. Природні катаклізми часто є наслідками глобального потепління



Мал. 22.5. Збільшення поголів'я худоби є однією з причин збільшення вмісту метану в атмосфері

але впродовж останніх 300 років його вміст в атмосфері невпинно зростає. Це пов'язано зі стрімким розвитком тваринництва (процеси травлення худоби), рисівництва (процеси болотного гниття), а також збільшенням площі захоронення твердих побутових відходів (процеси анаеробного гниття).

Робота з інформацією

- 276.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про перли: як вони утворюються, як їх добувають і використовують. Підготуйте ілюстроване повідомлення.
- 277.** У додаткових джерелах дізнайтеся, як виробництво цементу впливає на парниковий ефект.
- 278.** За матеріалами з додаткових джерел занотуйте прогнози фахівців щодо кліматичних змін у майбутньому. Порівняйте результати своєї інформаційно-пошукової діяльності з результатами однокласників / однокласниць.
- 279.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію щодо обсягів вуглекислого газу, які потрапляють у повітря з різних антропогенних джерел. Зробіть висновок щодо галузей діяльності людини, які слід модернізувати для зменшення цих обсягів.
- 280.** Знайдіть потрібну інформацію та порівняйте «внесок» природних і антропогенних джерел оксидів неметалічних елементів у формування кислотних дощів.
- 281.** За додатковими джерелами інформації порівняйте «внесок» у формування парникового ефекту газів, які потрапляють в атмосферу з природних і антропогенних джерел.
- 282.** На температуру повітря біля поверхні Землі можуть впливати природні чинники, зокрема, вулканічна активність. Із додаткових джерел дізнайтеся про виверження вулкана Тамбора 1815 року та його вплив на клімат на різних континентах у найближчі роки. Підготуйте повідомлення для класу.



Кальдера вулкана Тамбора
на о. Сумбава, Індонезія

Розуміння явищ природи (робота в групах)

283. Оцініть правильність тверджень.

- Що більше вуглекислого газу потрапляє в атмосферу, то більше його буде розчинятися у воді Світового океану і навпаки, тож між цими процесами існує певна рівновага.
- Температура в Арктиці зростає майже вдвічі швидше, ніж у середньому на планеті. Унаслідок цього швидше тануть арктичні льодовики та морський лід.
- У середньому більшість материкових регіонів нагріваються швидше, ніж океани, через різницю теплоємності води й суші.
- Попри наявні знання про кліматичні системи, існує ще багато невідомих чинників: приміром, не всі процеси взаємодії між атмосферою, океанами, суходолом і біосферою зрозумілі або передбачувані.
- Хоча метеорологи можуть прогнозувати погоду на кілька днів, кліматичні прогнози працюють за іншими принципами, у яких треба вивчати довгострокові тенденції. Погода — це лише короткостроковий вияв кліматичних тенденцій.

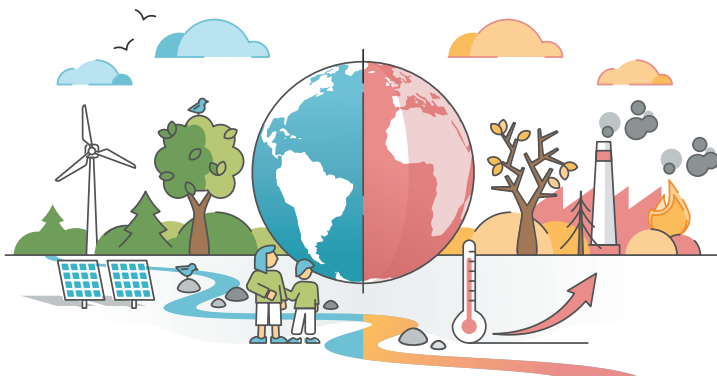
284. Оцініть вплив діяльності людини на колообіг Карбону: вирубування лісів, вирівнювання ґрунтів для будувannya доріг і будівель, орання землі, вирощування сільськогосподарських культур, розведення великої рогатої худоби, заміна палива в котельній з природного газу на сміття, осушування боліт.

285. Парниковий фактор хлорофторовуглеводнів, які використовують як фреони, у 23 тис. разів більший, ніж у вуглекислого газу. Як ви вважаєте, чому стосовно фреонів наголошують переважно на їхній загрозі озоновому шару, а не на посиленні парникового ефекту? (Про озоновий шар ви можете пригадати з § 12.)

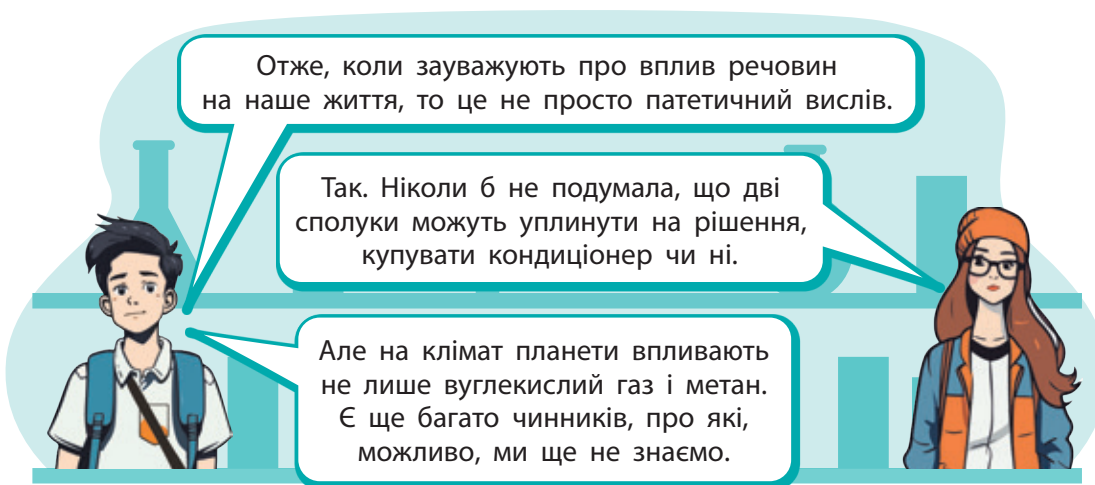
286. За малюнком 22.2 визначте правильність тверджень.

- Кількість енергії, що розсіюється Землею в космосі, більша, ніж потрапляє на Землю.
- Земна поверхня поглинає 4/5 енергії, що на неї потрапляє від Сонця.
- У вигляді теплоти земна поверхня випромінює менше 2/3 поглиненої енергії.
- Земна поверхня випромінює енергію в УФ-діапазоні.
- Близько 30 % сонячного випромінювання відбивається земною поверхнею та атмосферою.

- 287.** Проаналізуйте таблицю на с. 206 і дайте відповіді на запитання.
- Який із газів виявляє найсильніший парниковий ефект?
 - Який із газів найбільше впливає на температуру повітря?
 - З-поміж газів з істотним умістом у повітрі (за винятком водяної пари) визначте той, що найсильніше впливає на парниковий ефект.
- 288.** Запропонуйте захід, який ви могли би підготувати для поширення у вашій громаді інформації щодо парникового ефекту та глобального потепління. Підготуйте листівки для такого заходу.



- 289.** Чи можна однозначно стверджувати, що єдиною причиною глобального підвищення температури повітря на Землі є вміст вуглекислого газу в атмосфері? Наведіть аргументи «за» і «проти».



НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 9

«Моделюємо парниковий ефект»



rnk.com.ua/
110987

■ Що є метою нашої роботи?

Дослідити залежність між складом газової суміші та парниковим ефектом.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: великі посудини (трилітрові скляні банки, невеликі акваріуми, пластикові бутили на 5 л або 10 л), побутові термометри, джерело теплоти (лампи розжарювання, інфрачервоні обігрівачі).

Речовини: пісок, водяна пара (джерело, наприклад, чашка з окропом), вуглекислий газ (джерело, наприклад, апарат Кіппа).

■ Визначаємо ризики

Ви маєте працювати з електричними приладами та реагентами для одержання вуглекислого газу. Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи із цим обладнанням і реактивами? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

■ Що ми маємо зробити?

Запропонуйте план дослідження.



Поміркуйте

Які об'єкти слід підготувати, щоб дослідити вплив вуглекислого газу та водяної пари в повітрі на ефективність парникового ефекту?

Які умови експерименту мають бути постійними, а які — змінними?

Які параметри (властивості) потрібно вимірювати?

1. Підготуйте чотири широкі прозорі посудини. На дно кожної з них насипте невеликий шар піску заввишки близько 1 см. У кожну посудину помістіть побутовий термометр.
2. Першу посудину залиште без змін. У другу та третю на дно поставте джерело водяної пари. У третю та четверту занурте газовідвідну трубку від генератора вуглекислого газу та заповнюйте посудини впродовж 3–5 хвилин.

3. Перед кожною посудиною закріпіть джерело теплоти та спостерігайте за зміною температури всередині.
4. Коли температура всередині припинить помітно підвищуватися, вимкніть джерело теплоти й продовжуйте спостерігати за температурою далі.
5. Результати дослідження занотуйте в таблицю.

Характеристика газової суміші	Посудини			
	1	2	3	4
Час, хв	Температура в посудинах, °C			
	1	2	3	4
0				

6. Побудуйте на одній координатній площині графіки залежності температури всередині посудини від часу, на якій нанесіть результати спостереження для всіх посудин.

■ Який висновок ми маємо зробити?

Схарактеризуйте вплив кожного газу на парниковий ефект.

■ Для підбиття підсумків обговоріть питання

1. Чи впливають на отримані результати властивості матеріалу посудин, їхня форма й об'єм? Як це можна перевірити?
2. Чи зміниться результат, якщо половину дослідів виконати в пластиковому 5-літровому бутілі, а решту — у скляному акваріумі?
3. Чи можна стверджувати, що вміст водяної пари в посудинах 2 і 3 приблизно однаковий?
4. У який ще спосіб, окрім запропонованого, можна було б створити вологу атмосферу в посудинах?
5. Чи впливає розміщення термометра на дні ємності (ближче або далі від джерела теплоти) на результат дослідження?
6. Опишіть, як би змінився план експерименту, якщо ви мали б разом із водяною парою та вуглекислим газом дослідити також вплив метану на парниковий ефект. Скільки посудин для такого дослідження потрібно було б підготувати?

Що це за таке дивне слово
«декарбонізація»? Як ти його розумієш?

«Де-» означає «без» або «зменшення»,
а «карбон» і так зрозуміло.

Еге ж, зрозуміло! На мою думку, це про
зменшення викидів вуглекислого газу!

Поняття про вуглецевий слід

Вуглецевий слід — це сукупність парникових газів, насамперед вуглекислого газу, які потрапляють в атмосферу внаслідок нашої щоденної діяльності та промислового виробництва. Уявіть це як слід, який ми залишаємо на планеті, споживаючи енергію, їжу та різні товари.



Поміркуйте

Як ви вважаєте, чи залишає вуглецевий слід картопля?

Здавалося б, картопля — це рослина, і під час її життєдіяльності вуглекислий газ має поглинатися для фотосинтезу. Проте у вуглецевому сліді «накопичуються» викиди всіх процесів, пов'язаних із картоплею.

1. Картоплю треба посадити та зібрати, а перед цим зорати землю. Для цього потрібні машини, які спалюють паливо.
2. Картоплю треба поливати, а електрику для доставляння води виробляють переважно на ТЕС, де спалюють паливо.
3. Урожай картоплі треба транспортувати на склад і до магазину. Для цього потрібні автівки, які спалюють паливо.



Звісно, це не всі процеси, пов'язані з вирощуванням картоплі, адже трактори та плуг треба виготовити на заводі, тож вони мають свій вуглецевий слід. Проте зрозуміло, що все, чим ми користуємося, має вуглецевий слід, який може змінюватися залежно від технологій виробництва й інших чинників.

Основні джерела утворення вуглецевого сліду

■ Транспорт.

Для транспортування часто використовують пальне, отримане з викопного палива. А ось альтернативні види транспорту, як от електромобілі, мають значно менший вуглецевий слід. Проте варто пам'ятати, що електрику для електромобілів і залізничного транспорту переважно виробляють на теплових електростанціях.

■ Сільське господарство.

Свійські тварини (передовсім рослиноїдні) виділяють великі обсяги метану. Рисові поля також є джерелом метану через інтенсивні процеси анаеробного розкладання, що є частиною технології вирощування рису. Орання ґрунтів і вирівнювання (сплощення) ландшафтів сприяють проникненню кисню вглиб ґрунту, унаслідок чого прискорюються процеси окиснення гумусу.

Що таке декарбонізація?

Декарбонізація — це заходи, спрямовані на зменшення обсягів сполук Карбону, насамперед вуглекислого газу, які потрапляють в атмосферу.

Основні напрями декарбонізації

- Використання відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової та гідроенергії).
- Розроблення нових технологій виробництва з меншими витратами енергії.
- Підвищення енергоефективності: використання менш енергозатратних приладів і пристроїв; створення будинків, які зменшують потребу в опаленні або кондиціонуванні.
- Лісовідновлення.

Декарбонізація — це важливий крок у боротьбі з кліматичними змінами. Кожен із нас може зробити свій внесок у цю справу, піклуючись про навколишнє середовище. Пам'ятаймо, що від наших дій залежить майбутнє планети.

rnk.com.ua/
110988



Анімаційний ролик
«Вуглецевий слід. Декарбонізація»

Альтернативні джерела енергії

Одержання енергії з відновлюваних джерел — це напрямок декарбонізації. Але неможливо повністю одразу на них перейти, тож сьогодні залишається багато процесів, які потребують витрат пального.

Для зменшення викидів вуглекислого газу можна використовувати не викопне паливо, а так зване біопаливо.

Біопаливо — це майже звичайне пальне, але виготовлене з рослинної сировини. Наприклад, рослинну сировину можна піддавати бродінню, а одержаний спирт додавати до бензину або використовувати двигуни внутрішнього згоряння, у яких спалюють спирт.



Олійні сільськогосподарські культури є цінним джерелом олії, з якої одержують рослинне дизельне пальне — біодизель. Україна є одним із найбільших виробників олійних культур (рапс, соя тощо) й експортером олії для виробництва біодизелю.



Дізнайтеся більше

Американська хімікня Френсіс Арнольд розробила метод генної інженерії для одержання ферментів із бактерій, які за кімнатної температури можуть переробляти рослинну сировину на спирт. Користуючись розробленим нею методом, у перспективі можна одержувати різні ферменти для перетворення рослинної сировини на пальне та будь-які інші корисні речовини. За ці дослідження 2018 року вона отримала Нобелівську премію.

Воднева енергетика

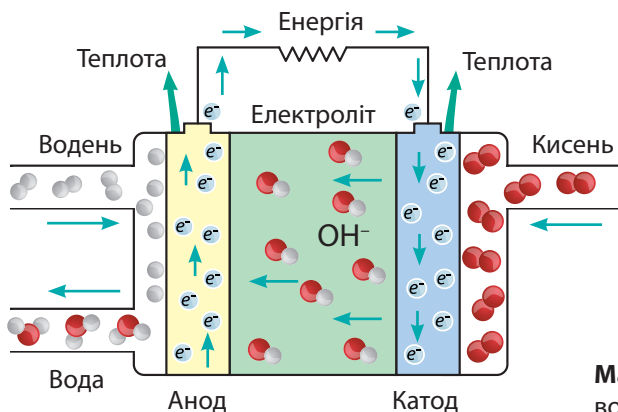


Поміркуйте

Як ви вважаєте, чи можливо створити автівки, у яких замість бензину можна буде використовувати водень?

Перспективним альтернативним паливом вважають водень. Під час горіння водню виділяється велика кількість енергії, яка може стати рушійною силою двигуна. Двигун внутрішнього згоряння можна сконструювати так, щоб у ньому згоряв водень. І у вихлопних газах буде лише водяна пара. Утім є серйозне обмеження: коефіцієнт корисної дії ідеального двигуна не перевищує 50 %, а насправді 30–40 %. Тобто на механічну енергію неможливо перетворити більше половини енергії згоряння палива.

Набагато ефективніше використовувати водневі паливні елементи. Це пристрої, на кшталт акумулятора для телефону, але



Мал. 23.1. Схема будови водневого паливного елемента

генерація електрики там відбувається внаслідок хімічної реакції між воднем і киснем (мал. 23.1).

Сьогодні в деяких країнах уже можна побачити автобуси на таких електрогенераторах (мал. 23.2).

 Поміркуйте

Пригадайте способи одержання водню. Як ви вважаєте, чи матиме одержаний у промисловості водень вуглецевий слід?



Мал. 23.2. Міський транспорт, у якому джерелом енергії є водневі паливні елементи

На Землі не існує покладів водню, з яких його можна було б видобувати. Тому, попри зручність використання водню як пального, його треба одержувати. На це також витрачають енергію, тож і водень може мати вуглецевий слід. Проте вуглецевий слід водню суттєво залежить від джерела енергії.

Водень, у якого немає вуглецевого сліду, називають «зеленим» воднем. Сьогодні, залежно від сировини та джерела енергії, розрізняють «кольори» водню.

«Колір» водню	Процес одержання	Ресурси (сировина або джерело енергії)
Сірий	Риформінг метану або газифікація вугілля	Викопні вуглеводні (природний газ, нафта, вугілля)
Блакитний	Паровий риформінг метану або газифікація із застосуванням технології уловлювання та зберігання вуглекислого газу	Викопні вуглеводні (природний газ, нафта, вугілля)
Жовтий	Електроліз води	Електроенергія атомних електростанцій
Зелений	Електроліз води	Електроенергія відновлюваних джерел (вітер, Сонце, припливи та відпливи тощо)

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 290.** Нобелівський лауреат із хімії Фредерік Жоліо Кюрі якось висловився: «Науковці знають, скільки користі принесла наука людству; вони знають і те, чого вона могла б сьогодні досягнути, якби на всій земній кулі запанував мир. Вони не бажають, щоб коли-небудь були вимовлені такі слова: “Наука нас привела до загибелі від атомних і водневих бомб”. Науковці знають, що наука не може бути винною. Винні лише ті люди, які погано використовують її досягнення». Чи згодні ви із цим твердженням? Наведіть аргументи «за» і «проти».
- 291.** Концепція сталого розвитку — це такий підхід до розвитку суспільства, який задовольняє потреби сучасних людей, але не перешкоджає можливостям майбутніх поколінь задовольняти власні потреби. Обговоріть це визначення. Поясніть, як декарбонізація діяльності людства та використання водневої енергетики сприяє втіленню цієї концепції.
- 292.** Оберіть будь-який предмет, яким ви часто користуєтеся. Схарактеризуйте процеси, які формують його вуглецевий слід. Запропонуйте заходи для зменшення цього сліду.
- 293.** Оцініть свій вуглецевий слід, який ви залишаєте в щоденному житті. Як би ви могли його зменшити? Знайдіть в інтернеті сайт для орієнтовного розрахунку свого вуглецевого сліду. Порівняйте його з вуглецевим слідом, який визначили для себе ваші однокласники/однокласниці.
- 294.** Намалюйте схему «Колообіг Карбону», у якому не використовуватиметься викопне паливо, а лише біопаливо. Унаслідок згоряння біопалива також виділяється вуглекислий газ. Поясніть, чому за таких обставин використання біопалива є одним зі шляхів декарбонізації.
- 295.** Прочитайте твердження: «Україна сьогодні має перспективи одержання й експортування «жовтого» і «зеленого» водню». Чи погоджуєтеся ви з ним? Наведіть аргументи «за» і «проти».
- 296.** Прочитайте твердження: «Спалюючи нафту або вугілля, ми вивільняємо енергію Сонця, запасену рослинами в доісторичні часи. А спалюючи біодизель — енергію Сонця, яка надходить сьогодні до Землі». Чи погоджуєтеся ви з ним? Наведіть аргументи «за» і «проти».

- 297.** Шукаючи інформацію про виробництво біопалива, учні й учениці знайшли такі дані про вихід біогазу залежно від сировини.

Сировина	Об'єм біогазу, м ³ на тонну сировини
Тверді побутові відходи	100
Силос кукурудзяний	180
Листя дерев	150
Трава	320
Зерно, борошно	538
Фруктовий і овочевий жом	108

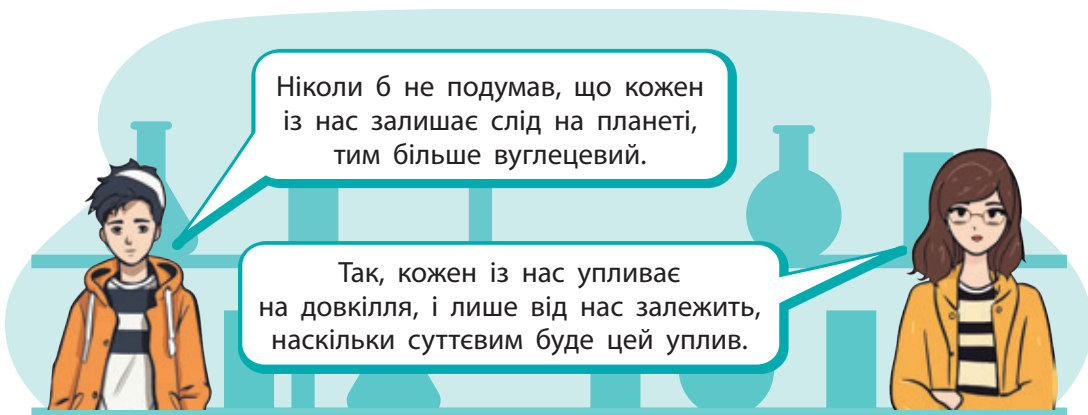
Проаналізуйте цю інформацію. Схарактеризуйте відмінності в ефективності різної рослинної сировини та сформулюйте гіпотезу щодо пояснення цієї різниці.

- 298.** Готуючись до уроку, учні й учениці знайшли економічні показники виробництва біогазу.

Показник	Характеристика
Калорійність 1 м ³ біогазу	≈ 1,6 кВт енергії
Собівартість 1 м ³ біогазу	≈ 0,8 грн
Вартість 1 т листя	≈ 150 грн
Вартість захоронення 1 т листя на полігоні	≈ 50 грн
Потужність одного біореактора, який використовує листя як рослинну сировину	≈ 250 м ³ біогазу на добу
Прибуток з одного біореактора	≈ 25 тис. грн на місяць

За даними таблиці й інформацією з попереднього завдання оцініть кількість електрики, яку виробляє один біореактор, і порівняйте з комерційною вартістю електрики, яку може замінити один біореактор.

- 299.** Запропонуйте захід, який ви могли б підготувати для поширення у вашій громаді інформації щодо вуглецевого сліду. Підготуйте листівки для такого заходу.



Ніколи б не подумав, що кожен із нас залишає слід на планеті, тим більше вуглецевий.

Так, кожен із нас упливає на довкілля, і лише від нас залежить, наскільки суттєвим буде цей вплив.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 10

«Залежність між масою реактанту та масою продукту реакції»



rnk.com.ua/
110989

■ Що є метою нашої роботи?

Установити кількісну залежність між реактантом і продуктом реакції. Сформулюйте гіпотезу щодо існування такої залежності.

■ Що нам знадобиться?

Обладнання: ваги, мірний посуд, хімічні склянки, скляна паличка, шпатель, фільтрувальний папір, лійка.

Речовини: розчини соди (натрій карбонату Na_2CO_3) і кальцій хлориду з масовою часткою 5 %, дистильована вода.

■ Визначаємо ризики

Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи з переліченим обладнанням і реактивами? Якими мають бути ваші дії в разі небезпеки?

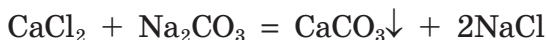


Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу щодо чинників, які можуть уплинути на точність результатів дослідження.

Що ми маємо зробити?

1. Оберіть значення об'єму розчину кальцій хлориду, який ви будете використовувати для досліду, приміром, 5 мл, 10 мл тощо. Важливо, щоб у групах обраний об'єм був різний.
2. Кальцій хлорид реагує із содою:



Обчисліть об'єм розчину соди, необхідний для реакції з кальцій хлоридом. (Припустіть, що густина розчинів дорівнює густині води. Для довідки див. приклад 4 на с. 58.)

3. Налийте в склянку розчин кальцій хлориду об'ємом, значення якого ви обрали, та додайте до нього розчин соди об'ємом у 1,5 раза більший за обчислений.
4. Визначте масу фільтрувального папірця, який ви будете використовувати для фільтрування осаду.
5. Відфільтруйте одержаний осад, промийте його на фільтрі дистильованою водою об'ємом 5 мл і залиште його на певний час для висихання.

Подальші дії виконайте наступного уроку.

6. Обчисліть за рівнянням реакції масу кальцій карбонату CaCO_3 (крейди), що мав утворитися з використанням розчину кальцій хлориду того об'єму, який ви обрали. (Густину розчинів прийміть 1 г/см^3).
7. Визначте масу одержаного кальцій карбонату.
8. Оцініть, яку частку кальцій карбонату ви одержали від того, що мали одержати. Таку частку називають *відносним виходом продукту реакції* та позначають грецькою буквою η (читається «ета»).

Для обчислення розділіть масу одержаного під час досліду осаду на масу осаду, обчислену за рівнянням реакції:

$$\eta = \frac{m(\text{CaCO}_3, \text{ одержаного під час досліду})}{m(\text{CaCO}_3, \text{ обчислена})}$$

9. За даними вашого експерименту та даними інших груп складіть графік залежності маси продукту реакції від об'єму початкового розчину кальцій хлориду.

■ Які висновки ми маємо зробити?

Чи збігається обчислена маса осаду з одержаною? Поясніть цей факт. У якої групи найбільше відрізняються маса одержаного осаду та обчислене значення маси осаду (найменше значення відносного виходу продукту реакції)? Які чинники можуть упливати на цю різницю?

Чи вдалося підтвердити/спростувати гіпотезу, сформульовану вами до дослідження?

■ Для підбиття підсумків роботи обговоріть питання

1. Поясніть, чому розчин соди потрібно додавати не в обчисленій кількості, а більшій? Чи можна його додати не в 1,5 раза більше, а в іншому надлишку (в 1,1 раза більше, 2 рази більше тощо)?
2. Навіщо відфільтрований одержаний осад залишати на певний час і зважувати лише наступного уроку?
3. Навіщо окремо зважувати фільтрувальний папір?
4. Поясніть отримане значення відносного виходу продукту реакції.
5. У яких межах може варіювати вихід продукту реакції?

■ Рефлексуємо

- Що нового ви дізналися під час цього дослідження?
- Де вам можуть знадобитися вміння, яких ви набули?
- Як ви оцінюєте свою роботу? Аргументуйте думку.

Самооцінювання за темою
«Досліджуємо газу довокілья»

rnk.com.ua/
110184



**Рефлексуємо
щодо теми**

**ДОСЛІДЖУЄМО ГАЗУ
ДОВКІЛЛЯ**

- Поверніться на початок розділу (с. 62) та прочитайте перелік того, що ви мали дізнатися. Визначте, про що ви дізналися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

ДОСЛІДЖУЄМО БУДОВУ АТОМА

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- які групи хімічних елементів існують;
- що періодична таблиця — не звичайний перелік хімічних елементів;
- чого більше: електронів у яблуці чи людей на Землі;
- як періодична таблиця дає змогу передбачати майбутні відкриття.

Теми довготривалих проєктів

1. Візуалізація будови атома: моделювання атомів із підручних матеріалів.
2. Моделювання періодичної таблиці хімічних елементів: створення електронного варіанта періодичної таблиці, у якій за QR-кодами можна дізнатися інформацію про хімічні елементи.

Створіть лепбук на одну з тем

- Інформація про субатомні частинки.
- Відкидні сторінки з прикладами різних хімічних елементів (приміром, Гідроген, Гелій тощо) із зазначенням числа протонів, нейтронів і електронів.



Знову про склад атомів? Ми й минулого року це вивчали, і цього року повторювали...

Я пам'ятаю, що в атома є позитивно заряджене ядро та негативно заряджені електрони. Число електронів навколо ядра дорівнює заряду ядра атома. Але ж чому заряд ядра атомів різних хімічних елементів відрізняється?

А про це я не думав... Напевно, ядро має складнішу будову, ніж ми вивчали. І чому атоми хімічних елементів мають різну відносну атомну масу?

Субатомні частинки



Поміркуйте

Сформулюйте гіпотезу, яка б пояснювала різні заряди ядер і відносні атомні маси атомів різних хімічних елементів.

Сучасні уявлення про будову атома ґрунтуються на дослідженнях багатьох науковців, зокрема, Ернеста Резерфорда, Нільса Бора, Дмитра Іваненка, Ервіна Шредінгера та інших, які встановили наявність і будову атомного ядра, будову електронної оболонки атома тощо.

Атоми складаються з позитивно зарядженого *ядра* та негативно заряджених *електронів*.

Електричний заряд електрона називають *елементарним*, оскільки він найменший із-поміж усіх відомих зарядів і тому його абсолютну величину приймають за одиницю вимірювання заряду. Саме в цих умовних одиницях зазвичай зазначають заряди всіх частинок: електронів, протонів, ядер, йонів тощо. Заряд електрона приймають за -1 (табл. 5).

