Павло Попель
Людмила Крикля

НОВА УКРАЇНСЬКА ШКОЛА

Хімія

ПІДРУЧНИК 8 клас



а|кадемія

Павло Попель
Людмила Крикля

ХІМІЯ

ПІДРУЧНИК

для 8 класу
закладів загальної
середньої освіти

РЕКОМЕНДОВАНО
Міністерством освіти
і науки України

Київ
Видавничий центр «Академія»
2025

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

Підручник створено за модельною навчальною програмою «Хімія. 7—9 класи» для закладів загальної середньої освіти (авт. Лашевська Г. А.).

Хімія любить допитливих — будьте такими!

На уроках хімії в 7 класі відбулося ваше знайомство із захопливою наукою про речовини та їх перетворення. Ви зрозуміли суть важливих хімічних термінів, з'ясували, що називають хімічними елементами, навчилися записувати хімічні формули речовин, здійснювати найпростіші хімічні розрахунки, виконувати досліди з речовинами й отримали навички з їх дослідження.

У 8 класі хімія розкриє вам багато своїх таємниць. Серед них — закони збереження маси речовин і об'ємних відношень газів у хімічних реакціях. Ви дізнаєтеся про Оксиген — один із найважливіших хімічних елементів, про властивості його простих речовин — кисню і озону. Довідаєтеся про процеси горіння й окиснення, реакції сполучення і розкладу.

Речовин є безліч, а частинок, з яких вони складаються, — лише три типи. Що таке атом і молекула, вам уже відомо, а про йони ви незабаром дізнаєтеся. Розглядатимемо будову частинок кожного типу, з'ясуємо, чому і як вони сполучаються в кожній речовині.

У світі хімічних елементів, простих і складних речовин існує певний порядок, який ґрунтується на періодичному законі — основному законі хімії. Спираючись на нього, ви навчитеся прогнозувати і пояснювати подібності й відмінності хімічних елементів, які позначаються на будові, складі та хімічних властивостях речовин.

Вашу увагу буде зосереджено на металах, їх будові та властивостях. Довідаєтеся про одержання металів із руд, використання металів і сплавів.

Як користуватися підручником

На початку кожного параграфа є запитання, які анонсують і актуалізують розміщений у ньому матеріал. Основні означення виокремлено в тексті кольором, а нові терміни, важливі твердження і слова з логічним наголосом — курсивним шрифтом. За QR-кодами ви можете переглянути хімічні досліди та ознайомитися з інформацією, яка доповнює викладене на сторінках підручника.

У кожному параграфі та після нього наведено завдання, вправи й задачі. Умовні позначки (піктограми) допоможуть вам зорієнтуватися в типах завдань, спонукатимуть до певних дій:


Думаймо


Розв'язуймо задачу


Варто знати


Візьмемо до уваги


Відшукаймо


Експериментуймо


Обговорюймо


Виконаймо вправу

Частина завдань призначена для виконання групою учнів/учениць (зазвичай у складі 3—4 однокласників/однокласниць).

Завдання, вправи і задачі підвищеної складності помічено зірочками.

У кінці підручника є відповіді до деяких задач і вправ, словник термінів, а також предметний покажчик. Він допоможе швидко знайти сторінку підручника, на якій ідеться про конкретний термін, речовину, явище тощо. Для допитливих подано переліки додаткової літератури та інтернет-сайтів.

Вдумлива робота з підручником допоможе вам зрозуміти зв'язки між складом, будовою і властивостями речовин, навчитися передбачати й пояснювати хімічні перетворення. Ви набудете досвіду з пошуку в інтернеті потрібної інформації, обговорення її з однокласниками / од-

нокласницями, а в разі потреби — коригування, використовуючи свої знання з хімії.

Хімічний експеримент — важливий складник навчання

Ви продовжуватимете досліджувати речовини, їхні властивості, набудете навичок з дослідження хімічних реакцій. До хімічних експериментів необхідно ретельно готуватися. Спосіб і послідовність їх виконання описано в підручнику. Рекомендації щодо правил роботи і безпеки в хімічному кабінеті / лабораторії, яких ви дотримувалися в 7 класі, виконуйте і в цьому навчальному році. Будьте обережними! Невміле поводження з речовинами на уроках і вдома, нехтування правилами безпеки можуть зашкодити вашому здоров'ю. Домашній експеримент виконуйте лише з дозволу батьків або ваших рідних.

До підручника на платформі ВШО створено е-додаток (https://lms.e-school.net.ua/courses/course-v1:UIED+8thChem04+2024/course/ — з реєстрацією), на якому розміщено підручник в електронному вигляді, тестові завдання для самоперевірки, діагностувальні роботи до кожного півріччя, відеоматеріали, матеріали для вчителя. Деякі матеріали з е-додатка, використання яких не потребує реєстації, розміщені на https://h8.academiabook.club/ та https://learningapps.org/.

е-додаток

Кожен із вас уже переконався, що вивчати хімію необхідно для того, щоб розуміти, як побудований навколишній світ, за якими законами він розвивається, щоб уміти використовувати різні речовини безпечно, не руйнуючи природу, а оберігаючи й примножуючи її багатства. Багато з того, про що дізнаєтеся і що практично випробуєте, знадобиться вам у майбутньому.

Бажаємо вам успіхів у навчанні!

Автори

Стартуємо

Що ви вже знаєте з хімії

Світ речовин дивує і зачаровує своїм багатством та різноманіттям. Речовини є всюди — у літосфері, гідросфері, повітрі, космосі, живих організмах. Одні речовини надають квітам чудових кольорів, інші зумовлюють їхні неповторні запахи. Кристали мінералів дивують своєю формою і забарвленням. Кожній речовині притаманні склад, будова і властивості.

У природі щомиті відбуваються перетворення речовин. Найважливішим для рослин є процес фотосинтезу. Кисень, який потрапляє в організми під час дихання, взаємодіє з багатьма речовинами. Хімічні реакції — це складова частина багатьох технологічних процесів.

Наукою про речовини та їх перетворення є хімія. Ми допоможемо вам відновити в пам'яті важливий матеріал із цього навчального предмета і підготуватися до нових подорожей безмежним світом хімії.

§ 1. Атоми. Хімічні елементи. Молекули

Пригадаєте, використаєте

- З яких найменших частинок складаються речовини?
- Який зміст терміна «хімічний елемент»?
- Як порівнюють атоми й молекули?