Таблиця 5. Частинки, з яких складається атом

Частинка	Позначення	Заряд, ум. од.	Маса		Масове число
			г	а. о. м.	
Електрон 	e^-	-1	$9,1094 \cdot 10^{-28}$	0,00055	0
Протон 	p	+1	$1,6726 \cdot 10^{-24}$	1,00728	1
Нейтрон 	n	0	$1,6750 \cdot 10^{-24}$	1,00867	1

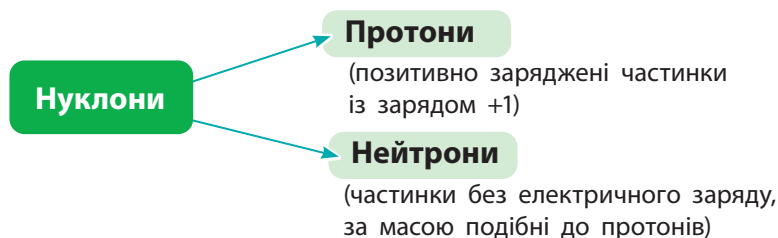


Поміркуйте

Проаналізуйте інформацію з таблиці 5. Чим відрізняються субатомні частинки (тобто частинки, з яких складаються атоми)?

Електрон — найлегша з-поміж відомих елементарних частинок. Його маса становить $9,1 \cdot 10^{-28}$ г, що в 1837 разів менша за масу найлегшого з атомів — атома Гідрогену. Часто в обчисленнях масою електрона нехтують (уважають такою, що дорівнює нулю).

Частинки, з яких складаються ядра атомів, називають *нуклонами* (від лат. *nucleus* — ядро). Існують нуклони двох видів.



Поміркуйте

Якщо із частинок у ядрі атома лише протони мають заряд, то чим зумовлений заряд ядра? А чому атоми — нейтральні частинки?

Оскільки нейтрони не мають заряду, то весь позитивний заряд ядра зумовлений протонами — їхнє число дорівнює заряду ядра:

число протонів у ядрі = заряд ядра

Будь-який атом є електронейтральним. Тому число електронів в атомі має дорівнювати числу протонів у ядрі:

$$\begin{array}{ccc} \text{число протонів} & = & \text{число електронів} \\ \text{у ядрі} & & \text{в електронній оболонці} \end{array}$$



Поміркуйте

Зважаючи на масу субатомних частинок, чим, на вашу думку, буде зумовлена маса атома?

Ядро — найважча частинка атома: його маса становить близько 99,97 % маси атома й визначається числом протонів і нейтронів у ядрі. Відносні атомні маси протона й нейтрона майже однакові й приблизно дорівнюють 1.

$$\begin{array}{ccccc} \text{відносна} & \approx & \text{масове} & = & \text{число протонів} + \\ \text{атомна маса} & & \text{число} & & \text{число нейтронів} \end{array}$$

Приклад

Схарактеризуйте атом, ядро якого містить 5 протонів і 5 нейтронів.

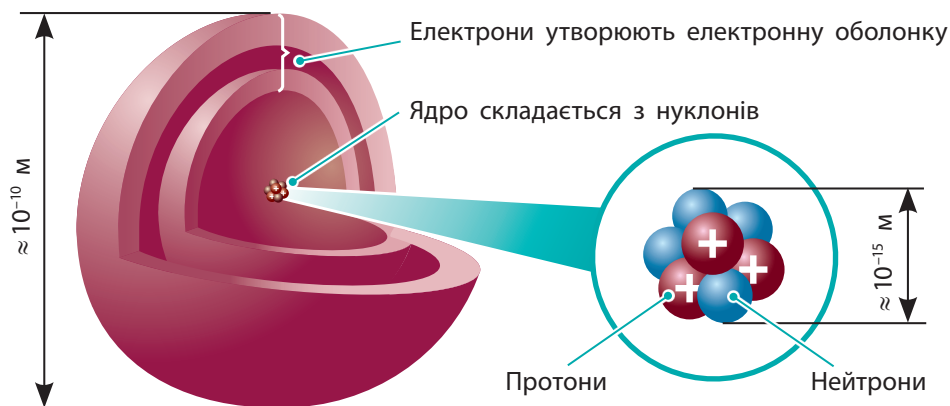
1. Визначимо заряд ядра та число електронів в атомі:

$$\begin{array}{ccccc} \text{число протонів} & & \text{заряд} & & \text{число} \\ \text{у ядрі} = 5 & \rightarrow & \text{ядра} = +5 & \rightarrow & \text{електронів} = 5 \end{array}$$

2. Визначимо атомну масу:

число протонів = 5	▶	маса протонів = 5 а. о. м.	▶	маса ядра = 10 а. о. м.
число нейтронів = 5	▶	маса нейтронів = 5 а. о. м.	▶	маса атома = 10 а. о. м.
число електронів = 5	▶	маса електронів = 0	▶	

І хоча саме в ядрі зосереджена майже вся маса атома, проте розміри ядра надзвичайно малі: його діаметр майже в сто тисяч разів менший за діаметр атома (мал. 24.1). Уявіть: якщо розмір ядра збільшити до розміру звичайного яблука, то сам атом буде розміром із земну кулю.



Мал. 24.1. Ядро атома складається з позитивно заряджених протонів і нейтральних нейтронів. Навколо ядра рухаються електрони, утворюючи електронну оболонку атома



Пригадайте

У 7-му класі ви дізналися, що заряд ядра атома — основна характеристика, за якою розрізняють атоми різних хімічних елементів.



Хімічний елемент — це різновид атомів з однаковим зарядом ядра.

Заряд ядра атомів можна визначити за порядковим номером хімічного елемента в періодичній таблиці:

$$\text{число протонів у ядрі} = \text{заряд ядра} = \text{порядковий номер елемента}$$



Дізнайтеся більше

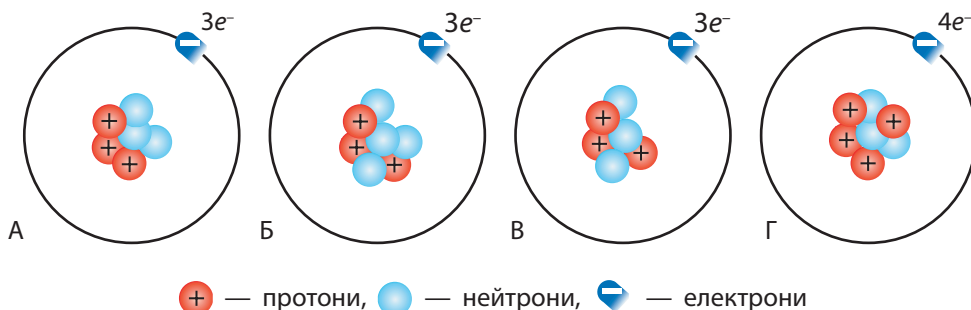
Український науковець Дмитро Дмитрович Іваненко 21 квітня 1932 року надіслав до відомого наукового журналу «Nature» статтю про будову ядра атома, яка складалася лише з 21 рядка. У цій статті він першим у світі запропонував протон-нейтронну модель атомного ядра.

Чим відрізняються різні атоми?



Поміркуйте

Проаналізуйте малюнок 24.2. Моделі скількох атомів на ньому зображено?



Мал. 24.2. Моделі деяких атомів

На малюнку зображено моделі чотирьох атомів. У ядрах цих атомів міститься по три або чотири протони та нейтрони. Але бачимо, що ядра атомів **А** і **В** мають однаковий склад: вони містять по три протони і три нейтрони. Ядро атома **Б** подібне до них, воно містить також три протони, але в ньому чотири нейтрони. Хоча в ядрі атома **Г** також сім частинок, як в атома **Б**, але розподіл протонів і нейтронів дещо інший.

Отже, на малюнку зображено три різновиди атомів. Кожний такий різновид атомів називають *нуклідом*. Атоми **А** і **В** — це атоми одного нукліда, атоми **Б** — другого, а атоми **Г** — третього.



Нуклід — це різновид атомів із певним числом протонів і нейтронів у ядрі.

Кожний нуклід характеризують певними числами:

- **протонне число Z** , або заряд ядра, позначає число протонів у ядрі атома нукліда;
- **нейтронне число N** позначає число нейтронів;
- **масове число, або нуклонне число, A** — це число нуклонів, що дорівнює сумі протонного й нейтронного чисел.

масове число = протонне число + нейтронне число

$$A = Z + N$$

Оскільки маси всіх протонів і нейтронів дорівнюють приблизно 1 а. о. м., а маса електрона мізерна, то масове число будь-якого атома приблизно дорівнює його відносній атомній масі, округлений до цілих чисел.



Дізнайтеся більше



На Землі поширені два нукліди Гідрогену: Протій і Дейтерій. Частка останнього становить лише 0,07% усіх атомів Гідрогену. Ще один нуклід Гідрогену — Тритій — міститься в мізерній кількості (4 кг на всю планету), він утворюється в атмосфері під дією космічного випромінювання.

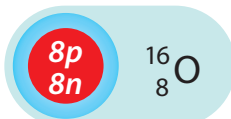
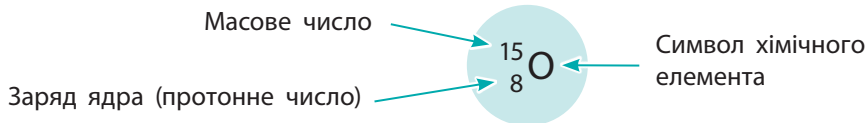
Позначення нуклідів



Поміркуйте

Чи можна, на вашу думку, позначати нукліди так само, як і хімічні елементи?

Для позначення нуклідів, окрім символу хімічного елемента, треба також зазначати масове та протонне числа. Наприклад, для нукліда Оксигену:



Нукліди деяких елементів

Іноді протонне число не записують і пишуть лише ^{15}O , адже відомо, що в усіх нуклідів Оксигену протонне число дорівнює 8. Нукліди позначають як хімічними символами, так і з використанням назв хімічних елементів, наприклад: Оксиген-15, Оксиген-18.

Обчислення кількісного складу атомів



Поміркуйте

Запропонуйте математичну модель визначення числа субатомних частинок в атомі певного хімічного елемента за відомим масовим числом.

Знаючи порядковий номер елемента й масове число нукліда, можна визначити число електронів, протонів і нейтронів в атомах цього нукліда:

- число електронів дорівнює числу протонів Z , яке збігається з порядковим номером (зарядом ядра);
- число нейтронів N дорівнює різниці між масовим числом A і зарядом ядра: $N = A - Z$.

Приклад

Скільки протонів, нейтронів і електронів містить-ся в атомах нуклідів Плюмбуму-210?

Розв'язання:

Масове число: $A(^{210}\text{Pb}) = 210$.

Оскільки порядковий номер Плюмбуму 82, то $Z = 82$.

Отже, і число протонів, і число електронів в атомі також дорівнює 82.

Число нейтронів: $N = A - Z = 210 - 82 = 128$.

Відповідь: 82 протони, 128 нейтронів, 82 електрони.

Скільки різних атомів може існувати?



Поміркуйте

Скільки, на вашу думку, різних видів атомів може існувати в природі?

Чи можна впевнено стверджувати: «оскільки відомо 118 хімічних елементів, то в природі існує 118 різновидів атомів»?

Ядра атомів одного хімічного елемента містять однакове число протонів, що дорівнює порядковому номеру цього елемента в періодичній таблиці. Але якщо протонів в атомних ядрах певного хімічного елемента має міститися чітко визначене число, то чис-

ло нейтронів у ядрі атомів може бути різним, оскільки це не впливає на заряд ядра, а лише на його масу.

За малюнком 24.2 ми розглянули моделі деяких атомів. І хоча атоми **A** та **B** є атомами різних нуклідів, але в їхніх ядрах міститься однакове число протонів (по три). Отже, це — нукліди одного й того самого хімічного елемента: вони виявляють однакові хімічні властивості, але мають різну масу.

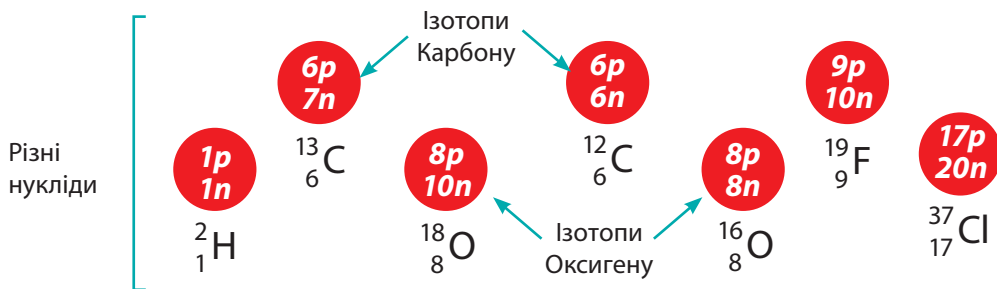
Усі нукліди, що мають однаковий заряд ядра (протонне число) й різне нейтронне число, називають *ізотопами*.



Ізотопи — це різні нукліди одного хімічного елемента.

Наприклад, у ядрі атомів Оксигену міститься 8 протонів (порядковий номер Оксигену — 8). А число нейтронів може бути 7, 8, 9, 10 і навіть більше. Отже, з-поміж атомів Оксигену можна виділити такі нукліди:

Усі ці нукліди є ізотопами $\left[\begin{array}{c} {}^{15}_8\text{O}, {}^{16}_8\text{O}, {}^{17}_8\text{O}, {}^{18}_8\text{O} \end{array} \right]$



Поміркуйте

Грецькою мовою *ізос* означає «рівний, однаковий, подібний», а *топос* означає «місце». Що, на вашу думку, означає термін «ізотоп»?

Усього відомо понад 3000 нуклідів, і можна припустити, що в середньому на кожний елемент припадає близько 28 нуклідів. Але, певна річ, кожний хімічний елемент представлений різним числом нуклідів.

У більшості хімічних елементів є природні нукліди, тобто ті, що трапляються в природних тілах. Таких нуклідів існує близько 300. Решту нуклідів одержано штучно.

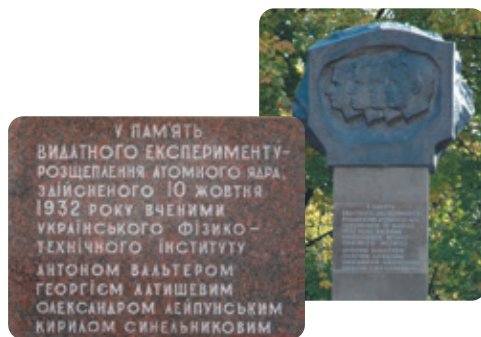
У природі хімічні елементи зазвичай представлені сумішшю декількох нуклідів, наприклад Карбон (^{12}C , ^{13}C і ^{14}C), Нітроген (^{14}N і ^{15}N) тощо. А деякі хімічні елементи представлені лише одним природним нуклідом, наприклад Флуор (^{19}F), Натрій (^{23}Na) тощо.



Дізнайтеся більше

Те, що ядро атома має складну будову, було теоретично доведено на початку XX століття. Експериментально першими це підтвердили англійці Ернест Волтон і Джон Кокрофт у квітні 1932 року. Але лише п'ять місяців по тому 10 жовтня 1932 року експеримент із розщеплення ядра атома здійснили українські науковці Антон Вальтер, Георгій Латишев, Олександр Лейпунський, Кирило Синельников на базі Українського фізико-технічного інституту (зараз — Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут»). 10 жовтня 2002 року перед головним корпусом ННЦ «ХФТІ» було відкрито пам'ятник на честь 70-річчя розщеплення атомного ядра.

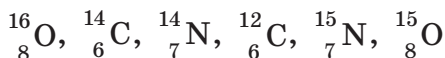
2016 року в цьому інституті було відкрито ядерну установку «Джерело нейтронів», на якій одержують до 50 радіоактивних нуклідів для діагностики багатьох захворювань, зокрема, раку. Сьогодні українські науковці працюють у міжнародній науковій групі, що вивчає теорію будови елементарних частинок за результатами експериментів на Великому адронному колайдері.



Робота з інформацією

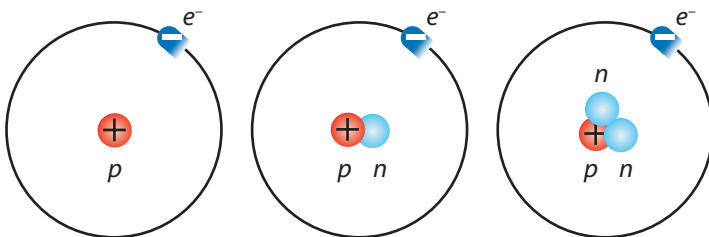
- 300.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про дослідження науковців і науковиць, які зробили важливі відкриття в історії атомної теорії (Дж. Дальтон, Дж. Дж. Томсон, Е. Резерфорд, Н. Бор тощо, про одного на власний вибір). Підготуйте повідомлення.

- 301.** Із-поміж частинок, із яких складаються атоми, лише електрон називають елементарною частинкою. Інші — протони й нейтрони — називають субатомними частинками. Із додаткових джерел дізнайтеся, які частинки називають елементарними та чому протони й нейтрони не вважають такими.
- 302.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про «рекорди» нуклідів. У якого хімічного елемента відомо найбільше нуклідів, у якого — найбільше природних нуклідів? А в яких — найменше?
- 303.** У природних речовинах на Землі знайдено 92 хімічні елементи, проте в періодичній таблиці наведено 118. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про те, як дізналися про існування хімічних елементів, які не існують у природних речовинах. Який хімічний елемент, із-поміж таких, яких немає на Землі, було відкрито першим? Чи можуть бути відкриті ще нові хімічні елементи?
- 304.** Порівняйте поняття, склавши для них діаграми Венна: а) «атом» і «хімічний елемент»; б) «електрон» і «протон»; в) «протон» і «нейтрон».
- 305.** Атом Карбону містить 6 електронів. Чому дорівнює заряд: а) атома Карбону; б) ядра атома Карбону?
- 306.** Запишіть позначення нукліда, якщо ядро атома містить: а) 2 протони й 1 нейтрон; б) 8 протонів і 9 нейтронів; в) 15 протонів і 16 нейтронів; г) 35 протонів і 45 нейтронів; д) 25 протонів і 30 нейтронів; е) 89 протонів і 117 нейтронів.
- 307.** Визначте склад атомів таких нуклідів: ^{17}O , ^{14}C , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{130}I , ^{65}Zn , ^{19}F , ^{56}Fe , ^{39}K , ^{90}Sr , ^{206}Pb , ^{40}Ca , ^{294}Ts .
- 308.** Чим відрізняються за складом ядра атомів нуклідів: а) Літію ^6Li і ^7Li ; б) Урану ^{235}U і ^{239}U ?
- 309.** Запишіть символи нуклідів: а) Натрію, який містить таке саме число нейтронів, що й нуклід ^{24}Mg ; б) Оксигену, який містить таке саме число нейтронів, що й нуклід ^{13}C .
- 310.** Із наведеного списку виберіть: а) ізотопи; б) нукліди з однаковим нейтронним числом; в) нукліди з однаковим нуклонним числом.



Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 311.** Нукліди єдиного елемента — Гідрогену, — крім позначень, ще мають власні назви: звичайний Гідроген H (${}^1_1\text{H}$) — Протій; важкий Гідроген D (${}^2_1\text{H}$) — Дейтерій і надважкий Гідроген T (${}^3_1\text{H}$) — Тритій. Удалося добути ще супернадважкий Гідроген (${}^4_1\text{H}$), але власної назви він ще не має. Проаналізуйте малюнок і схарактеризуйте відмінності нуклідів Гідрогену. Чому вони отримали такі назви?



Нукліди Гідрогену:

Протій

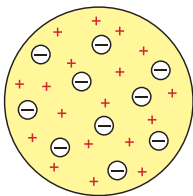
Дейтерій

Тритій

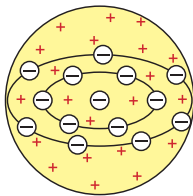
- 312.** Масові числа нуклідів — цілі числа. Проте в більшості хімічних елементів відносні атомні маси є дробовими числами, які часто суттєво відрізняються від цілого значення, наприклад, $A_r(\text{Cl}) = 35,453$. Сформулюйте гіпотезу, яка пояснювала б цей факт. Знайдіть у додаткових джерелах інформацію, яка б підтверджувала або спростовувала вашу гіпотезу.
- 313.** Чи можливо, на вашу думку, за значенням відносної атомної маси хімічних елементів передбачити нукліди, якими представлений цей елемент у природі? Якщо відносна атомна маса Бору дорівнює 10,81, то які існують природні нукліди Бору?
- 314.** Нукліди можуть бути стабільними та нестабільними. Нестабільні нукліди піддаються радіоактивному розпаду, унаслідок чого виникає радіоактивне випромінювання. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про види радіоактивного випромінювання та його вплив на живі організми.



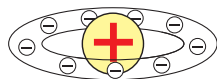
- 315.** Грунтуючись на значенні відносної атомної маси хімічних елементів, спрогнозуйте, у вигляді яких нуклідів існують у природі: а) Літій; б) Фосфор; в) Купрум.
- 316.** Як ви вважаєте, чому в періодичній таблиці відносні атомні маси більшості хімічних елементів — дробові числа, а відносні маси атомів радіоактивних елементів — цілі числа?
- 317.** У молекулі води можуть міститися різні нукліди Гідрогену (^1H , ^2H , ^3H) та Оксигену (^{16}O , ^{17}O , ^{18}O). Тому існують молекули води з різною відносною молекулярною масою. Скільки різних молекул може утворитися із цих нуклідів: а) за складом; б) за масою?
- 318.** Під час перегонки (дистиляції) великого обсягу води на дні перегонного куба збирається небагато важкої води, утвореної Дейтерієм — нуклідом Гідрогену. Така вода D_2O зовні схожа на звичайну воду, але відрізняється від неї властивостями. Вона замерзає не за 0°C , а за $3,8^\circ\text{C}$, перетворюючись на лід, який, на відміну від звичайного льоду, не плаває на поверхні води, а тоне.
- Важка вода не отруйна, але більшість тварин загине, якщо половину води в їхньому організмі замінити на важку. У важкій воді хімічні реакції відбуваються повільніше, що впливає на життєдіяльність організму. Проаналізуйте твердження та визначте, яке з них найкраще пояснює таку дію важкої води.
- Атоми Дейтерію радіоактивні, тому організм гине від опромінення.
 - Важка вода має більшу густину, тому вона руйнує клітини організмів.
 - У важкої води вища температура плавлення, тому за кімнатної температури вона замерзає.
 - Атоми Дейтерію у два рази важчі за атоми Протію, тому організм стає важчим і гине від надмірної гравітації.
 - Молекули важкої води мають більшу масу, тому хімічні реакції за її участі відбуваються повільніше.
- 319.** Для встановлення близької до сучасної моделі атома (планетарної) здійснено низку експериментальних і теоретичних досліджень. До появи планетарної моделі існували інші гіпотези щодо будови атома. Проаналізуйте різні моделі атомів на с. 236 і схарактеризуйте, чим вони відрізняються.



«Кексова» модель атома Вільяма Томсона (1902), який уявляв атом як згусток позитивно зарядженої матерії, у якому рівномірно розподілені електрони, наче родзинки в кексі.

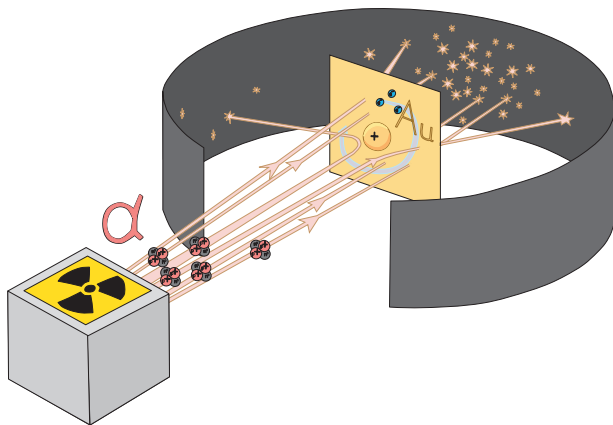


«Кексова» модель, удосконалена Джоозефом Джоном Томсоном (1904), у якій електрони розміщені в одній площині й утворюють концентричні кільця.

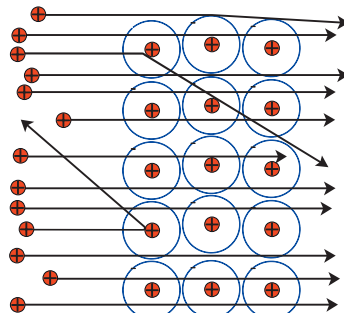
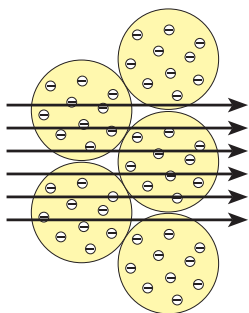


Модель атома Хантаро Нагаока (1904), який припустив, що атом схожий на планету Сатурн: половину об'єму займає позитивно заряджена куля, навколо якої супутники-електрони утворюють кільце.

320. Планетарну модель атома запропонував 1911 року Ернест Резерфорд, здійснивши експеримент, у якому він бомбардував золоту фольгу α -частинками (ядрами атомів ${}^4\text{He}$). Науковець виявив, що більшість α -частинок вільно проходить крізь шар золота, а деякі частинки відхиляються від початкової траєкторії. Проаналізуйте малюнок і опишіть сутність цього експерименту.



За результатами експерименту Е. Резерфорд відкинув усі попередні гіпотези та висловив свою. Проаналізуйте малюнок на с. 237 і поясніть міркування науковця, за якими він запропонував свою планетарну модель.



Якби атоми фольги відповідали «кексовій» моделі,
то α -частинки без опору проходили б крізь пластинку

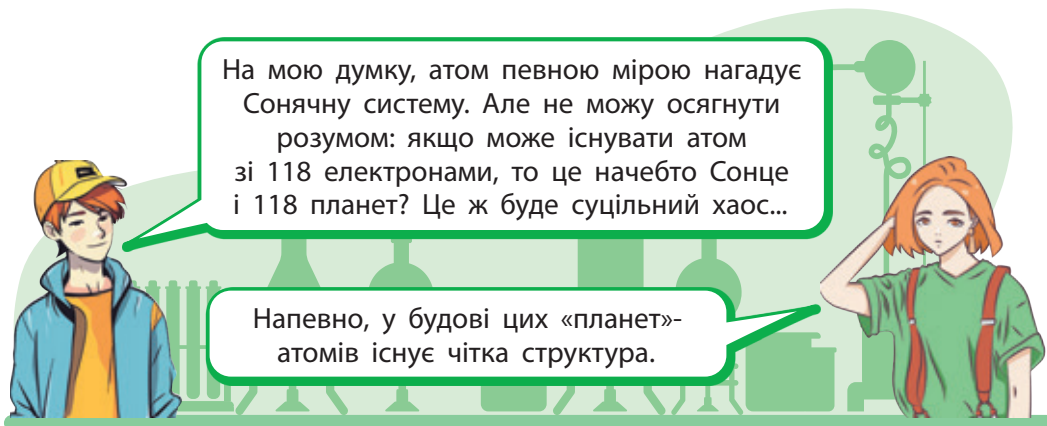
Обговоріть питання щодо експерименту Е. Резерфорда.

- Яке значення золотої фольги й α -частинок для проведення цього експерименту?
- Чому важливо було використовувати саме тонку золоту фольгу?
- Які результати експерименту були несподіваними?
- Чому більшість α -частинок пройшли крізь фольгу без відхилення?
- Як можна пояснити той факт, що деякі α -частинки відхилилися під великими кутами або навіть поверталися назад?
- Чим планетарна модель атома Е. Резерфорда відрізняється від моделі Дж. Дж. Томсона? У чому її переваги?
- Як Е. Резерфорд міг перевірити достовірність отриманих даних?
- Як результати цього експерименту пов'язані з явищами, які ми спостерігаємо у Всесвіті (наприклад, у зорях)?

Тепер зрозуміло, що заряд ядра атома визначається числом протонів у ньому.

Так, і визначити цей заряд можна за періодичною таблицею.

А маса атома зосереджена в ядрі й зумовлена числом протонів і нейтронів. А от масою електронів можна знехтувати.



Модель атома Бора-Резерфорда

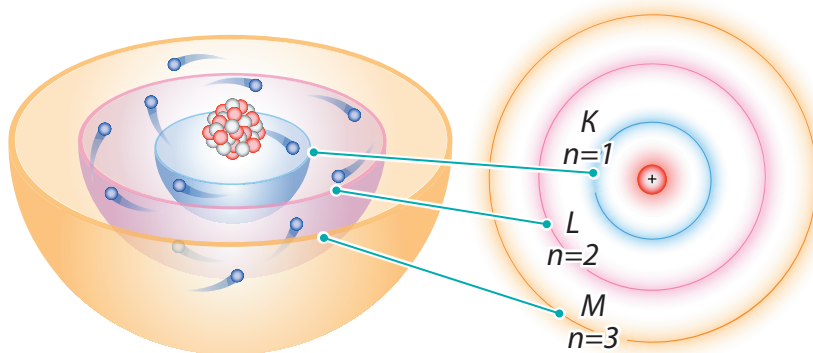
Модель атома Резерфорда, без сумніву, найбільше відповідала справжній будові атома, але в ній було суттєве протиріччя: за відомими на той час законами фізики електрон, якщо він обертається навколо ядра, має безперервно випромінювати енергію та із часом упасти на ядро. Модель атома Резерфорда вдосконалив данський фізик Нільс Бор. Він стверджував, що електрони можуть перебувати не на будь-якій «орбіті», а лише на визначених відстанях від ядра, утворюючи концентричні сфери з електронів. Тому іноді планетарну модель атома називають моделлю Бора-Резерфорда.

В електронних оболонках атомів електрони утворюють чіткі структури, що різняться числом електронів. Структуру електронної оболонки в атомі можна порівняти з багатоповерхівкою, у якій електрони розселяються по різних поверхах. Кожний поверх — це *енергетичний рівень*, або *електронний шар*.



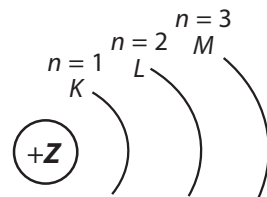
Енергетичний рівень містить певне число електронів, що мають приблизно однакову енергію.

Кожний енергетичний рівень позначають числом n ($n = 1, 2, 3, \dots$) або великою латинською літерою (K, L, M і далі за алфавітом)



Для першого (найближчого до ядра) рівня $n = 1$ (рівень K), для другого $n = 2$ (рівень L), для третього $n = 3$ (рівень M) тощо

Шарувату будову електронної оболонки атомів можна зобразити так: колом позначене ядро, що має певний заряд, а дугами — енергетичні рівні.



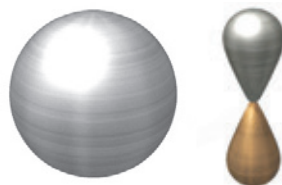
Поняття про орбіталі

Після досліджень Н. Бора та Е. Резерфорда було встановлено, що електрони на енергетичних рівнях перебувають у межах певного простору, який називають *орбіталю*.



Орбіталь — це частина простору, у якому ймовірність перебування електрона вища за 90 %.

На одному енергетичному рівні електрони можуть розміщуватися на орбіталях різної форми. Найпростішими формами орбіталей є сфера й об'ємна вісімка.



Число орбіталей на кожному енергетичному рівні дорівнює n^2 .

Одна орбіталь може вміщувати максимум два електрони, отже:



Кожний енергетичний рівень може максимально вміщувати $2n^2$ електронів.



Поміркуйте

По скільки орбіталей містять різні енергетичні рівні та по скільки електронів можуть максимально вміщувати енергетичні рівні: перший, другий, третій тощо?

Принцип найменшої енергії



Поміркуйте

Які електрони мають меншу енергію: ті, що перебувають на енергетичному рівні, ближчому до ядра, чи навпаки?

Усі хімічні властивості речовин визначаються будовою електронних оболонок атомів.

Розгляньмо, як електрони розподіляються за енергетичними рівнями.

Електрони займають енергетичні рівні послідовно, починаючи з першого, за збільшенням енергії.

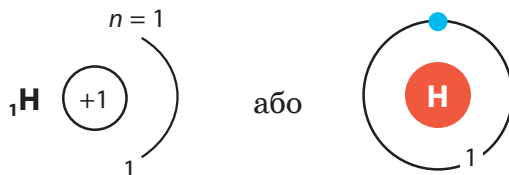
Спочатку «заселяється» перший енергетичний рівень, потім — другий, третій тощо.

Цей принцип називають *принципом найменшої енергії*.

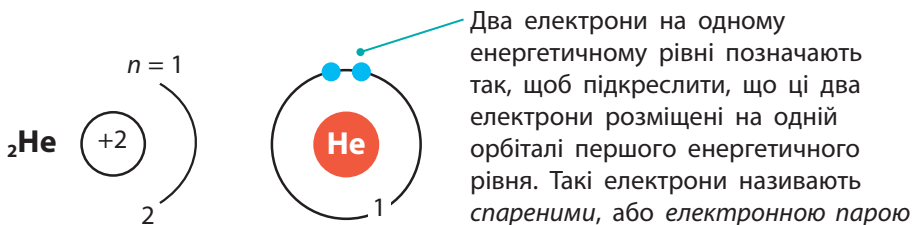
Число енергетичних рівнів, що заповнюються в атомі певного хімічного елемента, визначають за номером періоду періодичної таблиці, у якому розміщений цей елемент.

Так, в атомах хімічних елементів першого періоду заповнюється лише перший енергетичний рівень, в атомах елементів другого періоду — перші два енергетичні рівні, третього — три тощо.

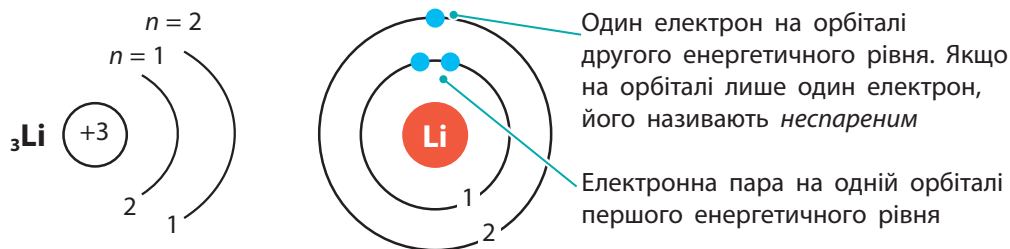
Наприклад, Гідроген розміщений у першому періоді під номером 1. Це означає, що в електронній оболонці його атомів є лише один електрон, який перебуває на першому енергетичному рівні. Електронну оболонку атомів Гідрогену можна зобразити так:



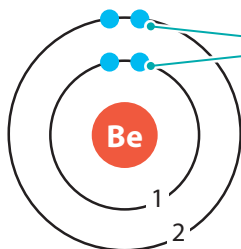
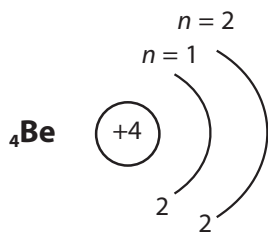
Гелій також розташований у першому періоді, тож в електронній оболонці його атомів так само заповнюється перший енергетичний рівень. Але на цьому рівні вже є два електрони, оскільки порядковий номер Гелію — 2.



В атомах елементів другого періоду електрони заповнюють не лише перший, а й другий енергетичний рівень. Незалежно від числа енергетичних рівнів, електрони спочатку заповнюють рівень із найнижчою енергією, тобто перший, а потім уже другий. До прикладу, розгляньмо електронну оболонку Літію, що містить три електрони (порядковий номер — 3). Оскільки перший рівень максимально вміщує два електрони, то на другому буде лише один електрон:

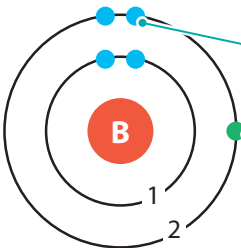
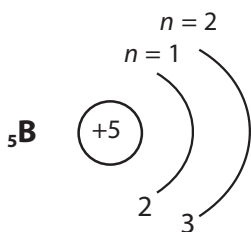


У Берилію на другий енергетичний рівень додається ще один електрон:

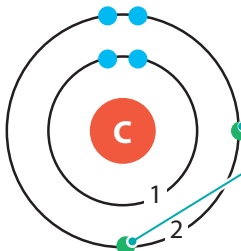
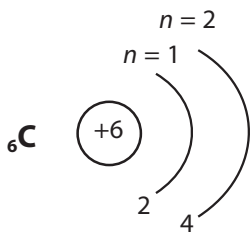


На першому та другому енергетичних рівнях міститься по одній електронній парі

В атомах Бору є 5 електронів, а Карбону — 6. Місткість другого енергетичного рівня — 8 електронів, тож у цих елементів продовжує «укомплектувуватися» другий енергетичний рівень:



Електронна пара на одній орбіталі другого енергетичного рівня й один неспарений електрон на другій орбіталі



Ці два електрони розташовані на різних орбіталях: по одному на кожній. Тож в атомів Карбону по два неспарені електрони в електронній оболонці

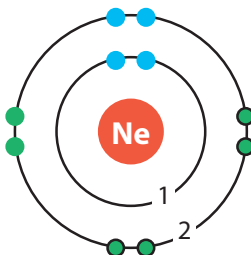
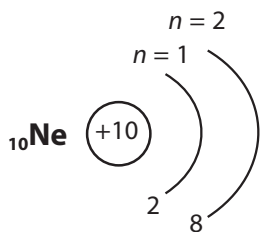


Поміркуйте

Якщо другий енергетичний рівень може максимально вміщувати 8 електронів, то в атомах якого хімічного елемента другий рівень заповниться повністю?

Можна помітити, що в кожного наступного елемента додається по одному електрону до електронної оболонки. Аби заповнити другий енергетичний рівень, треба ще 4 електрони. Тобто

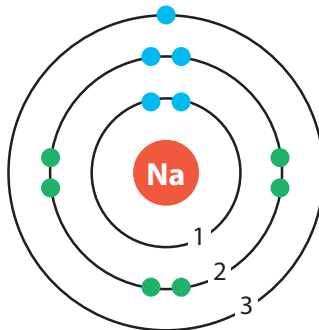
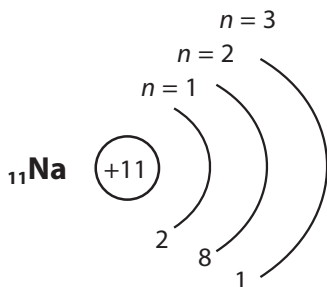
на другому енергетичному рівні мають міститися 8 електронів. Саме стільки їх в атомах хімічного елемента з порядковим номером 10 — Неону:



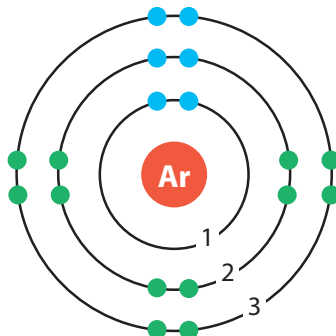
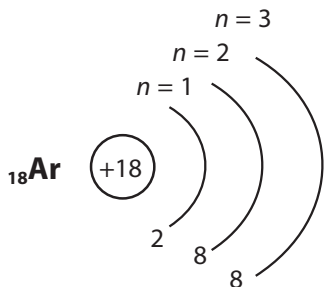
В атомів Неону на зовнішньому енергетичному рівні електрони розміщені на чотирьох орбітях, утворюючи чотири електронні пари

Електронні оболонки атомів третього та четвертого періодів

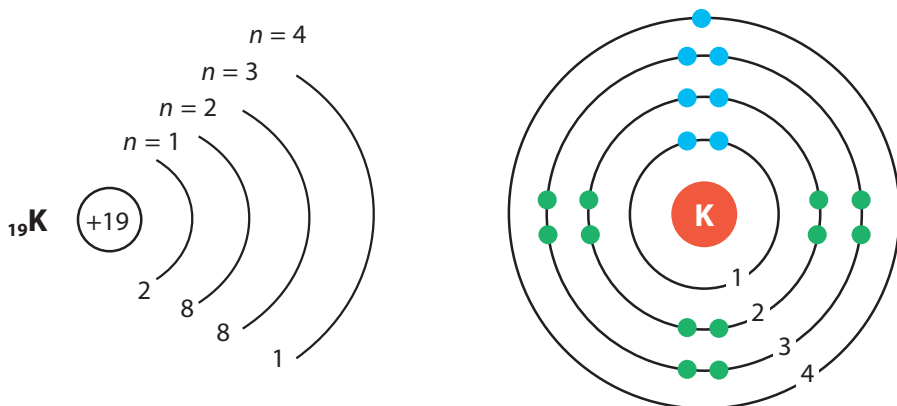
Натрій — перший хімічний елемент третього періоду, тож у його атомів починає заповнюватися третій енергетичний рівень:



А в атомах Аргону на третьому рівні вже 8 електронів:



Третій енергетичний рівень максимально може вмістити 18 електронів. Проте в атомах першого елемента четвертого періоду — Калію — починає заповнюватися четвертий електронний шар:



Звісно, існують і інші принципи будови електронної оболонки атомів, але про них ви дізнаєтеся під час подальшого вивчення хімії в наступних класах.

rnk.com.ua/
110990



Анімаційний ролик
«Електронна оболонка атома»



Поміркуйте

Важливою характеристикою електронної оболонки атомів є число електронів на зовнішньому енергетичному рівні.

- Як ви вважаєте, який рівень називають зовнішнім?
- Якою буде енергія електронів на зовнішньому енергетичному рівні порівняно з іншими електронами цього атома: найбільшою чи найменшою?
- Для електронних оболонок, моделі яких наведено вище в цьому параграфі, визначте число електронів на зовнішньому енергетичному рівні.



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Використовуючи підручні матеріали (дроти, намистини, канцелярські скріпки тощо), створіть статичну 2D- або 3D-модель атома (на вибір із перших 20 хімічних елементів) з урахуванням розподілу електронів за енергетичними рівнями.



Число хімічних елементів у періодах періодичної таблиці



Поміркуйте

Порівняйте максимальну місткість енергетичних рівнів і число хімічних елементів у кожному періоді.

Структура періодичної таблиці зумовлена будовою електронних оболонок атомів. Число хімічних елементів, що містяться в кожному періоді, визначається місткістю відповідних енергетичних рівнів (табл. 6).

Таблиця 6. Місткість енергетичних рівнів атомів хімічних елементів перших чотирьох періодів

Період	Енергетичний рівень, що заповнюється електронами	Число орбіталей на енергетичному рівні	Максимальне число електронів на енергетичному рівні	Число хімічних елементів у періоді
1	Перший	1	2	2
2	Другий	4	8	8
3	Третій	9	18	8
4	Четвертий (а також доповнюється третій)	16	32	18

Як видно з таблиці 6, для 1-го та 2-го періодів число хімічних елементів у періоді та максимальне число електронів на відповідному енергетичному рівні збігаються. У наступних періодах виникає «запізнення», що пов'язане з особливостями будови електронної оболонки атомів, про які ви дізнаєтеся потім.

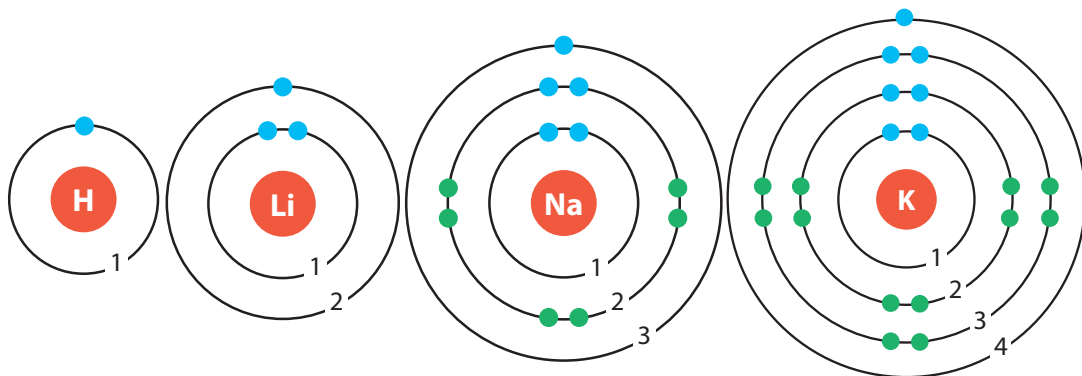
Будова електронних оболонок і групи періодичної таблиці



Поміркуйте

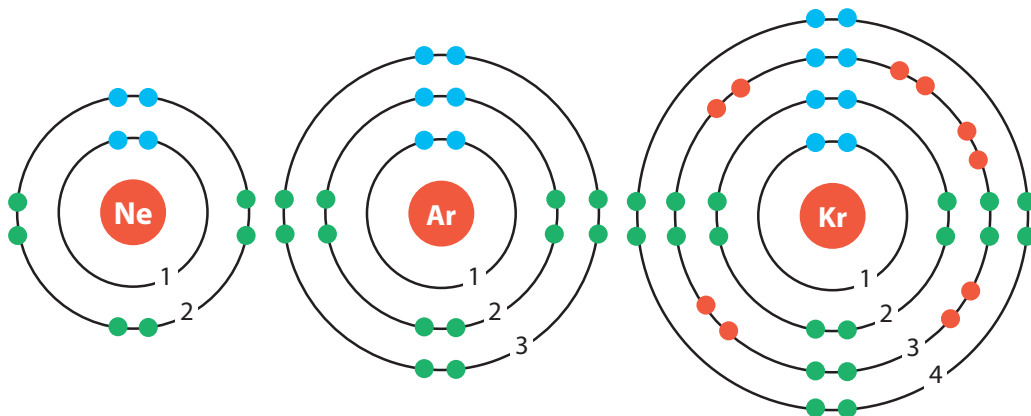
Порівняйте число електронів на зовнішньому енергетичному рівні атомів і номер групи періодичної таблиці, у якій розміщено хімічний елемент.

Порівняймо електронні оболонки елементів 1-ї групи:



У всіх атомах на зовнішньому енергетичному рівні по одному електрону, що збігається з номером групи.

Порівняймо електронні оболонки елементів 18-ї групи:



В усіх цих атомах на зовнішньому енергетичному рівні по 8 електронів. Якщо згадати, що хімічні елементи 18 групи — останні в періоді, а в наступного хімічного елемента починає заповнюватися наступний енергетичний рівень, то можна зробити висновок: на зовнішньому рівні може міститися не більше 8 електронів.

Так само можна порівнювати електронні оболонки атомів інших груп періодичної таблиці.

В атомах елементів 1-ї та 2-ї груп число електронів на зовнішньому рівні дорівнює номеру групи

1		18									
1	2	В атомах елементів 13–18 груп число електронів на зовнішньому рівні дорівнює різниці «номер групи мінус 10»						2			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68
58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69
59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73
63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76
66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77
67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83
73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92
82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98
88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99
89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Будова електронних оболонок атомів хімічних елементів однієї групи подібна, тому хімічні елементи однієї групи називають *електронними аналогами*.

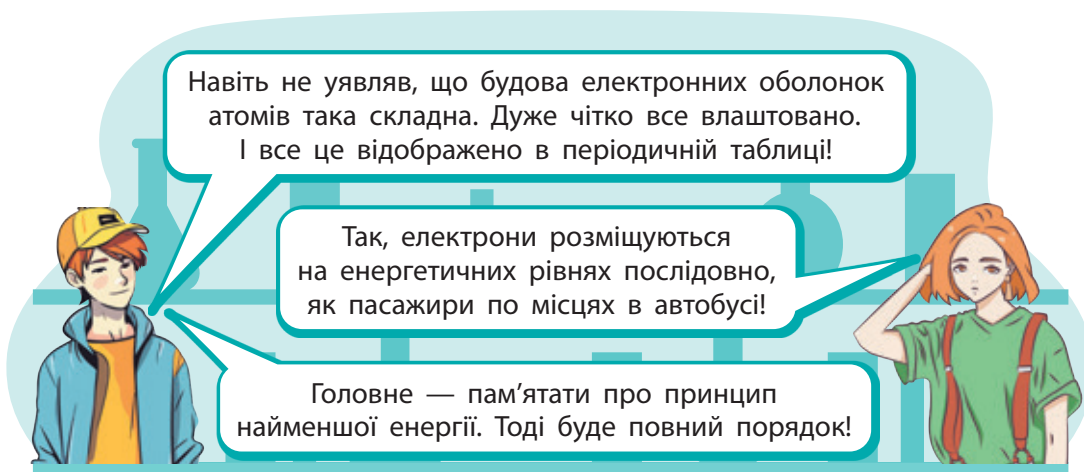


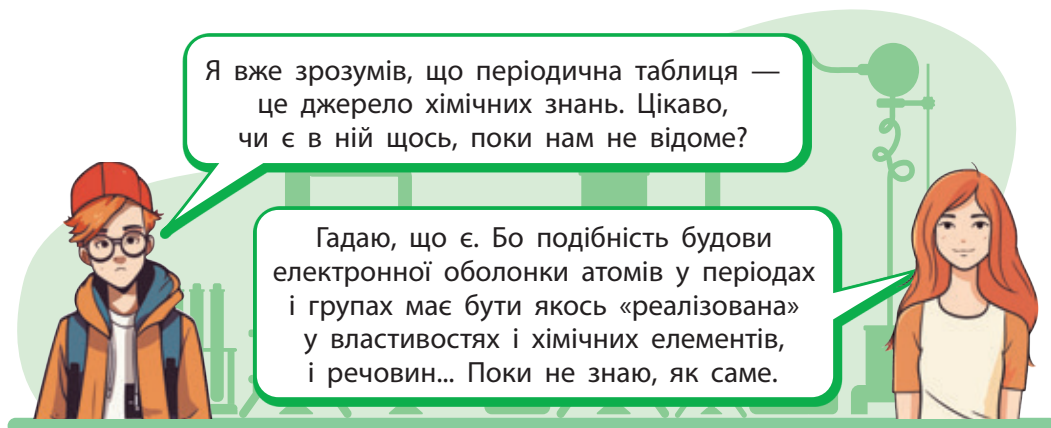
Дізнайтеся більше

Англійський фізик Чарльз Баркла, пропонуючи позначати енергетичні рівні літерами, спочатку використовував літери A, B, C і далі. Але потім припустив, що можуть існувати ще нижчі (глибші) енергетичні рівні, тому, щоб залишити літери алфавіту для цих рівнів, він почав позначення від літери K (потім L, M і далі). Згодом виявилось, що ще нижчих рівнів не існує, але змінювати позначення рівнів уже не стали.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 321.** Скільки електронів міститься на зовнішньому енергетичному рівні атомів: а) Гелію; б) Літію; в) Берилію; г) Бору; д) Карбону; е) Оксигену; ж) Арсену; и) Стануму; к) Барію?
- 322.** Скільки енергетичних рівнів зайнято електронами в атомах: а) Карбону, Силіцію, Германію; б) Берилію, Магнію, Кальцію; в) Флуору, Хлору, Йоду?
- 323.** Назвіть два хімічні елементи, в атомах яких повністю заповнені електронами зовнішні енергетичні рівні.
- 324.** Для хімічних елементів № 1–20 визначте: а) число електронних пар на зовнішньому енергетичному рівні; б) число неспарених електронів на зовнішньому енергетичному рівні.
- 325.** Зобразіть будову електронних оболонок атомів Нітрогену та Фосфору. Що спільного в будові електронних оболонок цих атомів і чим вони відрізняються?
- 326.** Які хімічні елементи є електронними аналогами Оксигену? Зобразіть будову електронної оболонки атома одного з них.
- 327.** Порівняйте ознаку хімічних елементів (металічний чи неметалічний) із числом електронів на зовнішньому енергетичному рівні атомів. Сформулюйте гіпотезу щодо виявленої вами закономірності.





Родини хімічних елементів

Властивості хімічних елементів і утворених ними сполук зумовлені електронною будовою атомів. Якщо до однієї групи належать хімічні елементи, що є електронними аналогами, то й хімічні властивості утворених ними речовин мають бути подібні. Це помітили ще до відкриття електронної будови, тому певні хімічні елементи об'єднали в родини.



Родина хімічних елементів — це група хімічних елементів, що мають подібні властивості.

Наприклад, електронна будова атомів Калію подібна до будови атомів Натрію. Під час хімічних реакцій вони втрачають єдиний електрон зовнішнього енергетичного рівня й перетворюються на йони із зарядом $1+$, а утворені ними основи є лугами. Саме тому ці елементи називають лужними. Також існують і інші елементи, які за властивостями подібні до Калію та Натрію. Їх виділяють в окрему родину — родину лужних елементів.

Із відкриттям нових хімічних елементів і дослідженням їхніх властивостей число родин елементів збільшувалося. Деякі родини дістали власні назви, і в сучасній хімічній літературі часто їх називають саме за ними (табл. 7).

Таблиця 7. Родини хімічних елементів

Період	Група					
	1	2	15	16	17	18
	Лужні елементи ¹	Лужно-земельні елементи ²	Пніктогени ³	Халькогени ⁴	Галогени ⁵	Інертні елементи ⁶
1						He
2	Li		N	O	F	Ne
3	Na		P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	Mc	Lv	Ts	Og

¹ — Утворюють луги.

² — Утворюють землі (так раніше називали оксиди), які у воді перетворюються на луги.

³ — Утворюють задушливі речовини.

⁴ — Більшість елементів трапляються в природі у сполуках із Купрумом.

⁵ — Утворюють солі.

⁶ — Є інертними, тобто не здатними вступати в хімічні реакції.

Хімічні елементи, що належать до однієї родини, утворюють прості речовини та сполуки з подібними фізичними й хімічними властивостями.

Лужні хімічні елементи

Лужні елементи — найактивніші металічні елементи, вони розміщені в 1-й групі періодичної таблиці.

Лужні елементи:

- найактивніші металічні елементи;
- перетворюються на катіони із зарядом 1+;
- утворюють луги.

Загальні формули сполук:

- оксидів — E_2O ;
- гідроксидів (лугів) — $ЕОН$.

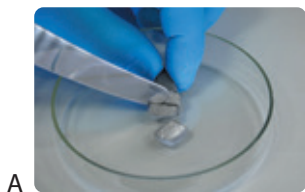
Лужні метали:

- легкі, м'які;
- надзвичайно хімічно активні.

Літій Li
Натрій Na
Калій K
Рубідій Rb
Цезій Cs
Францій Fr

Метали, утворені цими хімічними елементами, також називають лужними. Вони значно легші за інші метали (залізо, мідь, алюміній), дуже м'які та їх можна різати ножем (мал. 26.1А).

Лужні метали є найактивнішими металами: вони реагують із киснем, водою та кислотами. Взаємодія їх із водою відбувається дуже активно, іноді з вибухом (мал. 26.1Б).



А



Б

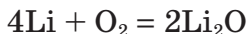
Мал. 26.1. Калій можна різати ножем (А);
взаємодія калію з водою (Б)

rnk.com.ua/
111012



Відео
«Взаємодія натрію з водою»

Лужні хімічні елементи утворюють оксиди із загальною формулою E_2O , де E — будь-який лужний елемент:



Гідроксиди лужних хімічних елементів — луги із загальною формулою $ЕОН$. Утворюються внаслідок взаємодії оксидів лужних елементів із водою, наприклад:



Гідроксиди Рубідію та Цезію такі активні, що їхні концентровані розчини легко руйнують скло навіть за кімнатної температури, а їхні розплави — залізо й навіть платину.

Унаслідок хімічної активності лужні метали трапляються в природі виключно у вигляді сполук. Добути їх можна лише дією електричного струму на їхні сполуки. Натрій і калій уперше були одержані Гамфрі Деві 1807 року саме в такий спосіб.

Галогени

Галогени — найактивніші неметалічні елементи, вони розміщені в 17-й групі періодичної таблиці.

Елементи-галогени:

- найактивніші неметалічні елементи;
- перетворюються на аніони із зарядом 1–.

Загальні формули сполук:

- оксидів — E_2O_7 (крім Флуору);
- летких сполук із Гідроеном — HE .

Прості речовини галогени:

- утворені двоатомними молекулами E_2 ;
- надзвичайно хімічно активні.

Флуор F

Хлор Cl

Бром Br

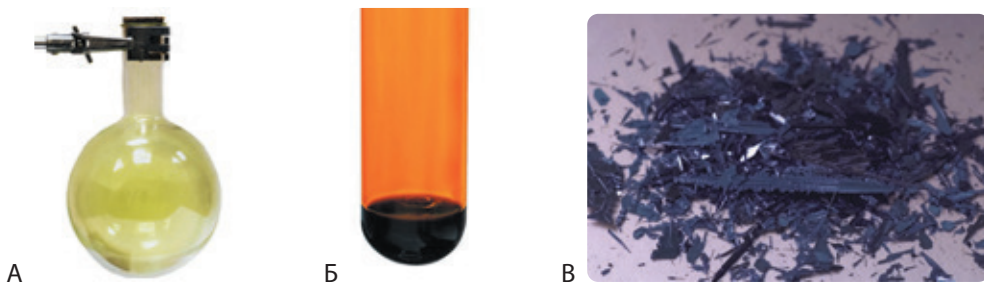
Йод I

Астат At

Теннессин Ts

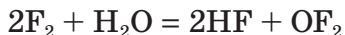
Для елементів-галогенів також характерні спільні властивості, зокрема, усі вони перетворюються на аніони із зарядом 1–.

Прості речовини, утворені цими елементами, також називають галогенами (мал. 26.2). Галогени — речовини молекулярної будови, молекули яких складаються з двох атомів: F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 .

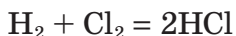
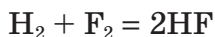


Мал. 26.2. Галогени за звичайних умов перебувають у різних агрегатних станах: хлор — жовто-зелений газ (А); бром — летка рідина бурого кольору (Б); йод — летка кристалічна речовина чорно-фіолетового кольору з металічним блиском (В)

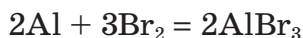
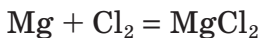
Галогени — найактивніші неметали. Вони реагують із багатьма речовинами. А в атмосфері фтору здатна горіти навіть вода:



Із воднем галогени також взаємодіють дуже активно, іноді з вибухом. Продуктом реакції є леткі сполуки з Гідрогеном загального складу **HE**, водні розчини яких є кислотами:



Галогени активно реагують із металами. Продуктами таких реакцій є солі — галогеніди (фториди, хлориди, броміди, йодиди):



Саме через властивість утворювати солі ці хімічні елементи називали галогенами.

Інертні хімічні елементи

Ще одну родину утворюють елементи 18-ї групи періодичної таблиці. Їх називають інертними елементами.

Інертні елементи:

- хімічно неактивні (за стандартних умов не реагують із жодною речовиною);
- прості речовини складаються з окремих атомів.

Гелій He
Неон Ne
Аргон Ar
Криптон Kr
Ксенон Xe
Радон Rn

Прості речовини цих елементів називають *інертними (благородними) газами*, вони утворені окремими атомами, які не сполучені один з одним хімічними зв'язками. Усі інертні гази в незначних кількостях містяться в повітрі.

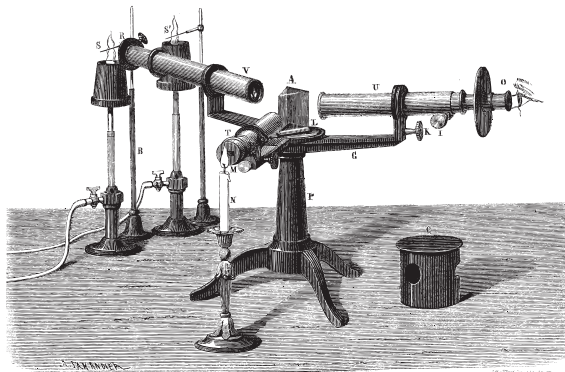
Донедавна вважали, що інертні гази взагалі не утворюють хімічних сполук (про що свідчить їхня назва). Однак за останні

десятиліття вдалося одержати сполуки Криптон, Ксенон та Радон з Оксигеном і Флуором та іншими хімічними елементами.

Найлегший з-поміж інертних елементів — Гелій — був першим хімічним елементом, виявленим поза Землею. Використавши метод спектрального аналізу, П'єр Жансен проаналізував випромінювання Сонця. 1868 року він виявив світіння, не характерне для жодного з відомих на той час елементів. Саме тому цей елемент був названий Гелієм (від грец. *геліос* — сонце). Певна річ, складно відкрити елементи, які не утворюють сполук, але після відкриття Гелію науковці почали ретельніше вивчати гази й незабаром відкрили всі інертні елементи.

Робота з інформацією

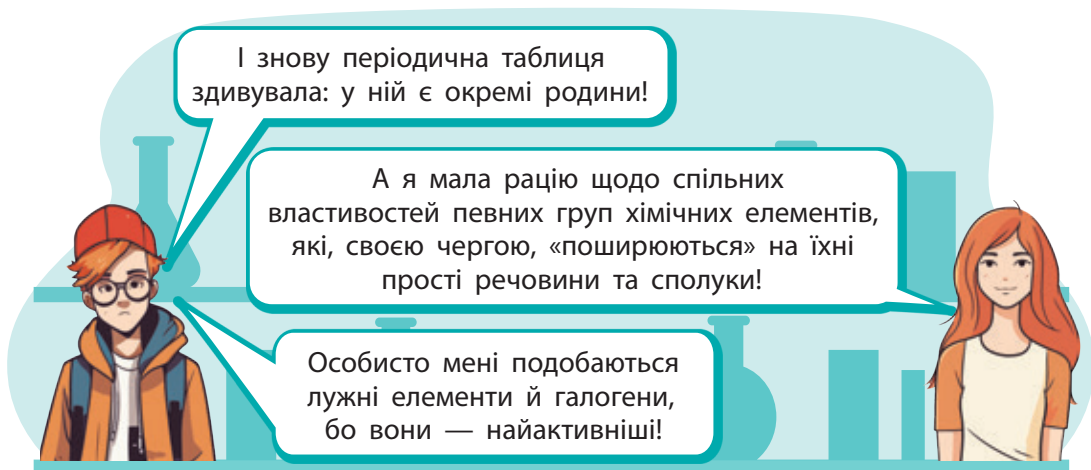
- 328.** Запишіть у загальному вигляді формули оксидів і гідроксидів металічних елементів: а) лужних; б) лужноземельних. Використовуючи ці формули, запишіть у загальному вигляді рівняння реакцій оксидів лужних і лужноземельних елементів із водою.
- 329.** Запишіть рівняння реакції йоду: а) із літієм; б) кальцієм; в) алюмінієм; г) воднем.
- 330.** У якому з оксидів лужних елементів масова частка Оксигену найбільша?
- 331.** Знайдіть у додаткових джерелах інформацію про відкриття інертних елементів спектральним аналізом. Як ви вважаєте, чим можна пояснити той факт, що більшість благородних газів були відкриті майже одночасно: у період 1894–1900 рр.?

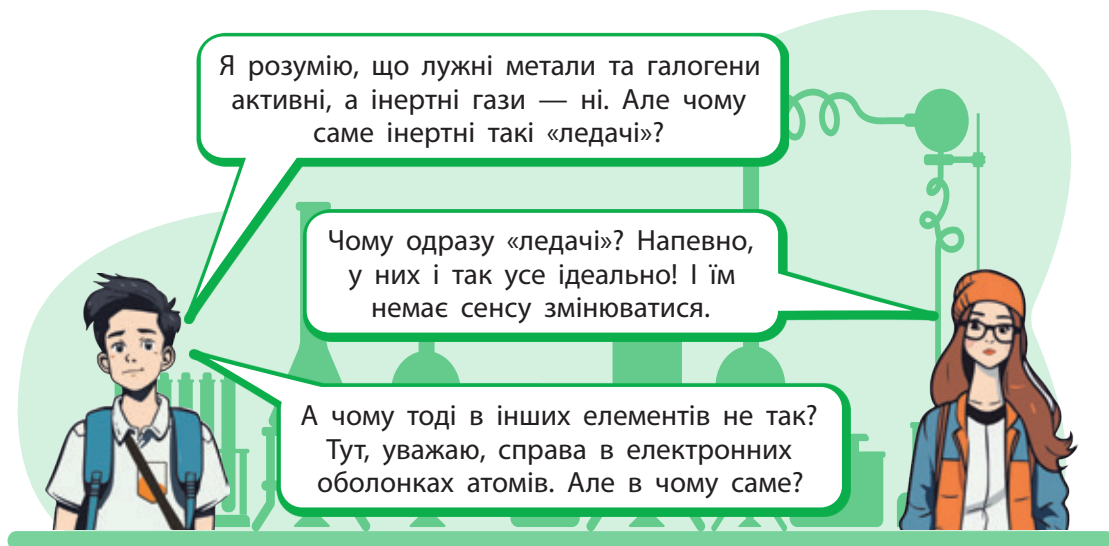


Спектроскоп Кірхгофа–
Бунзена

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 332.** Із переліку хімічних елементів виписіть окремо: а) лужні елементи; б) лужноземельні елементи; в) галогени; г) інертні елементи.
Br, Na, Al, Ca, S, Xe, K, Cl, I, Li, Ba, Ne, Be, Rb, Sr, F, Fe, He, H.
- 333.** Калій за слабого нагрівання бурхливо реагує із сіркою, а розплавлений калій згоряє в атмосфері хлору. Запишіть хімічні рівняння цих реакцій.
- 334.** У перекладі з грецької *гало* означає «сіль», *халько* — «мідь», *пнікто* — «задушливий», *генеа* — «народження». Яке значення, на вашу думку, мають назви родин «галогени», «халькогени» та «пніктогени»? Чому ці родини було названо саме так?
- 335.** Уявіть, що перед вами однакові за формою та розміром зразки літію та заліза. Як відрізнити ці речовини, ґрунтуючись лише на відмінностях їхніх фізичних властивостей?
- 336.** У перекладі з грецької *хлорос* означає «зелений», *бромос* — «смердючий», *йодес* — «фіолетовий». Із якими властивостями хлору, броду та йоду пов'язані їхні назви?





Причина інертності інертних елементів

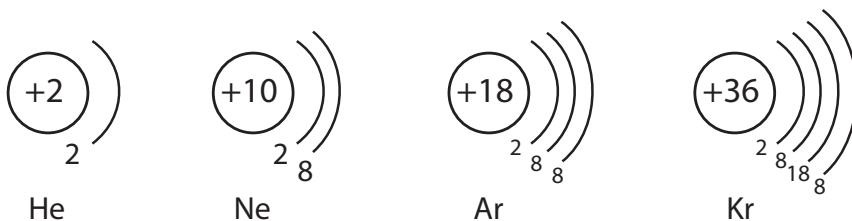
Знаючи електронну будову атома, можна передбачити властивості хімічних елементів і утворених ними сполук. Ці властивості зумовлені електронами, що перебувають на зовнішньому енергетичному рівні.

Розгляньмо вплив будови зовнішнього енергетичного рівня на властивості хімічних елементів.

Із-поміж хімічних елементів особливу групу становлять інертні елементи. Їхня особливість полягає в тому, що вони не «прагнуть» утворювати сполуки. В атомах інертних елементів надзвичайно стійка електронна оболонка, що зумовлює їхню хімічну інертність.

У чому ж причина цієї стійкості?

Проаналізуймо склад зовнішнього енергетичного рівня інертних елементів:



В атомах Гелію на зовнішньому рівні є два електрони. Це максимальна місткість першого енергетичного рівня, отже, в атомів Гелію електронна оболонка цілком заповнена. В атомах Неону зовнішній рівень також містить максимальне число електронів — вісім. В атомів інших інертних елементів (Аргону, Криптоні тощо) на зовнішньому рівні також по 8 електронів. Їхній зовнішній енергетичний рівень хоча й не повністю заповнений, проте, якщо такий атом приєднає ще один електрон, то починає заповнюватися наступний енергетичний рівень. Саме цим і пояснюється хімічна інертність таких елементів: їхні атоми зазвичай не сполучаються з атомами інших хімічних елементів.

Отже, атоми із завершеними енергетичними рівнями або на зовнішньому рівні яких міститься вісім електронів мають підвищену хімічну стійкість.

Металічні й неметалічні властивості хімічних елементів

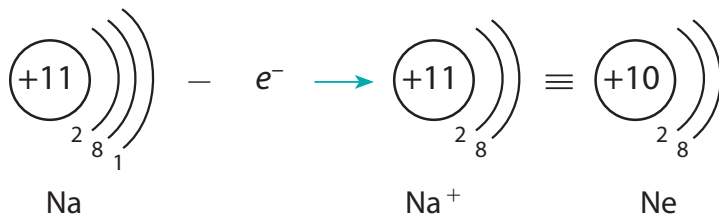
- В атомів металічних елементів на зовнішньому енергетичному рівні небагато електронів (зазвичай 1–3).
- В атомів неметалічних елементів найчастіше чотири й більше електронів на зовнішньому енергетичному рівні.

Атоми всіх хімічних елементів прагнуть мати таку саму електронну оболонку, як в атомів інертних елементів. Для цього вони віддають або приєднують електрони, щоб їхня електронна оболонка стала такою, як в атома найближчого інертного елемента.

Якщо електронів на зовнішньому рівні мало, то їх легше віддати, що характерно для металічних елементів. А якщо електронів на зовнішньому рівні багато (4 і більше), то атоми прагнуть прийняти електрони, що характерно для неметалічних елементів.

Атоми більшості неметалічних елементів можуть також і віддавати електрони, але головна відмінність: **атоми металічних елементів здатні лише віддавати електрони, а неметалічних — і віддавати (крім Флуору), і приймати.**

Розгляньмо лужний елемент Натрій — елемент 1-ї групи. Проста речовина, утворена Натрієм, — активний метал. Висока хімічна активність натрію пояснюється наявністю в його атомах на зовнішньому рівні єдиного електрона, який він легко віддає в хімічних реакціях. Утрачаючи цей електрон, атом Натрію перетворюється на катіон Na^+ , електронна будова якого така сама, як в атомів інертного елемента Неону:



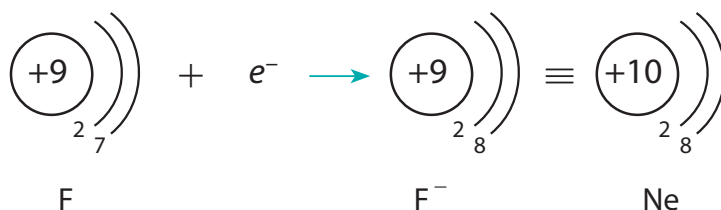
Йони Na^+ містяться в складі всіх сполук Натрію, зокрема, соди й кухонної солі. На відміну від атомів Натрію, йони Натрію хімічно стабільні й майже не шкідливі для організму (мал. 27.1).



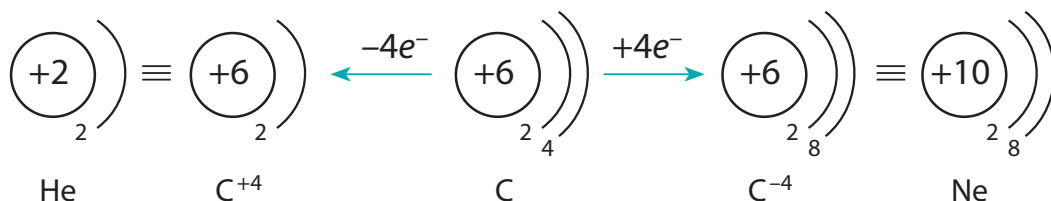
Мал. 27.1. Лужні метали — літій, натрій, калій (зображені ліворуч на кожному склі) — утворені атомами відповідних металічних елементів і є м'якими, блискучими речовинами, хімічно дуже активними. Йони цих лужних елементів, що містяться в складі хлоридів (зображені праворуч), є хімічно стабільними

Увесь Натрій, що міститься в організмі людини (близько 90 г), перебуває саме у вигляді йонів.

Розгляньмо галоген Флуор — елемент 17-ї групи. Проста речовина фтор, утворена Флуором, — активний неметал. Висока хімічна активність фтору пояснюється тим, що в його атомах на зовнішньому рівні є сім електронів. До його завершення бракує лише одного електрона, тому для Флуору характерним є процес приєднання електрона. Так, атом Флуору, приєднуючи один електрон, перетворюється на аніон F^- , що має електронну будову, як в атомів інертного елемента Неону:



Розгляньмо Карбон — елемент 14-ї групи. Його атоми на зовнішньому рівні містять по чотири електрони. Вони можуть набутися електронної будови атомів Гелію, віддавши чотири електрони, або атомів Неону, прийнявши чотири електрони:



Отже, Карбон може виявляти як металічні, так і неметалічні властивості. Але Карбон відносять до неметалічних елементів, оскільки головна ознака неметалічних елементів — це здатність приєднувати електрони, і вона переважає над здатністю їх віддавати.

В атомів хімічних елементів 3–12 груп на зовнішньому енергетичному рівні переважно є по два електрони. Тому всі ці елементи є металічними, як і всі хімічні елементи родин лантаноїдів й актиноїдів.

Зміна металічних і неметалічних властивостей хімічних елементів і простих речовин

У різних хімічних елементів — як металічних, так і неметалічних — різна хімічна активність. Це також зумовлене числом електронів на зовнішньому енергетичному рівні їхніх атомів.

Атоми елементів 1-ї групи прагнуть віддати один електрон, а 2-ї групи — два електрони. Один електрон віддати легше, ніж два. Отже, що більше електронів на зовнішньому рівні, тим атомам складніше їх віддавати. Саме тому зі збільшенням числа електронів на зовнішньому рівні (у періодах) металічні властивості елементів послаблюються.

Що більше електронів бракує атому до завершення енергетичного рівня, то важче їх приєднувати. Тому чим менше електронів на зовнішньому шарі, тим слабшими є неметалічні властивості елементів.

У періоді зі збільшенням заряду ядра металічні властивості елементів і утворених ними простих речовин послаблюються, а неметалічні — посилюються (мал. 27.2).

Група	1	2	13	14	15	16	17
Число електронів на зовнішньому рівні	1	2	3	4	5	6	7
3-й період	11 Na 	12 Mg 	13 Al 	14 Si 	15 P 	16 S 	17 Cl 
Властивості хімічного елемента	Металічний	Металічний	Металічний	Напівметалічний	Неметалічний	Неметалічний	Неметалічний
Властивості простої речовини	Дуже активний метал	Активний метал	Метал	Неметал	Неметал	Неметал	Активний неметал

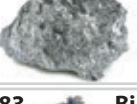
Металічні властивості послаблюються, неметалічні — посилюються



Мал. 27.2. Зміна властивостей хімічних елементів 3-го періоду й утворених ними простих речовин

В елементів однієї групи на зовнішньому енергетичному рівні є однакове число електронів. Наприклад, у лужних елементів в усіх атомів по одному електрону, але вони перебувають на різних енергетичних рівнях: в атомів Літію — на другому, Натрію — на третьому тощо. Що далі від ядра розташовані зовнішні електрони, то слабше вони притягуються до нього. Тому атоми Натрію втрачають електрони легше, ніж атоми Літію, унаслідок чого натрій більш хімічно активний, ніж літій.

Зі збільшенням числа енергетичних рівнів зовнішні електрони легше втрачати, тому металічні властивості в групах посилюються. Разом із цим, неметалічні властивості елементів у групах зі збільшенням розміру атомів послаблюються. Металічні властивості елементів однієї групи найсильніше виражені в елементів із найбільшим зарядом ядра, а неметалічні — в елементів із найменшим зарядом ядра (мал. 27.3).

Номер зовнішнього енергетичного рівня	Група 15	Властивості хімічного елемента	Властивості простої речовини
2	7  N	Неметалічний	Неметал
3	15  P	Неметалічний	Неметал
4	33  As	Неметалічний (напівметалічний)	Неметал
5	51  Sb	Неметалічний (напівметалічний)	Напівметал (із металічним блиском)
6	83  Bi	Металічний	Метал

Неметалічні властивості послаблюються, металічні — посилюються

Мал. 27.3. Зміна властивостей хімічних елементів 15-ї групи й утворених ними простих речовин

Зі збільшенням заряду ядра атомів хімічних елементів:

- у періодах металічні властивості послаблюються, а неметалічні — посилюються;
- у групах металічні властивості посилюються, а неметалічні — послаблюються.

З-поміж усіх хімічних елементів найсильніше металічні властивості виражені у Францію (оскільки Францій у природі не трапляється, а добутий штучно, то з-поміж існуючих елементів — у Цезію). А найсильніше неметалічні властивості виражені у Флуору.

Робота з інформацією

- 337.** Чим зумовлені металічні та неметалічні властивості хімічних елементів?
- 338.** Чому атоми приймають або віддають електрони в хімічних реакціях?
- 339.** Як змінюється сила притягання електронів зовнішнього енергетичного рівня до ядра в періоді й у групі?
- 340.** Як змінюються металічні й неметалічні властивості елементів у групах і періодах періодичної таблиці зі збільшенням заряду ядер атомів? Чим можна пояснити такі зміни?
- 341.** Скільки протонів і електронів містить: а) атом Алюмінію; б) йон Al^{3+} ?
- 342.** Атом якого хімічного елемента містить стільки ж електронів, скільки їх у йоні Li^{+} ?
- 343.** Порівняйте електронну будову йонів S^{2-} , Cl^{-} , K^{+} , Ca^{2+} із будовою атома Аргону.
- 344.** Скільки електронів бракує до завершення зовнішнього енергетичного рівня атомам: а) Оксигену; б) Хлору; в) Силіцію?
- 345.** Йон певного хімічного елемента E^{2+} має таку саму електронну будову, як і атом Неону. Визначте цей елемент.
- 346.** За періодичною таблицею визначте число електронів, яке максимально може віддавати або приєднувати в хімічних реакціях атом Фосфору.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 347.** Чому істотно відрізняються за властивостями хімічні елементи 1-ї та 17-ї груп? Поясніть відповідь із погляду будови їхніх електронних оболонок.
- 348.** Чи існують відмінності між електронною оболонкою йона Магнію та оболонкою: а) атома Магнію; б) атома Неону; в) йона Ca^{2+} ; г) аніона O^{2-} ? Якщо відмінність існує, то в чому вона полягає?
- 349.** Чому хімічні елементи Флуор і Хлор мають подібні властивості? У чому полягають відмінності та чим вони зумовлені?

Ще раз переконався, яка правильна назва «Періодична таблиця». Хоч зліва-направо, хоч згори-униз — усе змінюється поступово та справді періодично.

Важливо, що металічні чи неметалічні властивості хімічного елемента зумовлені будовою електронної оболонки його атомів.

Я так запам'ятав: якщо мало електронів на зовнішньому рівні, то віддавай! Це ознака справжніх металів!

У 7-му класі ми дізналися, що періодична таблиця не завжди мала нинішній вигляд. Цікаво, чи все йшло легко під час заповнення її новими хімічними елементами?

А мені шкода, що всі елементи вже відкриті.

Можливо, Періодичний закон відкриває простір для нових відкриттів?

Відкриття Періодичного закону

Від початку XIX століття розпочали класифікувати хімічні елементи за різними ознаками. Варто згадати тріади Йогана Дебейєра, октави Джона Ньюлендса й таблицю Лотара Мейєра. Найбільш удакою класифікацією стала Періодична система

Таблиця 8. Властивості хімічних елементів і властивості їхніх сполук залежно від відносних атомних мас

Ознака	Ряд хімічних							
	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne
Відносна атомна маса	7	9	11	12	14	16	19	20
Порядковий номер	3	4	5	6	7	8	9	10
Властивості простої речовини	М	М	Н	Н	Н	Н	Н	Н
Формула вищого оксиду	Li ₂ O	BeO	B ₂ O ₃	CO ₂	N ₂ O ₅	—	—	—
Властивості вищого оксиду	O	A	K	K	K	—	—	—
Період	Другий							

Дмитра Менделєєва, яка стала підґрунтям для формулювання Періодичного закону.

За основу систематизації хімічних елементів Дмитро Менделєєв обрав відносну атомну масу, вважаючи її головною характеристикою хімічного елемента: вона не змінюється в разі утворення елементом простої або складної речовини. Розташувачи в ряд символи всіх відомих на той час хімічних елементів у порядку зростання відносної атомної маси, він помітив, що елементи з подібними властивостями (наприклад, лужні елементи) не з'являються безпосередньо один за одним, а періодично (регулярно) повторюються. Виявилось, що так само закономірно (через певний інтервал) повторюються хімічні властивості сполук елементів.

Проаналізуємо, які закономірності можна виявити, розташувачи хімічні елементи другого і третього періодів у ряд (табл. 8).

У цьому ряду чітко простежується періодична зміна ознак. Так, Літій утворює просту речовину метал (лужний метал). Поступово властивості простих речовин змінюються на неметалічні. Також поступово змінюються хімічні властивості оксидів. Літій оксид є основним, а нітроген(V) оксид — кислотним (Оксиген, Флуор і Неон не утворюють оксидів).

Далі ця послідовність у зміні властивостей раптово обривається. З'являється елемент Натрій, який за своїми властивостями подібний до першого елемента ряду — Літію. У подальшому

елементів								
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	
23	24	27	28	31	32	35,5	40	
11	12	13	14	15	16	17	18	
M	M	M	H	H	H	H	H	
Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	Cl ₂ O ₇	—	
O	O	A	K	K	K	K	—	
Третій								

Умовні позначення:

M — метал;
H — неметал;
O — основний;
K — кислотний;
A — амфотерний
(оксид, який виявляє як основні, так і кислотні властивості)

властивості елементів змінюються в такій самій послідовності, як від Літію до Флуору. У ряду простих речовин відбувається поступова зміна: від типового металу (натрію) до типового неметалу (хлору). Спостерігається також зміна складу й властивостей сполук, зокрема, перехід від основного натрій оксиду до кислотного хлор(VII) оксиду.

Аналізуючи цю послідовність, можна виявити, що залежність властивостей хімічних елементів і утворених ними сполук від атомної маси є періодичною. 1869 року Дмитро Менделєєв сформулював Періодичний закон.



Властивості хімічних елементів, а також утворених ними простих і складних речовин, перебувають у періодичній залежності від відносних атомних мас елементів.

У розташуванні хімічних елементів за збільшенням відносних атомних мас виникає проблема з розміщенням Аргону й Калію. Відносна атомна маса Калію дорівнює 39,1, а Аргону — 39,95. Якщо розмістити їх за значенням відносних атомних мас, то Калій буде у 18-й групі, а Аргон — у першій:

Номер групи	17	18	1	2
Хімічний елемент	Cl	K	Ar	Ca
Відносна атомна маса	35,45	39,10	39,95	40,08
Характер елемента	Неметалічний	Металічний	Інертний	Металічний

Якщо ж у супереч атомним масам поміняти місцями Калій і Аргон, протиріччя зникає:

Номер групи	17	18	1	2
Хімічний елемент	Cl	Ar	K	Ca
Відносна атомна маса	35,45	39,95	39,10	40,08
Характер елемента	Неметалічний	Інертний	Металічний	Металічний

Цей парадокс із «хибним» розміщенням елементів був пояснений лише на початку XX століття після відкриття будови атома. Якщо ви уважно розглянете періодичну таблицю, то знайдете ще

декілька прикладів такого «виняткового» розташування хімічних елементів.

Після відкриття електронної будови атомів Періодичний закон було сформульовано інакше.



Властивості хімічних елементів, а також утворених ними простих і складних речовин, перебувають у періодичній залежності від заряду ядер їхніх атомів.

Від ряду елементів до періодичної таблиці

Ряд хімічних елементів, розташованих за збільшенням заряду ядер атомів, можна розділити на окремі ряди. Кожен із них починається лужним елементом, а закінчується — інертним. Такі ряди називають *періодами*. Періоди, розміщені один під одним, утворюють уже знайому вам періодичну таблицю хімічних елементів (мал. 28.1).

1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca
										1 H	2 He								
			3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne									
			11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar									
			19 K	20 Ca															

Мал. 28.1. Перші 20 елементів розміщені в ряд за збільшенням зарядів ядер атомів. У періодичній таблиці елементи з подібними властивостями розміщують один під одним



Ряд хімічних елементів, розміщених за збільшенням зарядів ядер атомів, що починається з Гідрогену або лужного металічного елемента й закінчується інертним елементом, називають **періодом**.

Властивості хімічних елементів, а також властивості утворених ними простих речовин і сполук зі збільшенням заряду ядра атомів у періоді поступово змінюються.

Перший період містить лише два елементи, другий і третій — по вісім. Ці періоди називають *малими*. У них від Гідрогену або лужного металічного елемента до інертного доволі різко змінюється металічний і неметалічний характер елементів.

Четвертий і наступні періоди містять по 18 і більше елементів, тому їх називають *великими*.

У великих періодах також поступово змінюються властивості, але істотно повільніше: властивості сусідніх елементів у великих періодах відрізняються значно менше, ніж у сусідніх елементів малих періодів.

Коротка та довга форми графічного представлення Періодичної системи

Грунтуючись на Періодичному законі, Дмитро Менделєєв створив класифікацію хімічних елементів, яку називають Періодичною системою. Зазвичай її подають у вигляді таблиці.

За рекомендаціями IUPAC майже в усьому світі використовують довгу форму: у ній хімічні елементи одного періоду розміщені в один ряд, а лантаноїди й актиноїди — окремими рядами. Саме цей варіант подано на першому форзаці підручника.

В Україні часто використовують коротку форму періодичної таблиці хімічних елементів. У ній великі періоди розбито на два рядки.

rnk.com.ua/
110991



Коротка форма періодичної таблиці
хімічних елементів

Періодична таблиця хімічних елементів (коротка форма)

Група Період	А І Б	А ІІ Б	А ІІІ Б	А ІV Б	А V Б	А VI Б	А VII Б	А	VIII	Б
1	1 H Гідроген						(H)	2 He Гелій		
2	3 Li Літій	4 Be Берилій	5 B Бор	6 C Карбон	7 N Нітроген	8 O Оксиген	9 F Флуор	10 Ne Неон		
3	11 Na Натрій	12 Mg Магній	13 Al Алюміній	14 Si Силіцій	15 P Фосфор	16 S Сулфур	17 Cl Хлор	18 Ar Аргон		
4	19 K Калій	20 Ca Кальцій	21 Sc Скандій	22 Ti Титан	23 V Ванадій	24 Cr Хром	25 Mn Манган	26 Fe Ферум	27 Co Кобальт	28 Ni Нікол
	29 Cu Купрум	30 Zn Цинк	31 Ga Галій	32 Ge Германій	33 As Арсен	34 Se Селен	35 Br Бром	36 Kr Криптон		
5	37 Rb Рубідій	38 Sr Стронцій	39 Y Ітрій	40 Zr Цирконій	41 Nb Ніобій	42 Mo Молибден	43 Tc Технецій	44 Ru Рутеній	45 Rh Родій	46 Pd Паладій
	47 Ag Аргентум	48 Cd Кадмій	49 In Індій	50 Sn Станум	51 Sb Стибій	52 Te Телур	53 I Йод	54 Xe Ксенон		
6	55 Cs Цезій	56 Ba Барій	57 La Лантан	72 Hf Гафній	73 Ta Тантал	74 W Вольфрам	75 Re Реній	76 Os Осмій	77 Ir Іридій	78 Pt Платина
	79 Au Аурум	80 Hg Меркурій	81 Tl Талій	82 Pb Плюмбум	83 Bi Бісмут	84 Po Полоній	85 At Астат	86 Rn Радон		
7	87 Fr Францій	88 Ra Радій	89 Ac Актиній	104 Rf Резерфордій	105 Db Дубній	106 Sg Сиборгій	107 Bh Борій	108 Hs Гасій	109 Mt Майтнерій	110 Ds Дармштадтій
	111 Rg Рентгеній	112 Cn Коперніцій	113 Nh Нігоній	114 Fl Флеровій	115 Mc Московій	116 Lv Ліверморій	117 Ts Теннессин	118 Og Оганесон		
Висні окисиди	E_2O	EO	E_2O_3	EO_2	E_2O_5	EO_3	E_2O_7	EO_4		
Легкі сполуки з Гідрогеном				EH_4	EH_3	H_2E	HE			

*Лантаноїди

58 Ce Церій	59 Pr Празеодим	60 Nd Неодим	61 Pm Прометій	62 Sm Самарій	63 Eu Європій	64 Gd Гадоліній	65 Tb Тербій	66 Dy Диспрозій	67 Ho Гольмій	68 Er Ербій	69 Tm Тулій	70 Yb Ітербій	71 Lu Лютецій
-----------------------	---------------------------	------------------------	--------------------------	-------------------------	-------------------------	---------------------------	------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

**Актиноїди

90 Th Торій	91 Pa Протактиній	92 U Уран	93 Np Нептуній	94 Pu Плутоній	95 Am Америцій	96 Cm Кюріум	97 Bk Берклій	98 Cf Каліфорній	99 Es Ейнштейній	100 Fm Фермій	101 Md Менделєвій	102 No Нобелій	103 Lr Лоуренцій
-----------------------	-----------------------------	---------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	------------------------	-------------------------	----------------------------	----------------------------	-------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------------

Значення Періодичного закону

Відкриття Періодичного закону та створення Періодичної системи хімічних елементів — одне з найбільших досягнень фундаментальної науки XIX століття.

Закон — це вища форма організації знань. Закон має не лише пояснювати виявлені факти, але й передбачати нові відкриття.

На момент відкриття Періодичного закону було відомо 63 хімічні елементи, але він дав змогу передбачити існування невідомих на той час елементів.

Так, Дмитро Менделєєв припустив, що між Цинком і Арсеном мають бути розміщені ще два поки не відомі елементи: перший за властивостями повинен бути подібним до Алюмінію,

а другий — до Силіцію. Він назвав їх Екаалюмінієм (тобто «подібний до Алюмінію») і Екасиліцієм («подібний до Силіцію»).

Згодом ці невідомі хімічні елементи було відкрито, до того ж властивості нових відкритих елементів — Галію і Германію, відповідно, — практично збігалися з передбаченими (табл. 9). Це підтвердило правильність Періодичного закону.

Таблиця 9. Передбачені й експериментально виявлені властивості Германію

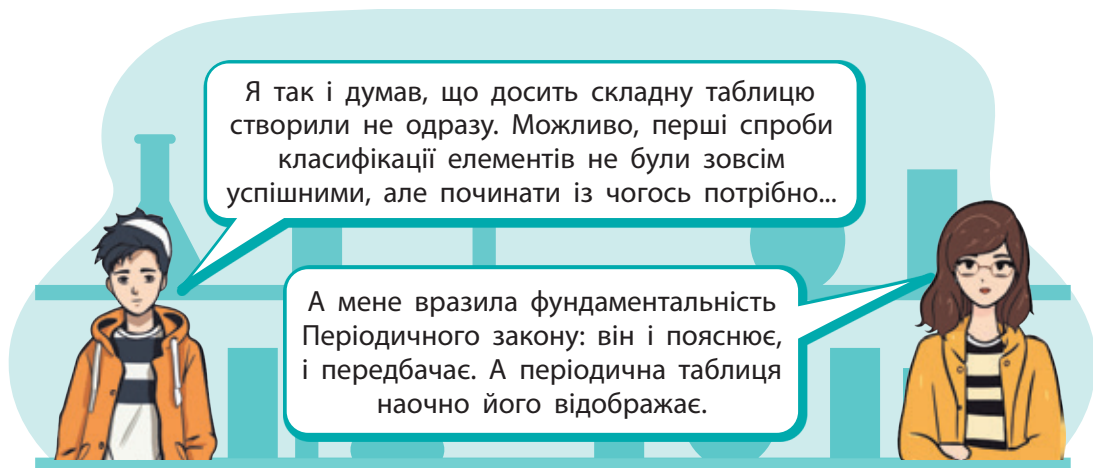
Характеристика елемента й утворених ним речовин	Екасиліцій, передбачений Д. Менделєєвим 1871 року	Германій, відкритий К. Вінклером 1886 року
Відносна атомна маса	Близько 72	72,6
Властивості простої речовини	Сірий тугоплавкий метал, густина — бл. 5,5 г/см ³	Сірий тугоплавкий метал, густина — 5,35 г/см ³
Характеристика оксиду	Формула оксиду — EO_2 , густина — бл. 4,7 г/см ³ , оксид має доволі легко відновлюватися до металу	Формула оксиду — GeO_2 , густина — 4,7 г/см ³ , оксид відновлюється до металу під час нагрівання в струмені водню
Характеристика хлориду	Хлорид ECl_4 має бути рідиною з температурою кипіння бл. 90 °С і густиною бл. 1,9 г/см ³	Германій(IV) хлорид GeCl_4 є рідиною з температурою кипіння 87 °С і густиною 1,887 г/см ³

Періодичний закон відкрив шлях до вивчення будови атома. Ґрунтуючись на Періодичному законі, науковці й науковиці змогли одержувати речовини з наперед заданими властивостями, відкривати й синтезувати раніше не відомі хімічні елементи.

Періодичний закон дав змогу висувати й доводити гіпотези про народження й перетворення хімічних елементів у Всесвіті.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 350.** Знайдіть у періодичній таблиці елементи, розміщені не за збільшенням відносної атомної маси. Які протиріччя з'являться, якщо їх розмістити згідно з їхніми атомними масами?
- 351.** Як змінюються властивості оксидів елементів у періоді? Проілюструйте властивості оксидів Літію та Карбону рівняннями реакцій із водою. Які властивості характерні для продуктів реакцій?
- 352.** Який хімічний елемент за властивостями подібний до Силіцію: Алюміній, Фосфор, Германий чи Титан? Відповідь поясніть.
- 353.** У якого хімічного елемента сильніше виражені металічні (або неметалічні) властивості: а) у Бору чи Алюмінію; б) в Арсену чи Нітрогену; в) в Арсену чи Стибію? Відповіді обґрунтуйте.
- 354.** Порядкові номери хімічних елементів **A**, **B**, і **B** дорівнюють, відповідно, n , $n + 2$, $n + 4$.
- Якщо хімічний елемент **A** — найлегший галоген, то яким хімічним елементом буде **B**?
 - Якщо хімічний елемент **B** — інертний, а **B** — металічний, то яким хімічним елементом є **A**?
 - Якщо хімічні елементи **A** і **B** належать до однієї групи, то яким хімічним елементом є **B**?
 - Чи можуть прості речовини, утворені хімічними елементами **A**, **B** і **B**, за звичайних умов бути газами?
- 355.** Хімічний елементи **A** і **B** належать до 2-ї групи, а елемент **B** — до 17-ї групи. Сполука елементів **A** і **B** розчинна у воді, а сполука елементів **B** і **B** має білий колір і нерозчинна у воді. Якими елементами можуть бути **A**, **B** і **B**?
- 356.** Визначте в періодичній таблиці хімічний елемент, єдиний оксид якого має відносну молекулярну масу 40 ± 1 , а заряд його йонів не більший за $4+$. Доведіть, що існує лише один такий елемент.
- 357.** Хімічний елемент, оксид якого відповідає формулі EO_3 , утворює сполуку з Гідрогеном, у якому масова частка Гідрогену становить 2,47%. Визначте цей хімічний елемент.



Я так і думав, що досить складну таблицю створили не одразу. Можливо, перші спроби класифікації елементів не були зовсім успішними, але починати із чогось потрібно...

А мене вразила фундаментальність Періодичного закону: він і пояснює, і передбачає. А періодична таблиця наочно його відображає.

Самооцінювання за темою
«Досліджуємо будову атома»

[rnk.com.ua/
110185](http://rnk.com.ua/110185)



**Рефлексуємо
щодо теми**

**ДОСЛІДЖУЄМО
БУДОВУ АТОМА**

- Поверніться на початок розділу (с. 223) та прочитайте перелік того, що ви мали дізнатися.
- Визначте, про що ви дізналися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

ДОСЛІДЖУЄМО БУДОВУ РЕЧОВИНИ

У цьому розділі ви дізнаєтеся:

- як електрони «допомагають» атомам триматися разом;
- чим відрізняються зв'язки між різними атомами;
- чи сполучені між собою частинки в кухонній солі;
- що в кристалах є ґратки;
- чим відрізняється лід від скла;
- що спільного між кристалами цукру та сніжинками;
- як будова речовини позначається на її властивостях.

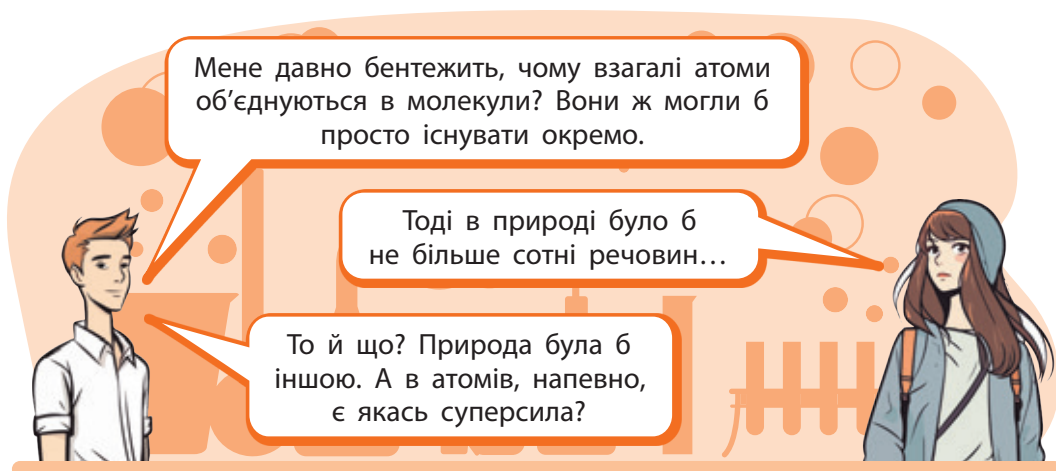
Теми довготривалих проєктів

1. Визначення полярності молекул. Виготовити моделі полярних і неполярних молекул (наприклад, H_2O , CO_2). Пояснити, як розподіл електронів впливає на полярність молекул.
2. Дослідження різних типів хімічних зв'язків. Виготовити моделі з прикладами різних типів зв'язків. Порівняти різні типи хімічних зв'язків.
3. Кристалічні ґратки речовин. Створити моделі кристалічних систем деяких речовин (кухонної солі, йоду, заліза, кварцу тощо).

Створіть лепбук на одну з тем

- Хімічний зв'язок.
- Типові ступені окиснення деяких хімічних елементів.
- Кристалічні ґратки речовин.





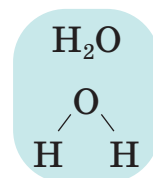
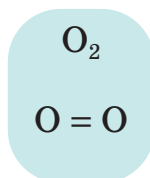
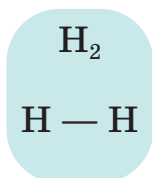
Електронна природа хімічного зв'язку



Поміркуйте

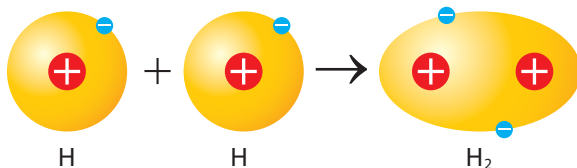
Як ви вважаєте, які частинки мають взаємодіяти одна з одною, щоб атоми сполучалися в молекули?

Майже чотириста років тому Роберт Бойль висунув першу гіпотезу про існування хімічного зв'язку. Він уявляв, що на поверхні атомів є «гачки» (як у реп'яхів), якими атоми сполучаються один з одним. Згодом було введено поняття про валентність як здатність атомів сполучатися з іншими атомами. Наприклад, атоми Гідрогену завжди одновалентні, тобто утворюють один хімічний зв'язок, а Оксигену — двовалентні. Ґрунтуючись на цьому, почали зображати *структурні формули* молекул у такий спосіб:



У цих формулах рисочками позначено хімічні зв'язки, що існують між атомами. Але як і за яких умов виникає зв'язок між атомами? Лише після відкриття електрона англійським фізиком Джозефом Томсоном 1897 року було висловлено припущення, що хімічні зв'язки мають електронну природу й утворюються зміщенням або перенесенням електронів від одного атома до іншого. Пізніше цю гіпотезу підтвердили експериментально.

Атом, як ви вже знаєте, складається з позитивно зарядженого ядра й негативно заряджених електронів. Найпростіший атом — атом Гідрогену — має лише один електрон, який перебуває на першому енергетичному рівні. Під час зближення двох атомів Гідрогену ядро одного з них притягує електрон іншого атома. Між атомами виникає взаємодія, і відстань між ними зменшується доти, доки взаємне притягання не врівноважиться відштовхуванням двох позитивно заряджених ядер. В утвореній молекулі водню електрони переважно перебувають у просторі між ядрами й начебто «склеюють» їх, не дають атомами розлетітися. Так між атомами Гідрогену виникає хімічний зв'язок (мал. 29.1).

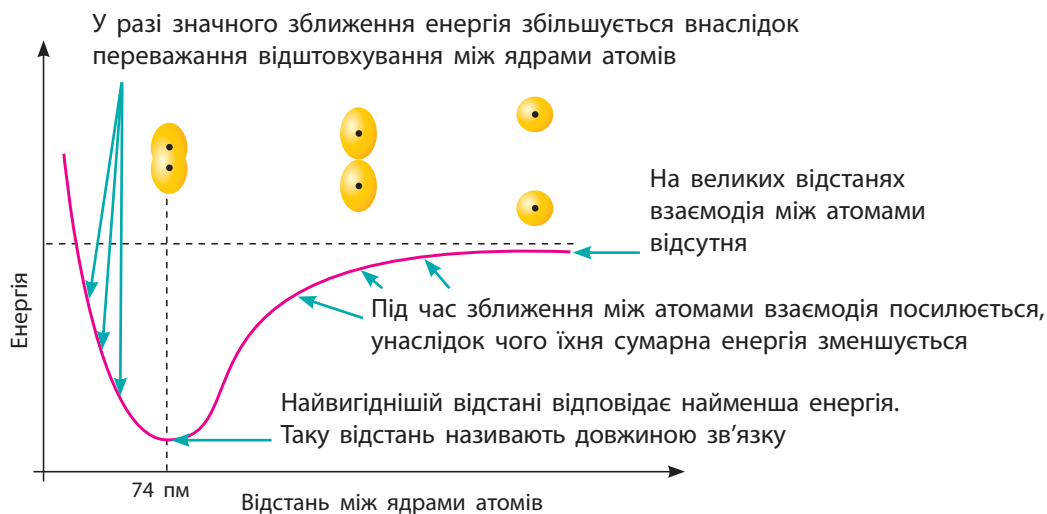


Мал. 29.1. Для утворення хімічного зв'язку електронні оболонки атомів перекриваються, а в утвореній молекулі електрони притягують ядра двох атомів



Хімічний зв'язок — це взаємодія атомів, що зумовлює стійкість багатоатомних частинок (молекул, йонів, кристалів).

Унаслідок утворення хімічного зв'язку між атомами енергія молекули нижча за енергію окремих атомів (мал. 29.2 на с. 276), а прагнення до зменшення енергії — це рушійна сила будь-яких узаємодій. Зменшення енергії молекули порівняно з енергією окремих атомів — це причина утворення хімічного зв'язку.



Мал. 29.2. Енергетична діаграма сумарної енергії двох атомів Гідрогену залежно від відстані між їхніми ядрами ($1 \text{ пм} = 10^{-12} \text{ м}$)

Умови виникнення хімічного зв'язку



Поміркуйте

Зважаючи на те, що вам відомо про електронну будову атомів, сформулюйте гіпотезу: атоми яких хімічних елементів прагнуть утворити зв'язок з іншими атомами, а яких — ні.

Не всі атоми можуть взаємодіяти між собою. Трапляється так, що в разі зближення деяких атомів молекула не утворюється. Наприклад, якщо два атоми Гелію наближаються один до одного, то молекула He_2 утворитися не може.

Умови виникнення хімічного зв'язку визначив американський хімік Джилберт Льюїс, який 1916 року запропонував електронну теорію хімічного зв'язку. Ця теорія ґрунтується на уявленні про те, що електронні оболонки атомів інертних елементів відзначаються особливою стійкістю, чим і пояснюється їхня хімічна інертність. Атоми всіх інших елементів під час сполучення праг-

нуть змінити електронну оболонку на таку, як в атомів найближчого інертного елемента, віддаючи або приєднуючи електрони. Лише в цьому разі утворюються стійкі молекули / йони. Це твердження називають *правилом октету Льюїса* (від лат. *окто* — вісім), оскільки атоми всіх інертних елементів (окрім Гелію) містять на зовнішньому рівні по вісім електронів.

Отже, зрозуміло, чому молекула H_2 стійка, а молекули He_2 не існує. Це пов'язане з тим, що атому Гідрогену до завершення зовнішнього енергетичного рівня бракує одного електрона.

Під час утворення молекули H_2 електрони двох атомів об'єднуються й електронна оболонка кожного атома стає подібною до електронної оболонки атома Гелію. А в атома Гелію зовнішній енергетичний рівень уже заповнений, тож йому не потрібні «зайві» електрони.



rnk.com.ua/
110992

Джилберт Ньютон Льюїс

(1875–1946)

Засновник теорії
хімічного зв'язку

Типи хімічного зв'язку



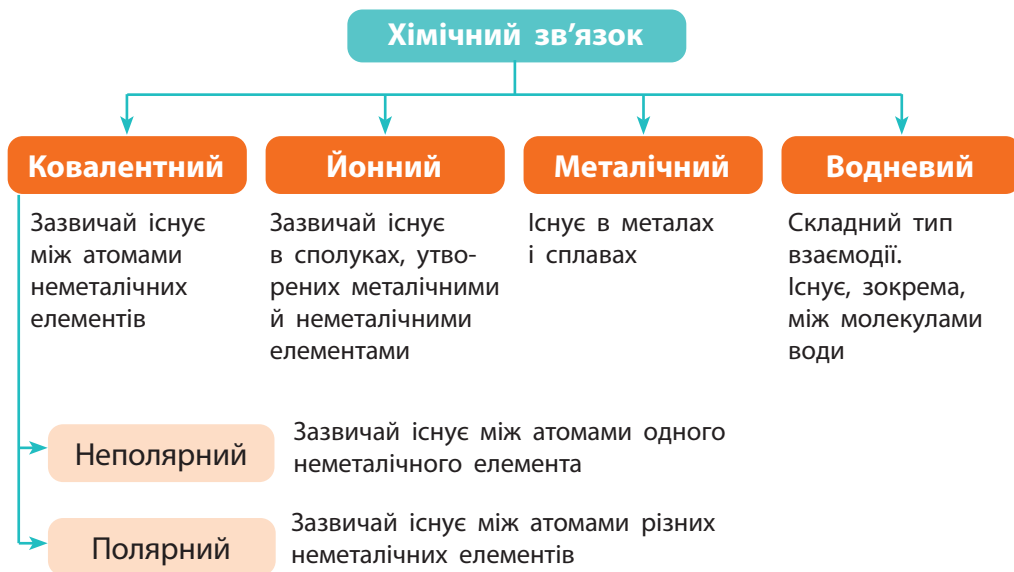
Поміркуйте

Зважаючи на те, що хімічні елементи можуть бути металічними або неметалічними, чи однакові зв'язки утворюватимуться між атомами будь-яких елементів?

У речовинах розрізняють кілька типів хімічного зв'язку (див. с. 278). Усі вони утворюються внаслідок усупільнення або передачі електронів. Утім між типами зв'язку існують суттєві відмінності. Залежно від властивостей атомів, що сполучаються, можуть утворюватися різні типи зв'язку.

У 8-му класі ви ознайомитеся з ковалентним і йонним зв'язками, а про інші дізнаєтеся в старших класах.

Типи хімічного зв'язку



Дізнайтеся більше

Перша стаття з теорії хімічного зв'язку була опублікована Дж. Льюїсом 1916 року. Сьогодні це вивчають у шкільному курсі хімії, але сучасники не оцінили революційної ідеї Дж. Льюїса. Через три роки на статтю звернув увагу відомий фізик Ірвінг Ленгмюр, який доповнив теорію Дж. Льюїса про ковалентний і йонний зв'язки. Авторитет І. Ленгмюра на той час був такий великий, що йому мимоволі була приписана слава створення теорії хімічного зв'язку. Нині справедливність відновлена, і автором цієї теорії вважають Дж. Льюїса.

Робота з інформацією

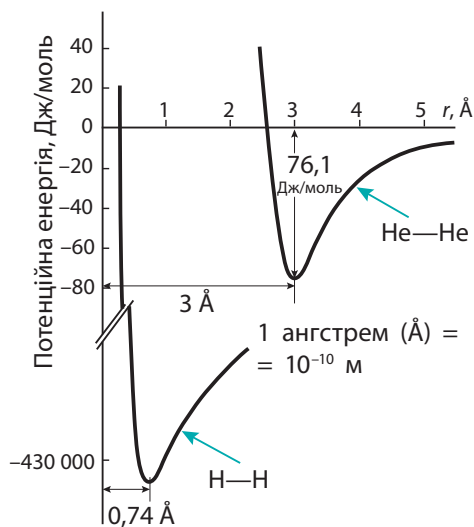
- 358.** У додаткових джерелах знайдіть інформацію про дослідження Дж. Льюїса щодо формулювання теорії хімічного зв'язку. Підготуйте ілюстроване повідомлення.
- 359.** Скільки електронів не вистачає до октету атомам Нітрогену, Хлору, Сульфуру, Карбону, Флуору, Оксигену?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 360.** До електронної оболонки атомів яких інертних елементів прагнуть атоми Літію, Оксигену, Кальцію, Алюмінію, Хлору? Атоми цих елементів будуть віддавати чи приєднувати електрони під час утворення хімічних зв'язків?
- 361.** Визначте число електронів, які можуть віддати атоми Літію, Магнію, Калію, Алюмінію, Фосфору, Хлору.

362. На уроці хімії учні й учениці за графіком аналізували притягання хімічно незв'язаних атомів Гелію і сполучених у молекулу атомів Гідрогену та зробили певні висновки. Оцініть, чи правильно вони міркують.

- Притягання між атомами Гідрогену в молекулі понад 5000 разів сильніше, ніж між атомами Гелію.
- Відстань між атомами Гідрогену в молекулі майже в 4 рази менша, ніж між двома атомами Гелію.
- Точка мінімуму на графіку потенційної енергії відповідає найбільш вигідному положенню атомів.



О, хімічні зв'язки — це не лише рисочки у формулах!

Так, а головне значення має притягання електронів до ядер атомів.

Мені зрозуміло, що для утворення хімічного зв'язку атоми обмінюються електронами. Утім ковалентний зв'язок — це зв'язок між атомами неметалічних елементів. Як вони можуть прагнути щось забрати й водночас обмінюватися?

Це схоже на те, ніби сусіди позичають одне одному цукор або молоко...

Як це працює?

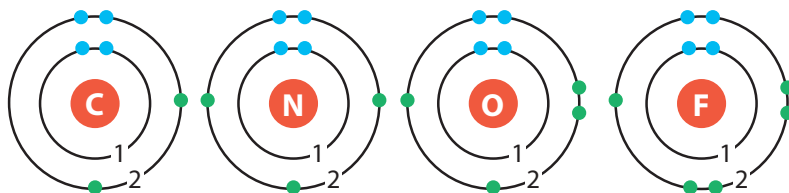


Утворення ковалентного зв'язку



Поміркуйте

Проаналізуйте моделі електронних оболонок атомів.



На зовнішньому рівні цих атомів деякі електрони утворюють пари, а інші — неспарені. Порівняйте число неспарених електронів на зовнішньому рівні атомів із місцем хімічного елемента в періодичній таблиці та негативним зарядом йонів, які можуть утворювати атоми цього елемента.

Ковалентний зв'язок насамперед може утворитися між атомами неметалічних елементів, на зовнішньому рівні яких є *неспарені електрони*.



Поміркуйте

Як може утворитися хімічний зв'язок між атомами неметалічних елементів, якщо кожен із них прагне приймати електрони?

Атоми неметалічних елементів для утворення хімічного зв'язку «прагнуть» того, щоб на їхньому зовнішньому енергетичному рівні було два (у Гідрогену) або вісім (октет) електронів. Цього можна досягти кількома способами.

Один із них полягає в об'єднанні неспарених електронів у спільні електронні пари, що належать одночасно обом атомам. Такий зв'язок називають *ковалентним*.



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

Розгляньмо утворення ковалентного зв'язку в молекулі водню.



В атомі Гідрогену на зовнішньому енергетичному рівні є один електрон

Для зображення хімічного зв'язку електрони на зовнішньому енергетичному рівні позначають крапкою або хрестиком:



Такі формули називають *електронними формулами*, або *електронно-крапковими формулами*, або *формулами Льюїса*.

Утворення молекули водню H_2 можна записати з використанням формул Льюїса:



Отже, кожний атом Гідрогену віддає електрон зовнішнього рівня в «спільне користування». Так утворюється *спільна електронна пара*, що належить обом атомам Гідрогену. Кожний атом Гідрогену при цьому набуває електронної будови атома інертного

елемента (Гелію), тобто отримує заповнений зовнішній енергетичний рівень, що зумовлює стійкість молекули водню.

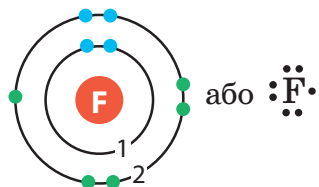
Спільну електронну пару, яка визначає хімічний зв'язок, можна позначити рискою. У такий спосіб складають *структурні формули*, наприклад, для водню:



Між атомами Гідрогену утворюється одна спільна електронна пара, тобто один хімічний зв'язок. Такий зв'язок називають *одинарним*, або *простим*.

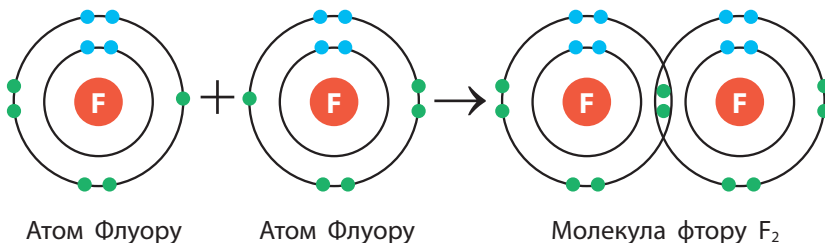
Атоми неметалічних елементів другого періоду прагнуть доповнити свою електронну оболонку до октету.

Складемо схему утворення хімічного зв'язку в молекулі фтору F_2 .



В атомах Флуору на зовнішньому рівні сім електронів: три електронні пари й один неспарений електрон

До завершення зовнішнього рівня атому Флуору бракує одного електрона, тому кожний з атомів надає в «спільне користування» по одному неспареному електрону:

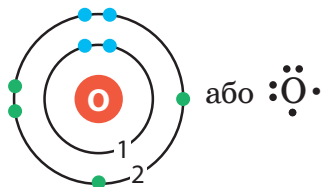


У молекулі фтору F_2 атоми Флуору утворюють одну спільну електронну пару перекриванням електронних оболонок. У такий спосіб кожний з атомів здобуває на зовнішньому рівні по вісім електронів (октет), із яких два є спільними, а шість (три пари) не беруть участі в утворенні хімічного зв'язку й належать лише цьому атому. Ці три електронні пари називають *неподіленими*.

Утворення подвійного й потрійного зв'язків

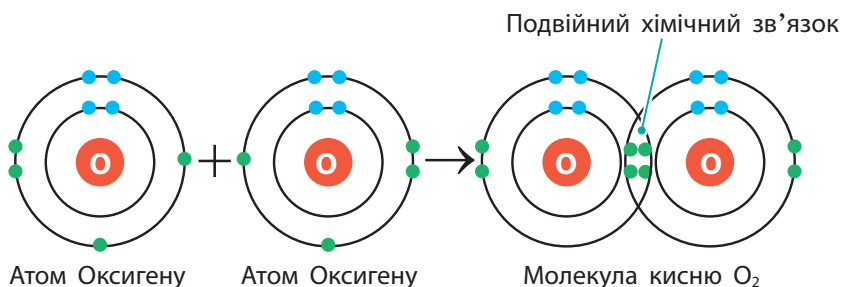
У разі взаємодії двох атомів, кожний із яких має кілька неспарених електронів, утворюються одночасно кілька спільних електронних пар.

Складемо схему утворення хімічного зв'язку в молекулі кисню O_2 .



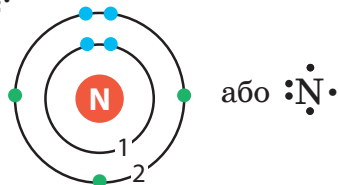
В атомах Оксигену на зовнішньому енергетичному рівні є шість електронів: дві електронні пари та два неспарені електрони

Ці неспарені електрони беруть участь в утворенні двох спільних електронних пар:



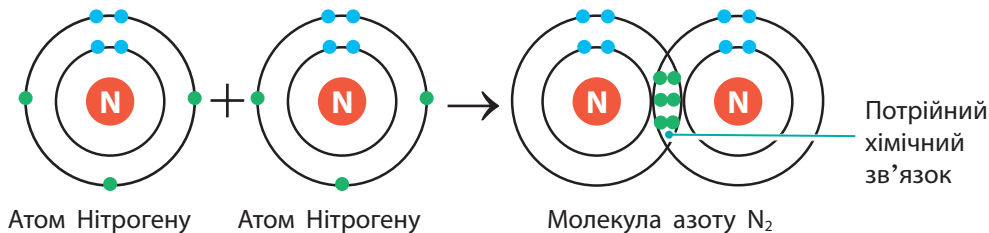
Отже, кожний атом Оксигену отримує завершений зовнішній енергетичний рівень із восьми електронів (октет). Такий хімічний зв'язок називають *подвійним* і позначають двома рисками.

Складемо схему утворення хімічного зв'язку в молекулі азоту N_2 .



В атомах Нітрогену на зовнішньому енергетичному рівні є три неспарені електрони

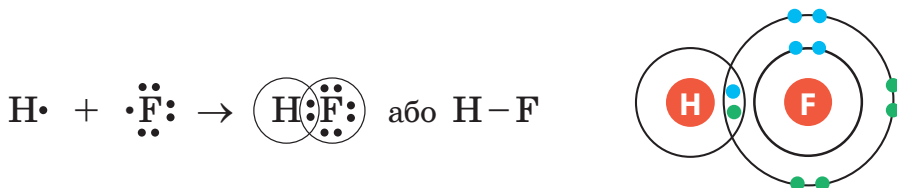
Під час утворення молекули азоту N_2 атоми Нітрогену формують три спільні електронні пари:



Кожний з атомів Нітрогену в молекулі азоту здобуває завершений зовнішній енергетичний рівень, що містить октет електронів: шість електронів спільні для обох атомів (три спільні пари), і в кожного з атомів по одній власній електронній парі. Зв'язок у молекулі азоту називають *потрійним* і позначають трьома рисками.

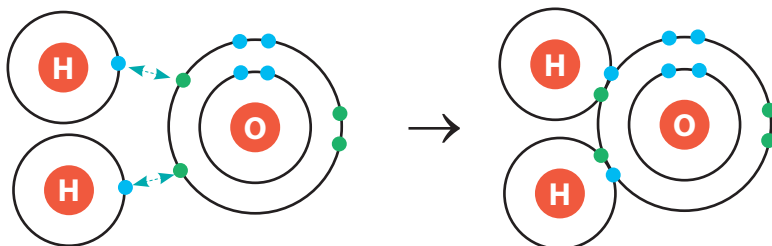
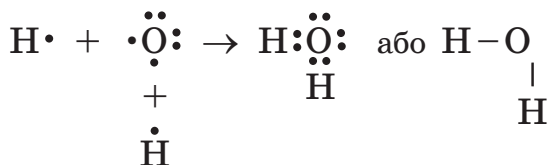
Утворення зв'язку між різними атомами

Ми розглянули, як утворюється хімічний зв'язок у молекулах простих речовин, але ковалентний зв'язок може виникати й між атомами різних хімічних елементів. У молекулі гідроген фториду HF (фтороводню) атоми за рахунок «чужого» електрона завершують свій зовнішній енергетичний рівень: атом Гідрогену — перший, а атом Флуору — другий:



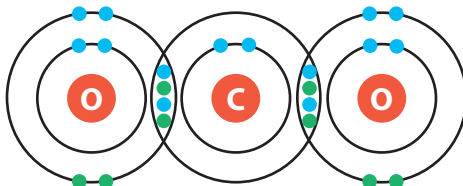
Якщо в одному атомі є кілька неспарених електронів, то він може утворити ковалентні зв'язки одночасно з декількома атомами.

У молекулі води H_2O атом Оксигену утворює два одинарні ковалентні зв'язки з двома атомами Гідрогену:



Кожний атом Гідрогену в молекулі води містить на зовнішньому рівні по два електрони (спільні з атомом Оксигену), а атом Оксигену — вісім електронів (чотири свої та дві спільні пари).

Між атомами різних елементів може також утворюватися й подвійний зв'язок, як у молекулі вуглекислого газу CO_2 між атомами Карбону й Оксигену:



У цьому разі кожний з атомів Оксигену утворює один подвійний зв'язок, а атом Карбону — два подвійні зв'язки.



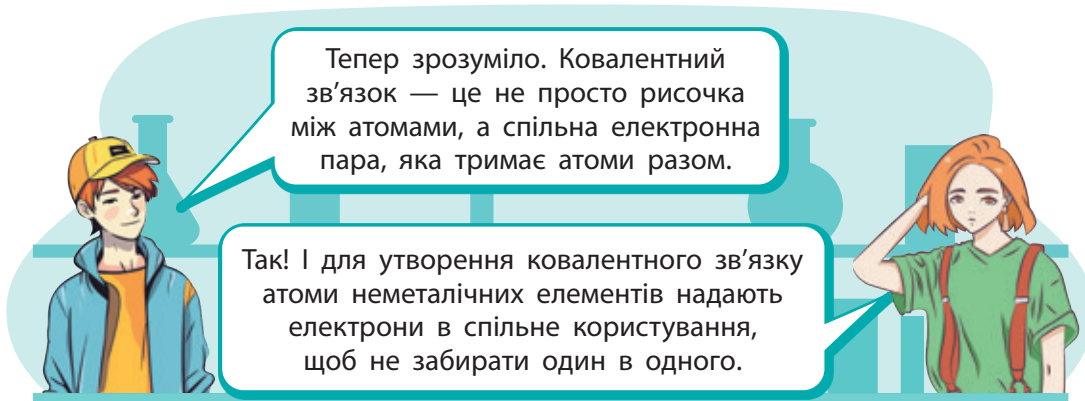
Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

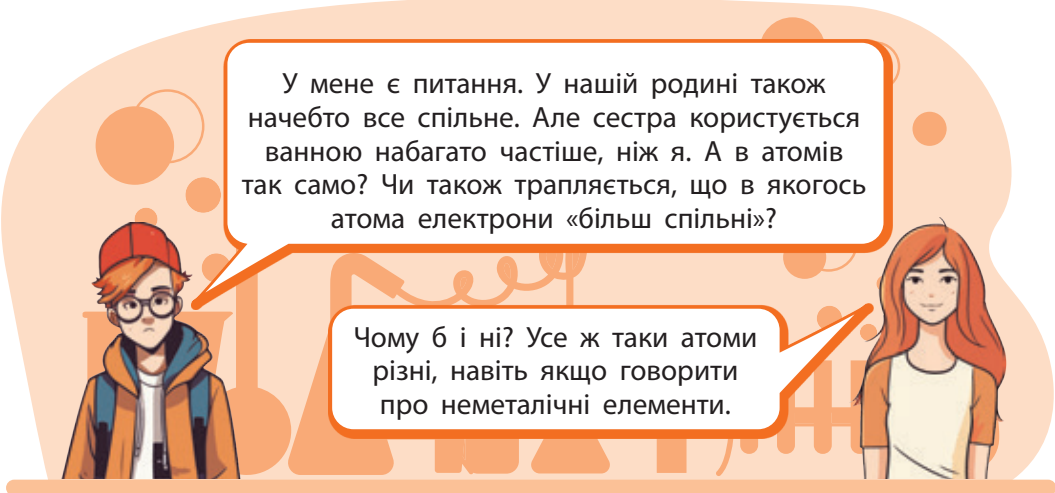
Використовуючи підручні матеріали, створіть 2D- або 3D-модель ковалентного зв'язку в молекулах водню, фтору, кисню, метану тощо.

Робота з інформацією

- 363.** Латиною *co* означає «спільний», а *valet* — «той, що має силу». Поясніть зміст терміна «ковалентний».

- 364.** Латиною *ordinary* означає «звичайний». Чому терміни «одинарний зв'язок» і «ординарний зв'язок» є синонімами?
- 365.** Скільки електронних пар і неспарених електронів містять на зовнішньому енергетичному рівні атоми: а) Хлору; б) Сульфуру; в) Фосфору? Запишіть формули Льюїса для цих атомів.
- 366.** Скільки неспарених електронів містить: а) атом Флуору; б) молекула фтору?
- 367.** Чому не можуть існувати двоатомні молекули, утворені інертними хімічними елементами?
- 368.** Електрони якого енергетичного рівня утворюють зв'язок між атомами в: а) молекулі водню; б) молекулі хлору?
- 369.** Запишіть формули Льюїса для молекул: хлороводню HCl , сірководню H_2S , амоніаку NH_3 . Скільки спільних і неподілених електронних пар містять атоми в кожному випадку?
- 370.** Дано три електронні формули: а) $\text{X}:\ddot{\text{Y}}:$; б) $:\ddot{\text{Z}}:\ddot{\text{Z}}:$; в) $:\ddot{\text{A}}::\ddot{\text{A}}:$. Яким із речовин — NH_3 , HCl , O_2 , F_2 , N_2 , H_2 , HBr , Cl_2 — відповідають ці електронні формули? Яким речовинам не відповідає жодна електронна формула?
- 371.** В атомах Карбону на зовнішньому енергетичному рівні є лише 2 неспарені електрони (див. § 25). Проте для утворення молекули вуглекислого газу й інших сполук атомам Карбону необхідно 4 неспарених електрони. Зважаючи на число орбіталей на другому енергетичному рівні, висловіть гіпотезу для пояснення цієї «невідповідності». Перевірте її за додатковими джерелами інформації.





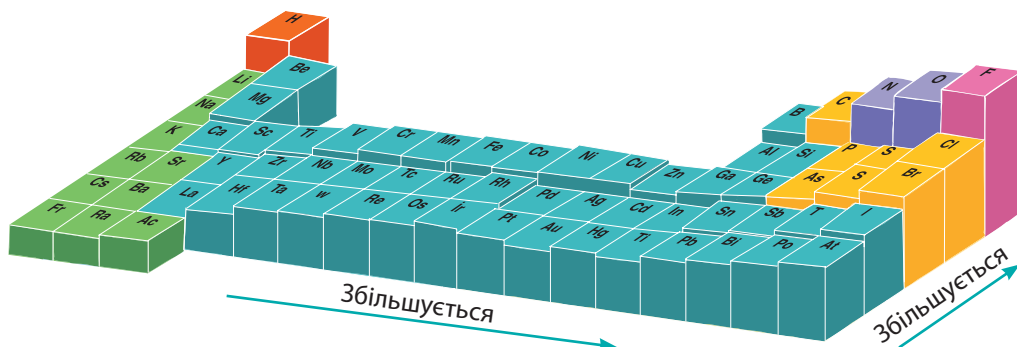
У мене є питання. У нашій родині також начебто все спільне. Але сестра користується ванною набагато частіше, ніж я. А в атомів так само? Чи також трапляється, що в якогось атома електрони «більш спільні»?

Чому б і ні? Усе ж таки атоми різні, навіть якщо говорити про неметалічні елементи.

Електронегативність хімічних елементів

Здатність атома притягувати спільні електронні пари називають *електронегативністю*. Найсильніше притягують електрони атоми найактивніших неметалічних елементів — Флуору, Оксигену, Хлору, адже їм для завершення зовнішнього енергетичного рівня бракує одного або двох електронів. І електрони, які вони прийматимуть, розташуються досить близько до ядра — на другому або третьому енергетичному рівні. Тому електронегативність цих елементів найбільша. Найлегше віддають електрони атоми активних металічних елементів, насамперед лужних — Літію, Натрію, Калію тощо. Вони виявляють найменшу електронегативність.

Оскільки електронегативність — це властивість, яка пов'язана з прийманням і втратою електронів, то й змінюватися вона буде так само, як і неметалічні властивості: у періодах електронегативність збільшується зліва направо, а в групах — знизу вгору. Отже, елемент із найбільшою електронегативністю — Флуор, а з найменшою — Францій (мал. 31.1 на с. 288).



Мал. 31.1. Зміна електронегативності хімічних елементів відповідно до місця в періодичній таблиці

rnk.com.ua/
110993



Таблиця електронегативностей хімічних елементів (за Полінгом)



rnk.com.ua/
110994

Лайнус Карл Полінг
(1901–1994)

Вивчав природу хімічного зв'язку, двічі лауреат Нобелівської премії

Спосіб кількісного визначення електронегативності вперше розробив американський хімік Лайнус Полінг. За шкалою Полінга, електронегативність Флуору прийнята за 3,98 (округлено 4), другим за електронегативністю є Оксиген (3,44), третім — Хлор (3,16). Гідроген і типові неметалічні елементи розміщені в середині шкали; значення їхніх електронегативностей близькі до 2. Активні металічні елементи мають значення електронегативності менші за 1,6. Значення електронегативностей хімічних елементів подано в періодичній таблиці на форзаці 1.

Полярність ковалентного зв'язку

Ковалентний зв'язок може утворитися між атомами одного або різних хімічних елементів. Атоми різних хімічних елементів мають різну електронегативність, отже, по-різному притягують

спільну електронну пару. Тому для ковалентного зв'язку вирізняють таку властивість, як *полярність*.

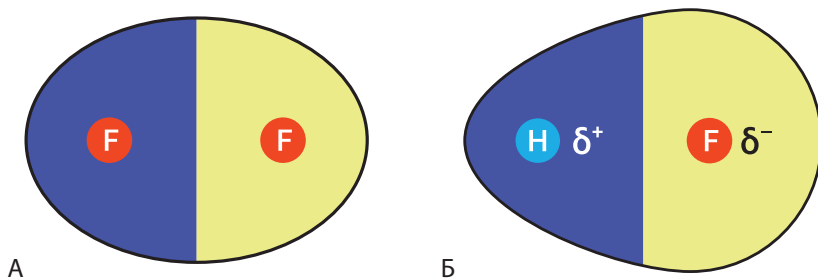
Розгляньмо, чим відрізняється хімічний зв'язок у молекулах водню H_2 , фтору F_2 та гідроген фториду HF :



В усіх цих молекулах між атомами виникає одинарний ковалентний зв'язок унаслідок утворення однієї спільної електронної пари. Ця електронна пара належить обом атомам, які сполучені хімічним зв'язком. Але чи однаковою мірою вона належить їм обом?

У молекулах фтору й водню спільна електронна пара однаково притягується до обох атомів і належить їм обом однаковою мірою. Такий ковалентний зв'язок називають *неполярним*. В усіх простих речовинах, утворених неметалічними елементами (наприклад, H_2 , N_2 , O_2 , S_2), хімічні зв'язки неполярні (мал. 31.2А).

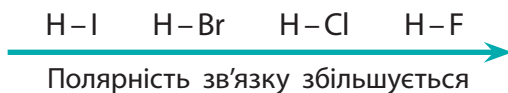
У молекулі гідроген фториду атоми Гідрогену та Флуору притягують електрони по-різному. У Флуору електронегативність більша, ніж у Гідрогену, отже, атоми Флуору сильніше притягують спільну електронну пару, ніж атоми Гідрогену. Це спричиняє зміщення спільної електронної пари в бік атома Флуору та збільшення на ньому електронної густини (мал. 31.2Б). Як наслідок, на атомі Флуору виникає певний надлишковий негативний заряд δ^- (читаємо: дельта мінус). На атомі Гідрогену, навпаки, електронна густина зменшується, тож на ньому з'являється певний позитивний заряд δ^+ .



Мал. 31.2. Неполярний (А) і полярний (Б) ковалентний зв'язок

Ковалентний зв'язок, утворений між атомами різних хімічних елементів, називають *полярним* (оскільки в молекулі з'являються полюси електричного заряду). У ковалентному полярному зв'язку спільна електронна пара зміщена до того атома, який сильніше притягує електрони, тобто до атомів елемента з більшою електронегативністю.

Чим сильніше це зміщення спільної електронної пари, тим більшою є полярність зв'язку. Так, у ряду гідрогенгалогенідів різниця електронегативностей між Гідрогеном і Флуором значно більша, ніж між Гідрогеном і Йодом. Отже, у гідроген фториді полярність зв'язку більша, ніж у гідроген йодиді:



Ковалентний неполярний зв'язок:

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

Ковалентний полярний зв'язок:

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

Оскільки електрон, що належав атому Гідрогену, лише частково зміщується в бік атома Флуору, то надлишковий негативний заряд, що з'являється на атомі Флуору, менший за елементарний заряд, тобто менший від заряду електрона (-1). У цьому разі він становить лише 44% заряду електрона. Щоб не писати точне значення заряду (дуже часто визначити його досить складно), використовують букву δ (дельта). Певна річ, заряд на атомі Гідрогену точно дорівнює заряду на атомі Флуору, але протилежний за знаком, і сума зарядів дорівнює нулю. Тобто молекула залишається електронейтральною.

Чим більша різниця електронегативностей двох атомів, тим більший частковий заряд на цих атомах (табл. 10).

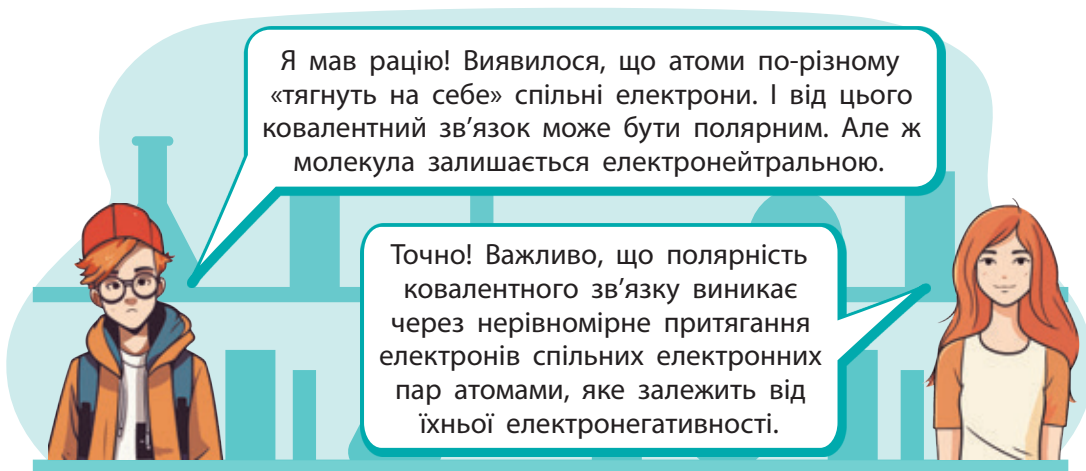
Таблиця 10. Залежність полярності зв'язку від електронегативності елементів

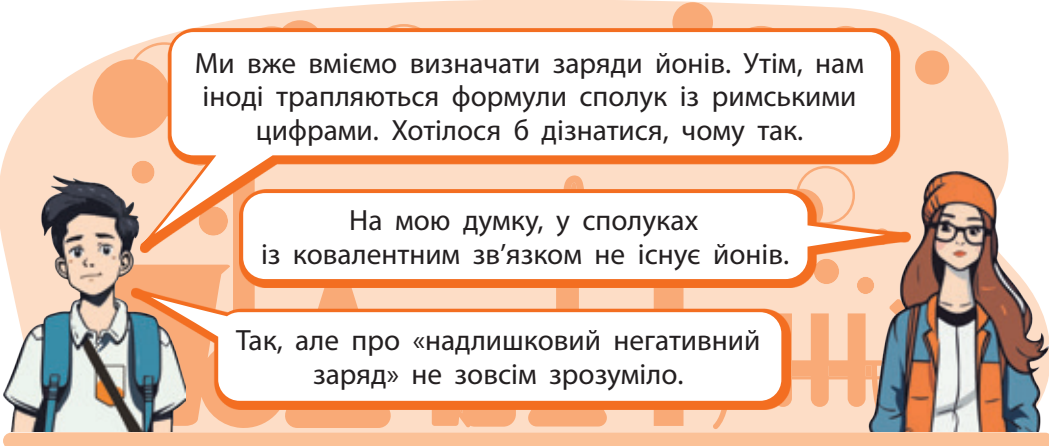
Молекула	HF	HCl	HBr	HI
Електронегативності хімічних елементів	H — 2,20 F — 3,98	H — 2,20 Cl — 3,16	H — 2,20 Br — 2,96	H — 2,20 I — 2,66
Різниця електронегативностей (ΔEN)	1,78	0,96	0,76	0,46
Надлишковий заряд на атомах у молекулі	+0,44 -0,44 H F	+0,18 -0,18 H Cl	+0,12 -0,12 H Br	+0,05 -0,05 H I

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 372.** Поясніть, від чого залежить полярність ковалентного зв'язку. Відповідь аргументуйте.
- 373.** Як визначити, на якому з атомів, сполучених ковалентним зв'язком, з'являється надлишковий негативний заряд, а на якому — позитивний?
- 374.** Запишіть формули речовин за збільшенням полярності зв'язку в молекулах: H_2O , CH_4 , HF , NH_3 .
- 375.** Випишіть окремо формули речовин із полярним і неполярним зв'язком: S_8 , NH_3 , O_2 , OF_2 , F_2 , ClF_3 , P_4 , NO_2 , NO , N_2 .
- 376.** Користуючись форзацем 1, обчисліть різницю між електронегативностями елементів у парах: $Li-Cl$, $Be-Cl$, $B-Cl$, $C-Cl$, $N-Cl$, $O-Cl$, $F-Cl$. Укажіть пару елементів із найбільш полярним і найменш полярним зв'язками.
- 377.** Визначивши різницю електронегативностей, зазначте формулу найполярнішої молекули: H_2 , HCl , HF , ClF , Cl_2 , F_2 .
- 378.** Із-поміж наведених виберіть формули сполук із найбільшою та найменшою полярністю зв'язку: йодоводень HI , хлороводень HCl , бромоводень HBr , вода H_2O , сірководень H_2S , хлор Cl_2 , метан CH_4 , фосфін PH_3 .

- 379.** Визначте знак часткового заряду на атомі Хлору в молекулах HCl і ClF . Як ви вважаєте, у якій із цих молекул частковий заряд Хлору більший за абсолютною величиною?
- 380.** Як змінюється в ряду H_2O , H_2S , H_2Se , H_2Te полярність зв'язку? Відповідь обґрунтуйте.
- 381.** Нітроген — досить активний хімічний елемент, але азот N_2 — одна з найінертніших речовин, яка за хімічною активністю подібна до інертних газів. Азот навіть іноді використовують для створення інертної атмосфери під час проведення хімічних реакцій замість дорожчих аргону або гелію. Як ви вважаєте, чим можна пояснити таку низьку хімічну активність азоту?
- 382.** Чим, на вашу думку, зумовлена така характеристика хімічних елементів, як електронегативність? Чому вона змінюється в періодах і групах? Назвіть найбільш і найменш електронегативні хімічні елементи. Відповідь обґрунтуйте.





Ми вже вміємо визначати заряди йонів. Утім, нам іноді трапляються формули сполук із римськими цифрами. Хотілося б дізнатися, чому так.

На мою думку, у сполуках із ковалентним зв'язком не існує йонів.

Так, але про «надлишковий негативний заряд» не зовсім зрозуміло.

Поняття про ступінь окиснення

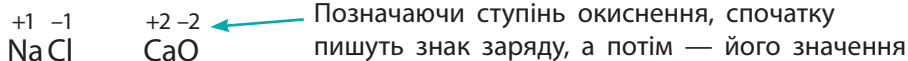
Важливою характеристикою частинок у складі хімічних сполук є число відданих або прийнятих атомом електронів. Якщо речовина має йонну будову (складається з йонів), для цього достатньо знати заряди утворених йонів, проте в інших речовинах визначити, скільки атом віддав чи приєднав електронів, складніше. Тому для всіх сполук, незалежно від будови, застосовують більш універсальне поняття — *ступінь окиснення*.

Ступінь окиснення визначається числом відданих або прийнятих електронів у речовинах із йонним зв'язком і числом електронів у складі спільних електронних пар, що зумовлюють ковалентний полярний зв'язок.



Ступінь окиснення — це умовний заряд на атомі в молекулі або кристалі, обчислений із припущенням, що всі спільні електронні пари повністю зміщені в бік більш електронегативного елемента.

У найпростіших йонних сполуках ступінь окиснення збігається із зарядами йонів, наприклад:



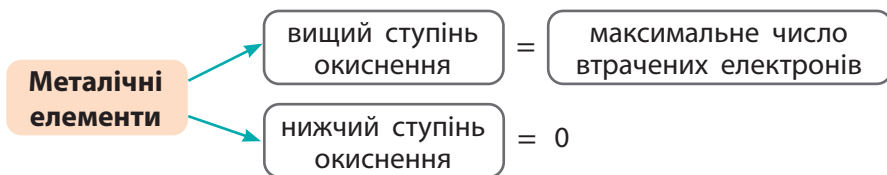
Розглядаючи сполуки з ковалентним полярним зв'язком, роблять припущення, що спільна електронна пара повністю переходить до більш електронегативного елемента. У цьому разі в гідроген фториді та воді ступені окиснення такі:



Можливі ступені окиснення хімічних елементів

Ступені окиснення, які хімічні елементи можуть виявляти в різних сполуках, здебільшого можна визначити за будовою зовнішнього електронного рівня або за положенням елемента в періодичній таблиці.

Атоми металічних елементів можуть лише віддавати електрони, тому в сполуках вони виявляють позитивні ступені окиснення. Максимальне значення — вищий ступінь окиснення — зазвичай дорівнює числу електронів на зовнішньому рівні.



Атоми неметалічних елементів можуть виявляти як позитивний, так і негативний ступінь окиснення. Максимальний позитивний ступінь окиснення — вищий ступінь окиснення — дорівнює числу електронів на зовнішньому енергетичному рівні. А нижчий ступінь окиснення визначається тим, скільки електронів бракує атому, щоб на зовнішньому рівні їх було вісім (табл. 11).

Неметалічні елементи

вищий ступінь окиснення

= максимальне число втрачених електронів

= номер групи мінус 10

нижчий ступінь окиснення

= максимальне число прийнятих електронів

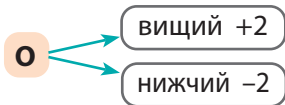
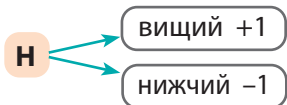
= номер групи мінус 18

Окрім вищого та нижчого ступеня окиснення, багато елементів можуть виявляти й проміжні ступені окиснення. Визначити їх для деяких хімічних елементів можна за таблицею 11.

Таблиця 11. Характерні ступені окиснення елементів 1, 2, 13–17 груп

Номер групи	1	2	13	14	15	16	17
Вищий ступінь окиснення	+1	+2	+3	+4	+5	+6 (крім O)	+7 (крім F)
Проміжні ступені окиснення	—	—	—	+2, 0	+3, 0	+4, +2, 0	+5, +3, +1, 0
Нижчий ступінь окиснення	0	0	0	-4	-3	-2	-1

Деякі хімічні елементи не підпорядковуються цим правилам. Із-поміж них Гідроген, Оксиген, Флуор:



Визначення ступенів окиснення елементів у сполуках

Визначаючи ступені окиснення елементів, слід пам'ятати правила.

1. Ступінь окиснення хімічного елемента в простій речовині дорівнює нулю.
2. Флуор — найбільш електронегативний хімічний елемент, тому ступінь окиснення Флуору в усіх сполуках дорівнює -1.
3. Оксиген — найбільш електронегативний елемент після Флуору, тому ступінь окиснення Оксигену в усіх сполуках, окрім фторидів, негативний: у більшості випадків він дорівнює -2, а в пероксидах — -1.

4. Ступінь окиснення Гідрогену в більшості сполук дорівнює +1, а в сполуках із металічними елементами (гідридах NaN , CaH_2 тощо) — -1.
5. Ступінь окиснення металічних елементів у сполуках позитивний.
6. Більш електронегативний елемент має негативний ступінь окиснення.
7. Сума ступенів окиснення всіх елементів у сполуці дорівнює нулю.

Алгоритм

Визначаємо ступені окиснення хімічних елементів у сполуках

1. Записуємо формули речовин	Fe_2O_3	H_2SO_4	KNO_3
2. Підписуємо ступені окиснення Оксигену та Гідрогену й металічних елементів 1–3 груп (табл. 11)	$\begin{matrix} x & -2 \\ \text{Fe}_2 & \text{O}_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 & x & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 & x & -2 \\ \text{K} & \text{N} & \text{O}_3 \end{matrix}$
3. Складаємо рівняння для обчислення невідомого заряду. Слід пам'ятати, що ступінь окиснення — це заряд на одному атомі. Якщо атомів певного елемента більше одного, то його заряд слід помножити на число атомів	$\begin{aligned} 2 \cdot (x) + 3 \cdot (-2) &= 0 \\ \text{Після спрощення:} \\ 2x - 6 &= 0 \end{aligned}$	$\begin{aligned} 2 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 4 \cdot (-2) &= 0 \\ \text{Після спрощення:} \\ x - 6 &= 0 \end{aligned}$	$\begin{aligned} 1 \cdot (+1) + 1 \cdot (x) + 3 \cdot (-2) &= 0 \\ \text{Після спрощення:} \\ x - 5 &= 0 \end{aligned}$
4. Розв'язуємо складене рівняння	$x = +3$	$x = +6$	$x = +5$
5. Підписуємо визначений ступінь окиснення	$\begin{matrix} +3 & -2 \\ \text{Fe}_2 & \text{O}_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 & +6 & -2 \\ \text{H}_2 & \text{S} & \text{O}_4 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +1 & +5 & -2 \\ \text{K} & \text{N} & \text{O}_3 \end{matrix}$

Складання формул сполук за ступенем окиснення хімічних елементів

Використовуючи ступені окиснення, формули бінарних сполук складають так само, як і за зарядами йонів. Складаючи формули, слід керуватися правилом електронейтральності.

Алгоритм**Складаємо формули сполук за відомими ступенями окиснення хімічних елементів**

1. Записуємо символи хімічних елементів у необхідному порядку та надписуємо їхні ступені окиснення	$\begin{matrix} +6 & -2 \\ \text{S} & \text{O} \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -1 \\ \text{P} & \text{Cl} \end{matrix}$
2. Визначаємо найменше спільне кратне (НСК) для значень ступенів окиснення (значення беремо за модулем)	НСК (6 і 2) = 6	НСК (3 і 1) = 3
3. Число атомів певного елемента дорівнює відношенню НСК до ступеня окиснення цього елемента	$6 : 6 = 1 \text{ (S)}$ $6 : 2 = 3 \text{ (O)}$	$3 : 3 = 1 \text{ (Fe)}$ $3 : 1 = 3 \text{ (Cl)}$
4. Записуємо індекси після символів елементів	$\begin{matrix} +6 & -2 \\ \text{S} & \text{O}_3 \end{matrix}$	$\begin{matrix} +3 & -1 \\ \text{P} & \text{Cl}_3 \end{matrix}$

Якщо для хімічного елемента характерний лише один ступінь окиснення в сполуках, то в назві його не зазначають:

Na_2O — натрій оксид, Al_2O_3 — алюміній оксид.

Якщо хімічний елемент виявляє різні ступені окиснення, то в назвах зазначають або заряди йонів:

Fe_2O_3 — ферум(3+) оксид, Ag_2O — аргентум(1+) оксид; або ступінь окиснення цього елемента (ступінь окиснення позначають римськими цифрами):

CO_2 — карбон(IV) оксид, P_2S_5 — фосфор(V) сульфід.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 383.** Порівняйте поняття «ступінь окиснення» й «заряд йонів», склавши для них діаграми Венна.
- 384.** За формулами речовин визначте ступені окиснення всіх хімічних елементів.
а) H_2 , H_2O , HCl , NaOH , NaNH_2 ; б) PH_3 , NO_2 , H_2O_2 ; в) HCl , Cl_2 , CuCl_2 , KClO_3 ; г) N_2 , N_2H_4 , N_2O_3 , HNO_3 .
- 385.** Запишіть формули сполук Нітрогену з позитивним і негативним ступенями окиснення цього хімічного елемента.

386. За місцем елементів у періодичній таблиці визначте можливі ступені окиснення — вищий, нижчий і проміжні (якщо вони є) — для елементів: Хлор, Фосфор, Натрій, Кальцій, Карбон, Плюмбум, Алюміній.

387. Обчисліть ступені окиснення Карбону в сполуках: CH_4 , CH_3Cl , CH_2Cl_2 , $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$, $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_4$, C_2Cl_6 . (Візьміть до уваги, що в усіх цих сполуках ступінь окиснення Гідрогену — +1, а Хлору — -1.)

388. Хімічна номенклатура впродовж кількох століть зазнавала суттєвих змін. Зокрема, сполуки з Оксигеном — оксиди — раніше називали інакше. Проаналізуйте назви оксидів.

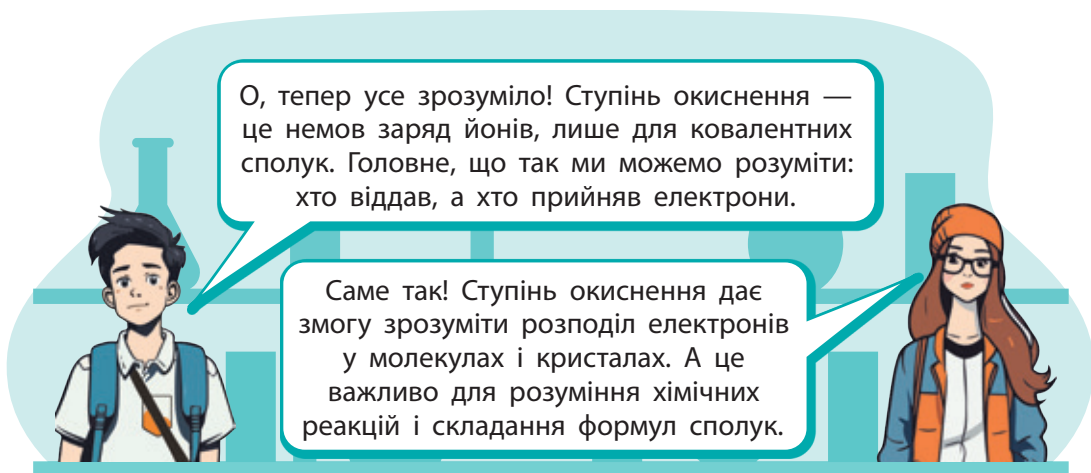
Закис вуглецю — C_3O_2 Окис вуглецю — CO Двоокис вуглецю — CO_2

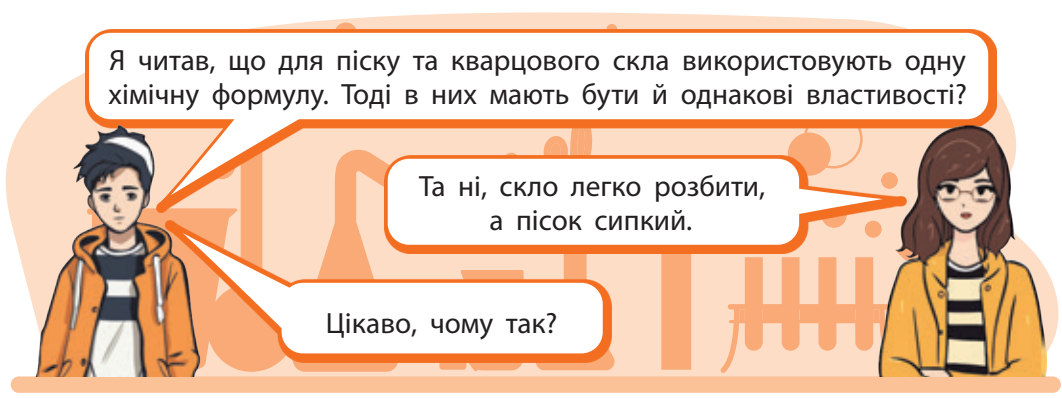
Закис заліза — FeO Окис заліза — Fe_2O_3

Закис азоту — N_2O Окис азоту — NO Двоокис азоту — NO_2

Визначте правильність тверджень.

- Закисами називали оксиди хімічних елементів із найнижчим (із можливих в оксидах) ступенем окиснення.
- Окисами називали оксиди хімічних елементів у проміжному ступені окиснення.
- У назвах вищих оксидів число атомів Оксигену зазначали в назвах цих оксидів префіксами *дво-*, *три-* тощо.





Я читав, що для піску та кварцового скла використовують одну хімічну формулу. Тоді в них мають бути й однакові властивості?

Та ні, скло легко розбити,
а пісок сипкий.

Цікаво, чому так?

**Поміркуйте**

Які спільні властивості мають речовини у твердому агрегатному стані?
Чим вони відрізняються від рідких речовин?

Більшість речовин довкола нас за звичайних умов перебувають у твердому агрегатному стані. Тверді речовини різноманітні за фізичними властивостями: мають різний колір, можуть бути міцними чи крихкими, проводити електричний струм або ні, плавитися за кімнатної температури або за дуже великої.

За внутрішньою будовою та фізичними властивостями розрізняють два стани твердих речовин: *аморфний* і *кристалічний*.

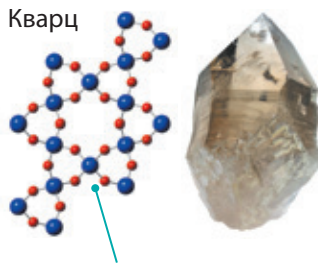
У кристалічних речовинах частинки, з яких вони утворені, розміщені в просторі в певному чіткому порядку. Якщо через центри цих частинок провести уявні лінії, то ми побачимо певні ґратки, які називають *кристалічними ґратками*. Структурні одиниці в кристалічних речовинах формують правильні регулярні геометричні структури.

Залежно від частинок, які утворюють кристал, і від типу хімічного зв'язку між ними, розрізняють такі типи кристалічних ґраток: йонні, молекулярні, атомні (іноді їх називають надмолекулярними) та металічні.

Кристалічні речовини:

- структурні одиниці розташовані в чіткому порядку — утворюють кристалічні ґратки;
- мають певну температуру плавлення;
- утворюють кристали певної форми;
- у разі руйнування кристалічної речовини кристали розпадаються на окремі шматочки, кожен із яких зберігає хоча б частково форму початкового кристала;
- приклади речовин: кухонна сіль, цукор, харчова сода, кварц, гіпс.

Кварц



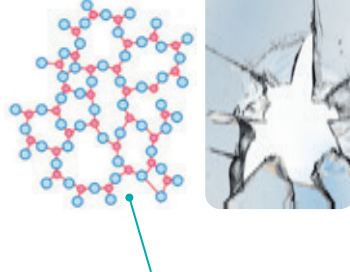
Структурні одиниці в кристалічних речовинах утворюють правильні геометричні фігури

Аморфні речовини не мають чіткої просторової структури, а утворені з неупорядкованих частинок (атомів чи молекул). За внутрішньою будовою вони нагадують рідини, але не можуть текти. На відміну від кристалічних речовин, які мають певну температуру плавлення, аморфні речовини плавляться в широкому інтервалі температур. Під час нагрівання вони поступово розм'якшуються і нарешті стають рідкими. Аморфним речовинам, як і рідинам, можна надати будь-якої форми.

Аморфні речовини:

- не мають чіткої просторової структури — структурні одиниці розташовані неупорядковано;
- плавляться в певному діапазоні температур;
- за нагрівання спочатку розм'якшуються;
- у разі руйнування утворюються уламки неправильної форми, зазвичай із нерівною поверхнею країв сколу;
- приклади речовин: скло, смоли, бурштин, застигли лаки, клеї, каучук.

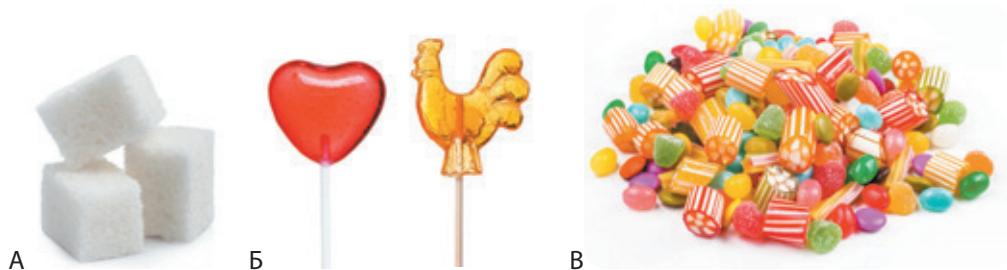
Скло



Аморфні речовини не мають чіткої просторової структури, а утворені з неупорядкованих частинок (атомів чи молекул)

За певних умов речовина може перетворюватися з кристалічної на аморфну й навпаки. Звичайне скло — аморфна речовина, але із часом силіцій(IV) оксид у його складі стає кристалічним.

Через це старі склянки під час наливання в них окропу тріскаються набагато частіше, ніж нові. Цукор — кристалічна речовина. Але якщо його розплавити та швидко охолодити, то він стає аморфною речовиною (мал. 33.1).



Мал. 33.1. Кристалічний цукор (А) після розплавляння та швидкого охолодження стає аморфною речовиною, з якої легко виготовляти льодяники (Б) та карамельки (В)



Поміркуйте

Визначте спільне й відмінне в будові рідин і твердих аморфних речовин.



Дізнайтеся більше

Грецьке слово *кристаллос*, від якого походять слова «кристал» і «кришталь», означає «лід». Воно походить від грецького *кріос* — «холод, мороз». Стародавні греки вважали, що звичайний лід, який перебуває в горах на сильному морозі, із часом кам'яніє та втрачає здатність танути. Античний філософ Аристотель писав, що «кристаллос народжується з води, коли вона повністю втрачає теплоту». На думку греків, гірський кришталь — це дуже замерзлий лід.

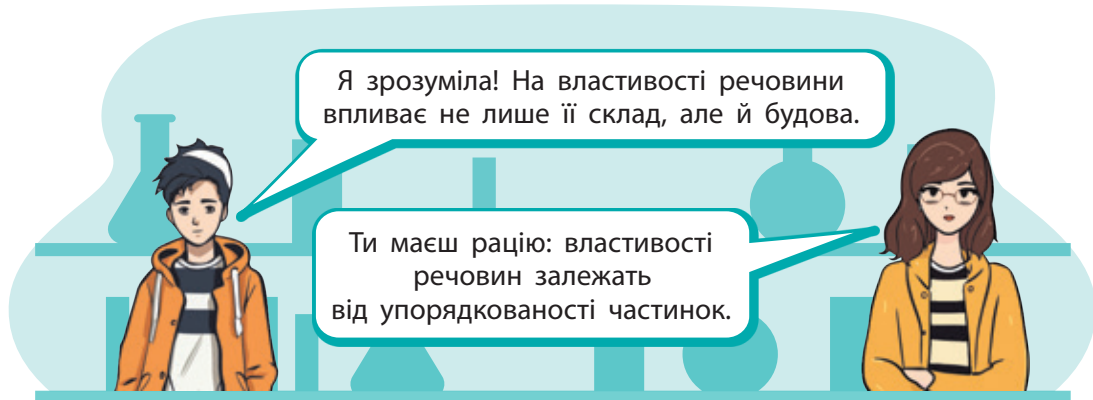
Робота з інформацією

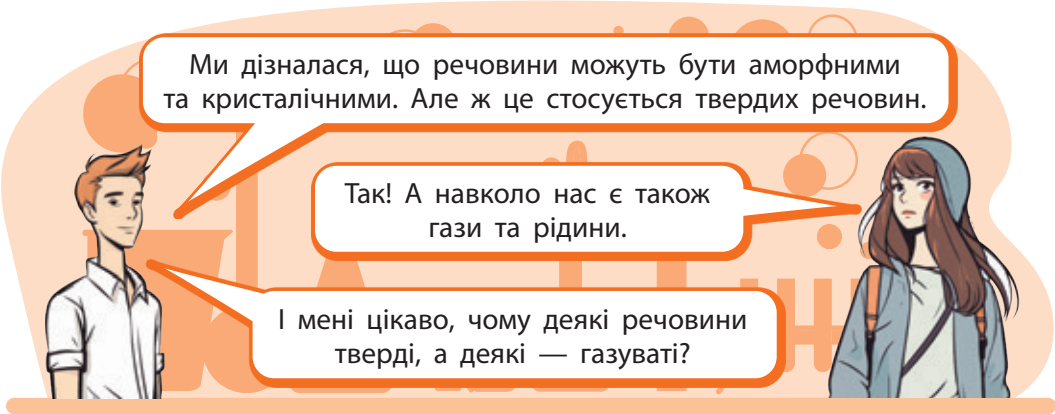
- 389.** Скористайтесь додатковими джерелами інформації та проаналізуйте, як узгоджується твердження «для кристалічних речовин характерний дальній порядок розташування частинок, а для аморфних — ближній» із тим, що ви вивчили?
- 390.** Порівняйте властивості кристалічних і аморфних речовин, склавши для них діаграму Венна.

- 391.** Знайдіть інформацію про аморфні сполуки, зокрема, скло, бурштин, бітум. Які фізичні властивості дають змогу зробити висновок про їхню аморфність? Як впливають методи одержання цих речовин на навколишнє середовище? Оцініть вуглецевий слід, пов'язаний із добуванням і використанням цих речовин.
- 392.** Грецькою мовою *дамасма* означає «скорення, приборкування», *дамао* — «розтрощую», а *адамас* — «незламний». У перекладі з французької *brilliant* означає «блискучий». Висловіть припущення, чому мінерал алмаз багатьма мовами називають адамантом, а оброблений алмаз називають діамантом, або брильянтом.
- 393.** Грецькою мовою *аморфос* означає «безформний», а також «некрасивий, ганебний, мерзенний». Чому, на вашу думку, аморфні речовини дістали саме таку назву?

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 394.** Чому аморфні речовини не мають чіткої температури плавлення? Чому кристалічні речовини не розм'якшуються перед плавленням?
- 395.** Як ви розумієте твердження: «Кристалічним речовинам не можна надати будь-якої форми»?
- 396.** Чи є аморфними такі речовини: віск, парафін, сухий лід, поліетилен, скло, кухонна сіль, тверде мило? За якими властивостями цих речовин можна зробити відповідні висновки?
- 397.** Чому за швидкого охолодження розплавленого цукру він застигає в аморфному стані, а не в кристалічному?





Ми дізналася, що речовини можуть бути аморфними та кристалічними. Але ж це стосується твердих речовин.

Так! А навколо нас є також гази та рідини.

І мені цікаво, чому деякі речовини тверді, а деякі — газуваті?

**Поміркуйте**

Як ви вважаєте, чим зумовлені відмінності фізичних властивостей речовин молекулярної та немолекулярної будови?

**Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо**

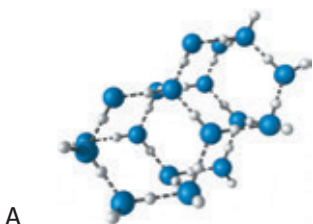
У додаткових джерелах знайдіть інформацію про фізичні властивості цукру, йоду, графіту та силіцій(IV) оксиду. Порівняйте їхні крихкість, температури плавлення, здатність розчинятися в різних розчинниках. Чи можна за цими властивостями класифікувати речовини в різні групи?

Речовини молекулярної будови

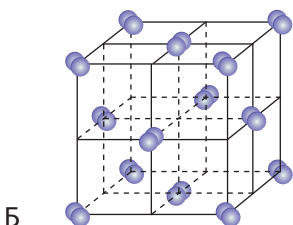
У вузлах кристалічних ґраток речовин молекулярної будови розташовані молекули, між якими існують слабкі сили міжмолекулярної взаємодії. Наприклад, лід складається з молекул води, а кристали

Молекулярні речовини:

- у вузлах кристалічних ґраток — молекули;
- слабка міжмолекулярна взаємодія;
- крихкі, леткі;
- легкоплавкі;
- деякі розчиняються у воді й інших розчинниках.



А



Б

Мал. 34.1. Кристали води (А) і йоду (Б): у вузлах молекулярних кристалічних ґраток — окремі молекули H_2O і I_2 , відповідно

йоду — з двохатомних молекул йоду I_2 (мал. 34.1).

Молекулярні кристалічні ґратки характерні для речовин лише з ковалентними зв'язками (полярними й неполярними). Вони властиві більшості органічних сполук, а також деяким неорганічним речовинам (кисню, хлору, азоту тощо).

Особливістю молекулярних речовин є те, що всередині молекул атоми сполучені міцними ковалентними зв'язками, а самі молекули утримуються між собою слабкими міжмолекулярними взаємодіями. Таку структуру легко зруйнувати, тому речовини з молекулярними ґратками крихкі, мають невисокі температури плавлення й кипіння.

Особливістю будови пояснюється також леткість молекулярних сполук, деякі з них мають характерний запах. Можна навіть стверджувати: якщо речовина має запах, то це речовина молекулярної будови.

За кімнатної температури багато речовин із молекулярними кристалічними ґратками перебувають у рідкому (вода, сульфатна кислота, органічні розчинники тощо) або газуватому (озон, хлороводень, водень тощо) агрегатних станах. Деякі молекулярні речовини за нагрівання сублімують — переходять із твердого в газуватий стан, минаючи рідкий, як от: йод, вуглекислий газ, нафталін.

Речовини молекулярної будови здатні розчинятися. Деякі з них розчиняються у воді, інші — в органічних розчинниках.

Молекули не містять вільних носіїв електричного заряду, тому ані в рідкому, ані у твердому стані молекулярні речовини електричний струм зазвичай не проводять.

Речовини атомної будови

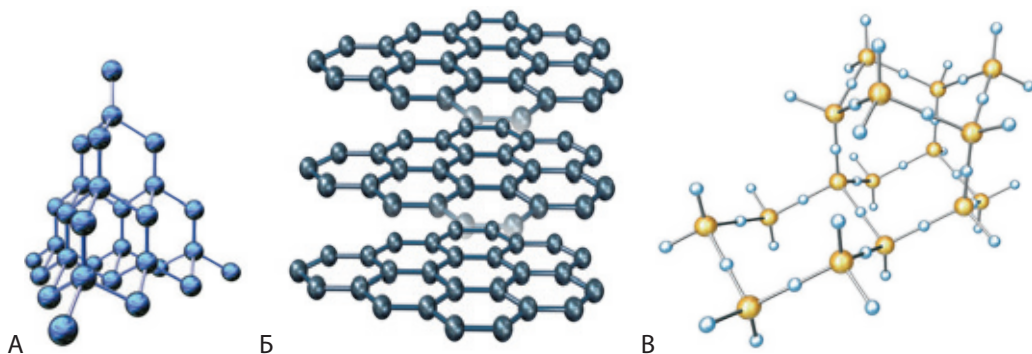
У вузлах атомних кристалічних ґраток розташовані атоми, сполучені між собою міцними ковалентними зв'язками. Щоб зруйнувати ці ковалентні зв'язки, необхідна значна енергія. Цим пояснюється міцність атомного кристала та високі температури плавлення й кипіння речовин атомної будови. Такі речовини досить тверді, непластичні й некрихкі.

Будовою кристалічних ґраток зумовлена також нерозчинність цих речовин у воді та в інших розчинниках.

Класичним прикладом речовини атомної будови є алмаз — найтвердіший мінерал із-поміж усіх відомих (мал. 34.2А).

Речовини атомної будови:

- у вузлах ґраток — окремі атоми;
- тип хімічного зв'язку між атомами в ґратках — ковалентний;
- надзвичайно тверді, нелеткі;
- тугоплавкі;
- не розчиняються в жодному розчиннику.



Мал. 34.2. Атомні кристалічні ґратки:

А — алмазу; Б — графіту; В — кварцу

Графіт також має атомні кристалічні ґратки, але, на відміну від алмазу, у графіті атоми Карбону розташовані шарами, які слабо сполучені один з одним (мал. 34.2Б на с. 305). Унаслідок цього шари легко зсунути один відносно одного. Цим пояснюються «писальні» властивості графіту. Речовинами атомної будови є також кварц SiO_2 , карборунд SiC , германій, бор тощо.



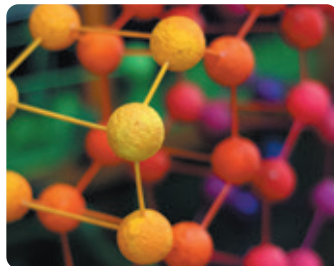
Поміркуйте

Чому з-поміж усіх речовин запах мають лише речовини молекулярної будови?



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

Використовуючи доступні матеріали, створіть моделі кристалічних ґраток.



Будова простих речовин і місце хімічних елементів у періодичній таблиці

Тип хімічного зв'язку в речовинах зумовлює будову й фізичні властивості твердих речовин. Оскільки тип хімічного зв'язку залежить від розподілу електронів в атомах, то закономірності в будові атомів хімічних елементів позначаються на будові й фізичних властивостях простих речовин, утворених ними.

За малюнком 34.3 видно, що на початку періодів розміщені металічні елементи, які утворюють прості речовини з металічними кристалічними ґратками (детальніше про металічний зв'язок ви дізнаєтеся в старших класах). Завершують кожний період неметалічні елементи, які утворюють прості речовини з молекулярними кристалічними ґратками. Неметалічні та напівметалічні

елементи, розміщені в середині періоду, утворюють прості речовини з атомними кристалічними ґратками.

1							18
H ₂	2	13	14	15	16	17	He
Li	Be	B	C	N ₂	O ₂	F ₂	Ne
Na	Mg	Al	Si	P ₄	S ₈	Cl ₂	Ar
K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br ₂	Kr
Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I ₂	Xe
Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	At ₂	Rn

— металічні
 — атомні
 — молекулярні

Мал. 34.3. Типи кристалічних ґраток простих речовин, які утворюють хімічні елементи 1, 2, 13–18 груп



Досліджуємо, моделюємо, проєктуємо

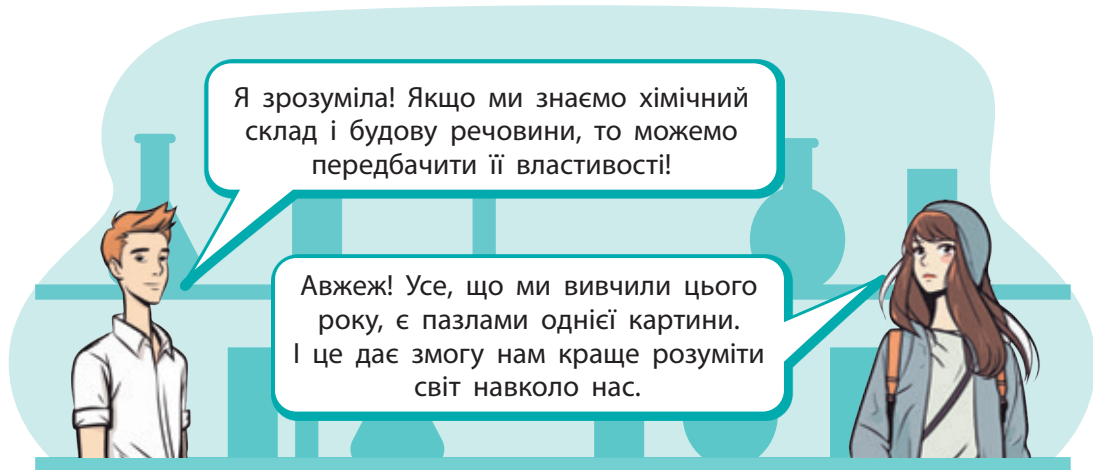
Уявіть, що у вас є зразок твердої речовини білого кольору. Запропонуйте кілька простих дослідів, за допомогою яких можна визначити вид кристалічних ґраток у цій речовині.

Робота з інформацією

- 398.** За інформацією підручника, додаткових джерел і власними спостереженнями наведіть приклади твердих речовин, які під час нагрівання: а) розкладаються; б) плавляться; в) сублимують.
- 399.** За наведеним описом визначте кристалічні ґратки речовин:
- сірка є крихкою кристалічною речовиною жовтого кольору, яка не розчиняється у воді, $t_{\text{пл.}} = 112,8\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - карборунд (силіцій карбід SiC), $t_{\text{пл.}} = 2830\text{ }^{\circ}\text{C}$, за твердістю близький до алмазу;
 - за звичайних умов кисень — газ без кольору, смаку та запаху, малорозчинний у воді $t_{\text{пл.}} = -219\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = -183\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - бром — червоно-бура рідина з різким запахом, легко випаровується $t_{\text{кип.}} = 59\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - сульфур(VI) оксид за звичайних умов — летка безбарвна рідина із задушливим запахом, $t_{\text{пл.}} = 16,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кип.}} = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 400.** Якими взаємодіями утримуються: а) атоми в молекулі; б) молекули в молекулярному кристалі; в) атоми в атомному кристалі?
- 401.** Поясніть, чому кварц SiO_2 і вуглекислий газ CO_2 мають різні фізичні властивості, попри подібний склад.
- 402.** Випишіть окремо формули речовин із різними кристалічними ґратками в твердому стані: F_2 , CO_2 , He , C (графіт), HBr , S_8 (сірка), H_2 , SiO_2 , O_3 .
- 403.** Чи можна замінити: а) силіцій(IV) оксид на карбон(IV) оксид для виготовлення скла; б) алмаз на графіт для виготовлення бурів для свердління? Обґрунтуйте свою відповідь.
- 404.** За текстом параграфу проілюструйте взаємозв'язок між складом і фізичними властивостями речовин. Поясніть логічний ланцюг: хімічний склад → хімічний зв'язок → кристалічні ґратки → фізичні властивості.
- 405.** Багато молекулярних речовин розчиняються у воді або інших органічних розчинниках. На відміну від них, речовини атомної будови не розчиняються в жодному. Чим, на вашу думку, це можна пояснити?



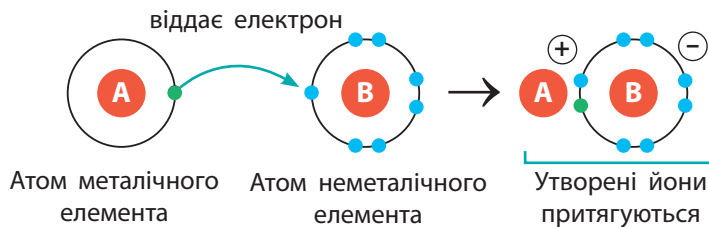
Йонний? А чому, власне, між металічними та неметалічними елементами не може виникати ковалентний зв'язок?

Напевно, між ними занадто велика різниця електронегативностей. Тому й називають зв'язок йонним.

Утворення речовин із йонним зв'язком

Механізм утворення речовин із йонним зв'язком має спільні риси з утворенням речовин із ковалентним зв'язком. Це відбувається внаслідок перерозподілу електронів. Йонний зв'язок існує в речовинах, утворених металічними та неметалічними хімічними елементами.

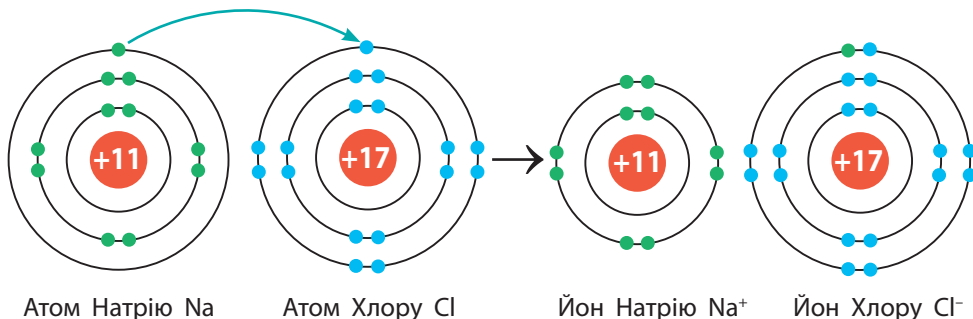
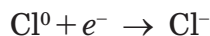
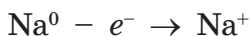
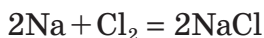
Атоми металічних елементів утрачають електрони, перетворюючись на позитивно заряджені йони (катіони), а атоми неметалічних — приймають електрони, перетворюючись на негативно заряджені йони (аніони). Між цими різнойменно зарядженими йонами виникає електростатичне притягання, сила якого залежить від зарядів йонів і їхніх радіусів. Такий зв'язок називають *йонним*.



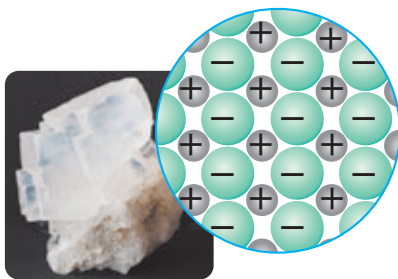


Хімічний зв'язок, що виникає внаслідок притягання протилежно заряджених йонів, називають **йонним**.

Так, під час хімічної взаємодії натрію та хлору утворюються йони Натрію Na^+ та хлорид-іони Cl^- :



Атом Натрію віддає електрон атому Хлору. І обидва атоми перетворюються на йони з октетом електронів на зовнішньому енергетичному рівні.



Мал. 35.1. У кристалі натрій хлориду йони утримуються йонним зв'язком

Йонний зв'язок:

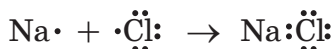
- виникає між протилежно зарядженими йонами;
- існує між йонами металічних і неметалічних елементів;
- існує між одно- та багатоатомними йонами в солях, гідроксидах і деяких оксидах металічних елементів.

Продукт взаємодії — натрій хлорид — цілком складається з катіонів Натрію та хлорид-іонів, утворених переміщенням електронів від атомів Натрію до атомів Хлору. Йони в кристалі між собою не зв'язані жорстко, тобто між ними не існує спільних електронних пар. У натрій хлориді йони утримуються внаслідок притягання між протилежно зарядженими йонами (мал. 35.1).

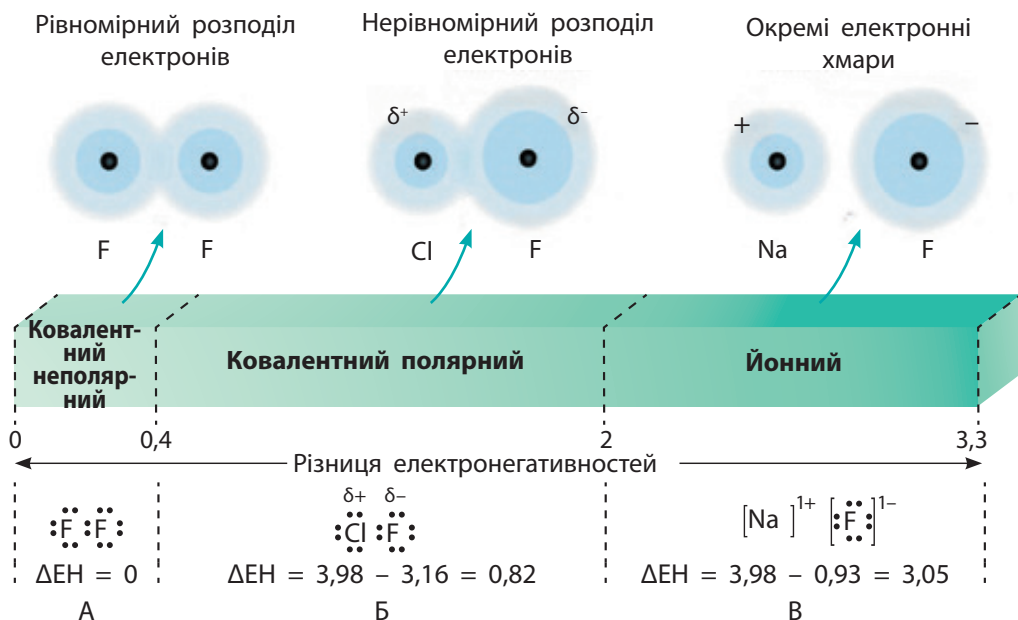
Йонний зв'язок характерний для основних оксидів (Na_2O^{2-} , $\text{Mg}^{2+}\text{O}^{2-}$), лугів (Na^+OH^- , K^+OH^-) і солей (K^+Br^- , $\text{Ca}^{2+}\text{Br}_2^-$, K^+NO_3^-).

Критерій утворення йонного зв'язку

Утворення речовин із йонним зв'язком можна розглядати й з погляду утворення спільної електронної пари:



Але Натрій і Хлор значно відрізняються за електронегативністю, і атом Хлору настільки сильніше притягував би спільну електронну пару, що вона повністю перейшла б до нього, і атому Натрію вже не належала. Тому електрон, що перебував на зовнішньому рівні атома Натрію і мав утворити спільну електронну



Мал. 35.2. Залежність типу зв'язку від різниці електронегативностей елементів:

А — ковалентний неполярний зв'язок; Б — ковалентний полярний;
В — йонний

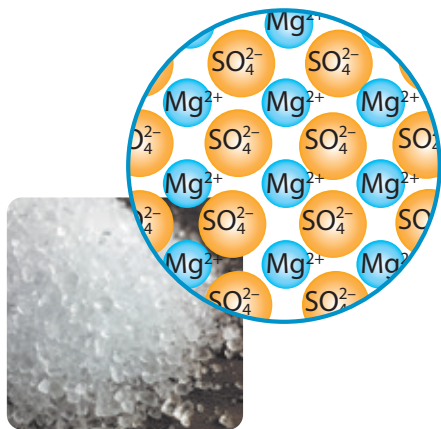
пару, одразу переходить у повну власність атома Хлору з одночасним перетворенням цих атомів на йони.

Отже, йонний зв'язок можна розглядати як крайній випадок ковалентного полярного зв'язку, коли спільна електронна пара повністю перейшла до одного з атомів. Йонний зв'язок існує між атомами елементів зі значною різницею електронегативностей.

Між атомами одного неметалічного елемента, звичайно, існує ковалентний неполярний зв'язок (мал. 35.2А на с. 311). (Іноді неполярним вважають також зв'язок між атомами різних неметалічних елементів за умови, що різниця між електронегативностями елементів (ΔEN) не перевищує 0,4.) Якщо ж ΔEN менша за 2, то зв'язок вважають ковалентним полярним (мал. 35.2Б). Умовно вважають, що зв'язок є йонним, якщо ΔEN перевищує 2 (мал. 35.2В).

Йонні кристали

Йонні речовини мають кристалічні ґратки, у вузлах яких розташовані різнойменно заряджені йони (мал. 35.3). Йонні кристалічні ґратки характерні для речовин із йонним зв'язком: солей, лугів і оксидів активних металічних елементів (NaCl , NaNO_3 , K_2SO_4 , KOH , NaOH , CaO).

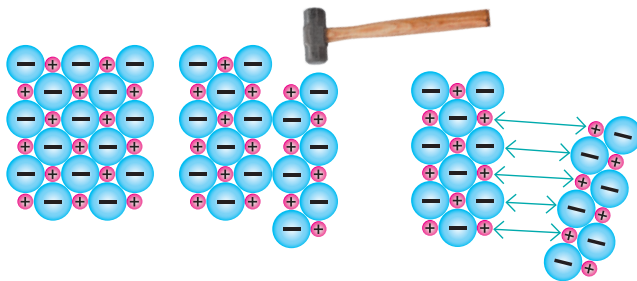


Мал. 35.3. Магній сульфат — речовина з йонним зв'язком

Йонні сполуки за кімнатної температури тверді, а плавляться й киплять лише за високої температури. Це пояснюється тим, що йони в кристалі сильно притягуються один до одного, і, щоб зрушити їх, потрібно багато енергії. Утім, незважаючи на твердість, йонні речовини крихкі. Крихкість зумовлена будовою кристала: навіть незначний зсув наближає один до одного одноіменно заряджені йони, і вони починають відштовхуватися.

Йонні кристали:

- у вузлах ґраток — йони (катіони й аніони);
- тип зв'язку — йонний;
- тверді, крихкі, нелеткі;
- тугоплавкі;
- деякі розчиняються у воді.



Мал. 35.4. У йонних речовинах зміщення шарів призводить до відштовхування однойменно заряджених йонів і руйнування кристала

Наслідком цього є тріщини в кристалі й навіть його руйнування (мал. 35.4).

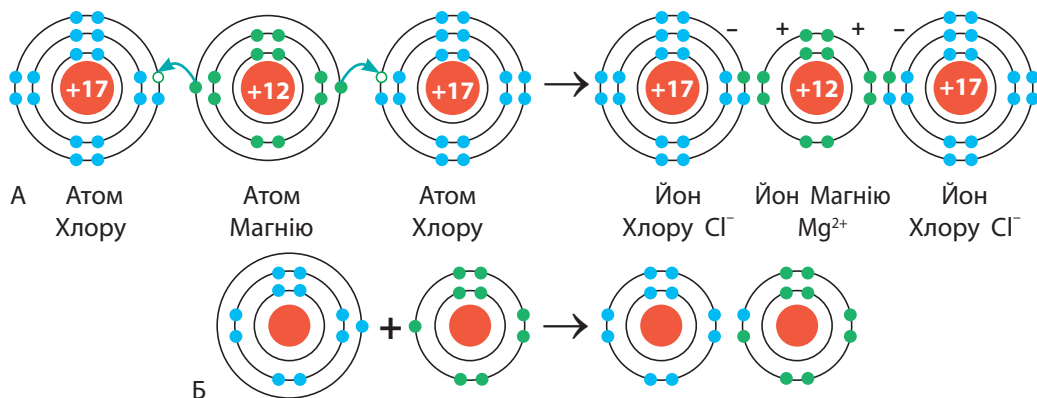
Через те що йони в кристалічних ґратках закріплені на певному місці й утримуються разом силами електростатичного притягання, йонні речовини не проводять електричний струм. Але якщо розплавити такі речовини або розчинити у воді, то йони стають рухливими, і тому розплави та розчини йонних сполук добре проводять електричний струм.

Будовою кристалічних ґраток пояснюється також нелеткість йонних сполук, тому вони не мають запаху.

Робота з інформацією

- 406.** Порівняйте ковалентний і йонний зв'язки, склавши для них діаграми Венна.
- 407.** Наведіть по дві формули сполук, у яких Оксиген утворює зв'язок: а) йонний; б) ковалентний.
- 408.** Із-поміж наведених випишіть формули сполук із йонним зв'язком.
 HBr , Na_2O , CaO , CO_2 , CO , NO_2 , K_3N , NH_3 , N_2 , NF_3 , MgF_2 .
- 409.** Зобразіть схему утворення йонів на прикладі: а) калій фториду KF ; б) магній оксиду MgO ; в) алюміній броміду AlBr_3 .
- 410.** Проаналізуйте дві моделі механізму утворення йонів з атомів на с. 314. Доповніть модель (Б) за аналогією з моделлю (А).

Схарактеризуйте ці процеси та запишіть відповідні хімічні рівняння.

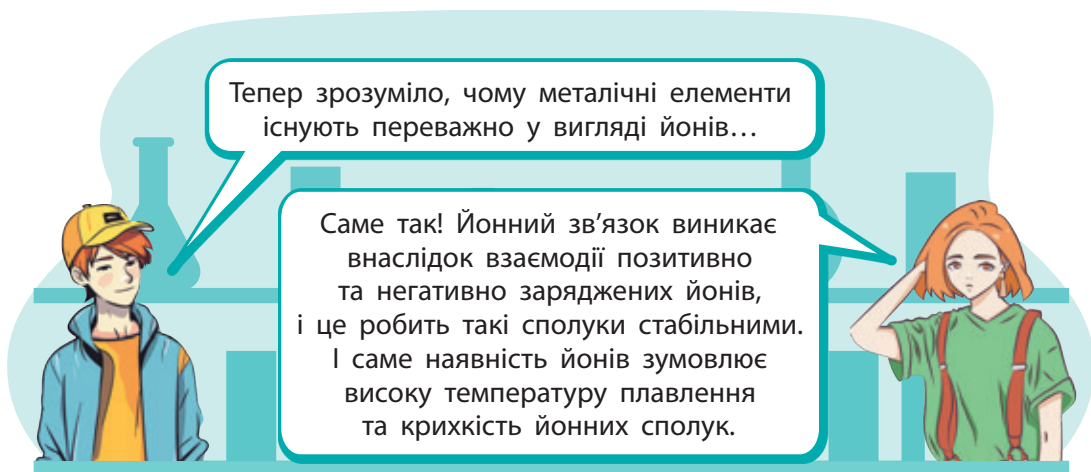


Розуміння явищ природи (робота в групах)

- 411.** В інтернет-джерелах Софія та Андрій знайшли інформацію про властивості деяких речовин, що трапляються в щоденному житті, та сформуvalи таблицю. Допоможіть їм визначити речовини, які мають молекулярну, атомну або йонну будову. Аргументуйте свій вибір.

№ з/п	Речовина	$t_{\text{плав.}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{кип.}}, ^\circ\text{C}$	Густина, г/см^3	Розчинність у воді	Розчинність у бензині
1	Парафін	40–60	> 370	0,91	погана	гарна
2	Сіль кухонна	801	1465	2,17	гарна	погана
3	Лимонна кислота	156	—	1,67	гарна	погана
4	Цукор	186	—	1,59	гарна	погана
5	Графіт	4000	—	2,2	нерозчинний	нерозчинний
6	Ацетон	–95	56	0,79	безмежна	помірна
7	Сода кальцинована	852	—	2,53	гарна	погана
8	Спирт етиловий	–114	78	0,79	безмежна	помірна
9	Йод	114	186	4,94	погана	гарна
10	Скло кварцове	> 1440	2230	2,2	нерозчинне	нерозчинне

Примітка. Прочерк у таблиці свідчить про те, що речовина під час нагрівання розкладається або такий агрегатний стан не було отримано.



Тепер зрозуміло, чому металічні елементи існують переважно у вигляді йонів...

Саме так! Йонний зв'язок виникає внаслідок взаємодії позитивно та негативно заряджених йонів, і це робить такі сполуки стабільними. І саме наявність йонів зумовлює високу температуру плавлення та крихкість йонних сполук.

НАВЧАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ № 11

«Будова речовини»



rnk.com.ua/
110995

■ Що є метою нашої роботи

Визначити тип кристалічних ґраток або аморфність речовин за їхніми фізичними властивостями.

■ Що нам знадобиться

Обладнання: пробірки, пальник, хімічний стакан, порцелянова чаша, термометр, прилад для визначення електропровідності, молоток.

Речовини: натрій хлорид, цукор, графіт, силіцій(IV) оксид, парафін, вода, лід.

■ Визначаємо ризики

Під час дослідження ви маєте працювати з пальником і названими реактивами. Які небезпечні та проблемні ситуації можуть статися під час роботи? Якими мають бути ваші дії в разі настання небезпеки?

■ Що ми маємо зробити

Для визначення типу кристалічних ґраток речовин треба дізнатися їхні фізичні властивості.

1. Оберіть речовини, фізичні властивості яких ви будете досліджувати (можна використовувати рекомендовані речовини з переліку, поданому вище, або інші).
2. Складіть план дослідження фізичних властивостей цих речовин.
3. Виконайте дослідження, результати занотуйте в таблицю.

Речовина	Агрегатний стан за кімнатної температури	Розчинність (у воді або в інших розчинниках)	Температура плавлення	Крихкість	Електропровідність

Який висновок ми маємо зробити

Визначте будову досліджених речовин, ґрунтуючись на результатах дослідження їхніх фізичних властивостей.

Самооцінювання за темою
«Досліджуємо будову речовини»

rnk.com.ua/
110186



**Рефлексуємо
щодо теми**

**ДОСЛІДЖУЄМО
БУДОВУ РЕЧОВИНИ**

- Поверніться на початок розділу (с. 273) та прочитайте перелік того, що ви мали дізнатися.
- Визначте, чого ви навчилися, а про що треба пошукати інформацію.
- Поділіться своїми думками та враженнями від вивченого з однокласниками й однокласницями.

■ СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Атомна одиниця маси (а. о. м.) — одиниця вимірювання маси надлегких частинок, яка дорівнює $1/12$ маси атома Карбону-12 ($1,66 \cdot 10^{-24}$ г).

Відносна атомна маса A_r — це відношення маси атома певного хімічного елемента до $1/12$ маси атома Карбону-12.

Відносна молекулярна маса M_r — величина, що дорівнює відношенню маси певної молекули до $1/12$ маси атома Карбону-12.

Електроліз — процес розкладання розчинених або розплавлених речовин під впливом електричного струму.

Електронегативність — здатність атома притягувати спільні електронні пари.

Ізотопи — різні нукліди одного хімічного елемента.

Індикатор — речовина, що змінює свій колір залежно від наявності іншої речовини в розчині (кислоти, лугу тощо).

Йон — одноатомна або багатоатомна частинка, що має електричний заряд.

Каталізатор — речовина, що змінює швидкість хімічної реакції, але сама в ній не витрачається.

Кількість речовини — фізична величина, що характеризує число однотипних частинок речовини (атомів, молекул, йонів тощо).

Моль — кількість речовини (порція), що містить $6,02 \cdot 10^{23}$ структурних частинок цієї речовини (атомів, молекул або йонів).

Молярна маса — маса речовини кількістю 1 моль.

Молярний об'єм V_m — об'єм речовини кількістю 1 моль.

Нуклід — різновид атомів із певним числом протонів і нейтронів у ядрі.

Ступінь окиснення — умовний заряд на атомі в молекулі або кристалі, обчислений із припущенням, що всі спільні електронні пари повністю зміщені в бік більш електронегативного елемента.

Хімічний елемент — різновид атомів з однаковим зарядом ядра.

Хімічний зв'язок — взаємодія атомів, що зумовлює стійкість багатоатомних частинок (молекул, йонів, кристалів).

rnk.com.ua/
110996



Повний словник термінів
до підручника

■ ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Атмосфера 63
Атом 8, 108
Атомна одиниця маси 26

Б

Бінарні сполуки 20
Біопаливо 215

В

Відносна атомна маса 27
Відносна молекулярна маса 28
Водень 135
Вуглекислий газ 169
Вуглецевий слід 213

Г

Горіння 83

Д

Декарбонізація 214

Е

Електроліз 72
Електрон 224
Електронегативність 287
Енергетичний рівень 238

З

Закон
 Авогадро 110
 об'ємних співвідношень 111
 Періодичний 267

І

Ізотопи 231
Індикатор 125

Й

Йон 9, 309

К

Каталізатор 71
Кислоти 122
Кількість речовини 48

Л

Леткі сполуки з Гідроеном 134

М

Масова частка хімічного елемента
в речовині 34
Метан 193

Молекула 9
Моль 47
Молярна маса 49
Молярний об'єм 111

Н

Нейтрони 225
Нукліди 228
Нуклони 225

О

Оксиди
 кислотні 121
 основні 123
Орбіталь 239
Основи 123

П

Парниковий ефект 205
Період 267
Повільне окиснення 89
Повітря 64
Протони 225

Р

Ряд активності металів 158
Речовини
 аморфні 300
 атомної будови 305
 йонної будови 312
 кристалічні 300
 молекулярної будови 303
Родини хімічних елементів 249

С

Солі 150
Ступінь окиснення 293

Т

Трикутник вогню 86

Х

Хімічний елемент 227
Хімічний зв'язок 275
 йонний 310
 ковалентний 281

Ч

Чадний газ 185

Я

Ядро атома 224

ВІДПОВІДІ НА РОЗРАХУНКОВІ ЗАДАЧІ

- §1.** 3. 1,2 г; 2 г. 4. 4.1. 211,75 г; 4.2. 12 см³, 19,25 г/см³; 4.4. 13,24 г/см³; 4.5. Au (вольфрам не пластичний), виріб із суміші золота із додаванням срібла або міді. 5. А — тирса, В — глина, С — сіль, D — залізо.
- §3.** 18. а) Нітрогену в 3,5 рази; б) Сульфур у 2 рази; в) Феруму у 2 рази; г) Купруму у 2 рази. 19. 4. 20. а) 71; б) 98; в) 342; г) 64; д) 136; е) 100; ж) 222. 21. а) 58,5; б) 200; в) 461; г) 102; д) 76. 22. H₂O₂. 23. FeS₂. 24. 202. 25. а) так; б) так. 26. Права шалька опуститься донизу.
- §4.** 27. а) 30,4 %, 69,6 %; б) 74,5 %, 25,4 %; в) 43,4 %, 11,3 %, 45,3 %; г) 2,04 %, 32,65 %, 65,31 %; д) 68,4 %, 10,3 %, 21,3 %. 28. 53,3 %, 51,5 %. 29. 46,7 %. 30. 1,76 г. 31. 0,786 г. 32. 700 кг. 35. 16,5%, 35%.
- §5.** 36. а) CrO₃; б) Fe₂O₃. 37. а) N₂O₃; б) C₃H₈. 38. CuFeS₂. 39. Fe₃O₄. 40. CaCl₂.
- §6.** 42. а) 34 г/моль; б) 17 г/моль; в) 38 г/моль; г) 100 г/моль; д) 64 г/моль; е) 40 г/моль; ж) 174 г/моль; и) 242 г/моль; к) 118 г/моль. 43. а) 0,125 моль; б) 0,75 моль; в) 5 моль; г) 119 моль. 44. а) 4 г; б) 96 г; в) 45 г; г) 256,5 г; д) 15,76 г. 45. а) 63,5 г/моль; б) 24 г/моль; в) 32 г/моль. 46. а) 96 г, 56 г; б) 90 г, 99,4 г; в) 56 г, 60 г. 47. а) 6 моль; б) 0,5 моль. 49. а) 2 моль; б) 2 моль; в) 2 моль; г) 6 моль. 50. CH₄.
- §7.** 53. 2:1. 54. 1 моль, 2,5 моль. 55. а) 0,5 моль; б) 0,125 моль. 56. 576 г, 336 г, 648 г. 57. 11,85 г. 58. 15 г, 20 г, ≈1,33 рази. 59. 9,12 г. 60. ≈ 3,9 кг. 61. 37,8 г. 63. 56 г, 32 г.
- §9.** 76. ≈ в 1,11 раза. 77. а) 25 г; б) 13,3 %. 78. 40,5 %, 39,2 %. 79. а) 392 г, 274 л; б) 101 г, 70,6 л. 86. Шалька зі склянкою опуститься вниз.
- §10.** 98. 11,2 г. 99. 14,4 г.
- §11.** 121. 1050 годин.
- §13.** 137. а) 44,8 л; б) 11,2 л; в) 5,6 л; г) 64,96 л; д) 94,08 л. 138. Найбільша — із SO₂. 139. 25,5 г. 140. а) 112 л; б) 224 л. 141. В 1,25 раза. 143. 300 л.
- §15.** 161. 0,03125 моль, 0,5 моль, у 16 разів. 166. 0,000168 %. 167. 0,627 %. 171. У паладії — 3036 г водню.
- §16.** 180. 67,2 м³. 181. 16,25 г. 182. 123,2 л. 183. 1 м³ ≈ 1,6 кг. 184. 672 м³. 185. 101 г, 69,2 г.
- §17.** 197. 0,03 моль. 198. а) 137,2 г; б) 54,6 г; в) 120 г. 200. 45 г. 201. 4 %.
- §18.** 214. 3,25 г. 215. 3,57 кг. 216. 33,6 л. 217. 0,5 моль, 60 г, 11,2 л. 218. 0,2 моль. 219. 12,32 л. 220. 1,08 г, збільшиться на 0,755 г.
- §19.** 233. 5 кг. 234. 4,34 г, 2,67 л. 235. 83,25 г. 236. 1271,2 г. 237. 2,5 кг.
- §20.** 256. 386 л.
- §21.** 266. 56 л. 267. 1,1 м³. 275. 168 л.

Відомості про користування підручником

№ з/п	Прізвище та ім'я учня / учениці	Навчальний рік	Стан підручника	
			на початку року	у кінці року
1				
2				
3				
4				
5				

Навчальне видання

**ГРИГОРОВИЧ Олексій Владиславович
НЕДОРУБ Олександр Юрійович**

«ХІМІЯ»

Підручник для 8 класу закладів загальної середньої освіти

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Видано за рахунок державних коштів.

Продаж заборонено

Підручник відповідає Державним санітарним нормам і правилам
«Гігієнічні вимоги до друкованої продукції для дітей»

Редактор *Т. М. Мишиньова*. Технічний редактор *А. В. Плisko*.

Художнє оформлення *В. І. Труфена, Т. В. Задорожної*.

Комп'ютерна верстка *І. І. Пікальова*. Коректор *Н. В. Красна*.

Підписано до друку 22.05.2025. Формат 70×90/16. Папір офсетний.
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 23,33. Обл.-вид. арк. 16,26.
Наклад 325 527 пр. Зам. № 9704-2025.

ТОВ Видавництво «Ранок», пр. Незалежності, 5, Харків, 61022;
вул. Деревлянська, 13, Київ, 04119. E-mail: office@ranok.com.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7548 від 16.12.2021.

Надруковано у друкарні ТОВ «ТРИАДА-ПАК»,
пров. Сімферопольський, 6, Харків, 61052.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5340 від 15.05.2017.
Тел. +38 (057) 712-20-00. E-mail: triadakniga@ukr.net



Служба підтримки:
rnk.com.ua/107946

Таблиця розчинності кислот

Аніони	Назва аніона										
		H ⁺	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Sr ²⁺	Ba ²⁺	Al ³⁺
OH ⁻	гідроксид		P	P	P	P•	Н	М	М	P	Н
F ⁻	фторид	P	М	P	P	P	Н	Н	М	М	М
Cl ⁻	хлорид	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Br ⁻	бромід	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
I ⁻	йодид	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CO ₃ ²⁻	карбонат	М•	М	P	P	PГ	МГ	Н	Н	Н	—
SiO ₃ ²⁻	силікат	Н	М	P	P	—	Н	Н	Н	Н	НГ
NO ₂ ⁻	нітрит	P•	P	P	P	P•	P	P	P	P	Г
NO ₃ ⁻	нітрат	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
CH ₃ COO ⁻	ацетат	P	P	P	P	P	P	P	P	P	PГ
PO ₃ ⁻	метафосфат	P	P	P	P	P	Г	М	Н	Н	Н
PO ₄ ³⁻	ортофосфат	P	М	P	P	Г	М	Н	Н	Н	Н
S ²⁻	сульфід	М	P	P	P	—	МГ	МГ	М	P	Г
SO ₃ ²⁻	сульфіт	P•	P	P	P	P	М	Н	Н	М	—
SO ₄ ²⁻	сульфат	P	P	P	P	P	P	М	М	Н	P

P

— розчинна речовина (розчинність понад 1 г на 100 г води)

Н

— практично нерозчинна (розчинність становить менше 0,1 г на 100 г води)

М

— малорозчинна речовина (розчинність від 0,01 г до 1 г на 100 г води)

Г

— речовина існує, але її неможливо виділити (її розчинність визначити неможливо)

Ряд активності металів (за стандартних умов)

Метал	Li	K	Cs	Ba	Sr	Ca	Na	Mg	Be	Al	Ti	Mn	Zn
Катіон	Li ⁺	K ⁺	Cs ⁺	Ba ²⁺	Sr ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Be ²⁺	Al ³⁺	Ti ³⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺

т, гідроксидів і солей у воді (за 25 °С)

Катіони														
+	Cr ³⁺	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cd ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺	Sn ²⁺	Hg ²⁺	Au ³⁺
	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	•	Н	Н	•	•
	Р	М	М	М ^Г	Р	Р	М	Н	Р	Р	М	Р	Г	Г
	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р ^Г	Р	Р ^Г
	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Н	М	Р ^Г	М	Н ^Г
	М	Р	Р	—	Р	Р	—	Р	Р	Н	М	М ^Г	Н	Н
	—	Н	Н	—	Н ^Г	Н ^Г	Н ^Г	Н ^Г	Н	Н	Н	Г	—	—
	Н ^Г	Н	Н	Н ^Г	Н	Н	Н	Н	М	Н	Н	Г	—	—
	Г	Р	Р	Г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	—	—
	Р	Р	Р•	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Г
	Р ^Г	Р	Р	Н ^Г	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Г	Р	—
	Н	—	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	Г	Г	—
	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—
	Г	Н	Н	Н ^Г	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
	—	—	М	—	Н	Н	Н	М	М	М	Н	—	—	—
	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Н	Р ^Г	Н ^Г	Р ^Г

нна речовина (розчинність
,01 г на 100 г води)

- — речовина нестійка і розкладається при утворенні
- — речовина не існує або немає достовірних відомостей про її існування

електрохімічний ряд, ряд напруг)

a	Cr	Fe	Cd	Co	Ni	Sn	Pb	H ₂	Bi	Cu	Ag	Hg	Pt	Au
2+	Cr ³⁺	Fe ²⁺	Cd ²⁺	Co ²⁺	Ni ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺	H ⁺	Bi ³⁺	Cu ²⁺	Ag ⁺	Hg ²⁺	Pt ²⁺	Au ³⁺

Хімія 8

підручник для 8 класу
закладів загальної середньої освіти

Особливості підручника:

- діяльнісний підхід до вивчення предмета
- змістовна текстова частина, увиразнена яскравим візуальним матеріалом
- практичне спрямування, зв'язок із життям
- довготривалі проекти до всіх тем

Інтерактивний електронний додаток містить:

- навчальні відеоролики до окремих тем
- інтерактивні завдання до кожного параграфа

Навчально-методичний комплект містить:

- підручник
- інтерактивний електронний додаток
- робочий зошит
- презентації до уроків
- книгу для вчителя
- календарно-тематичний план



ISBN 978-617-09-9592-6



9 786170 995926



ranok.com.ua

**УСІ
КНИГИ
ТУТ!**

Навчально-методична література

(057) 727-70-90

pochta@ranok.com.ua



ua.izzi.digital



Сучасна
інтерактивна
освітня
платформа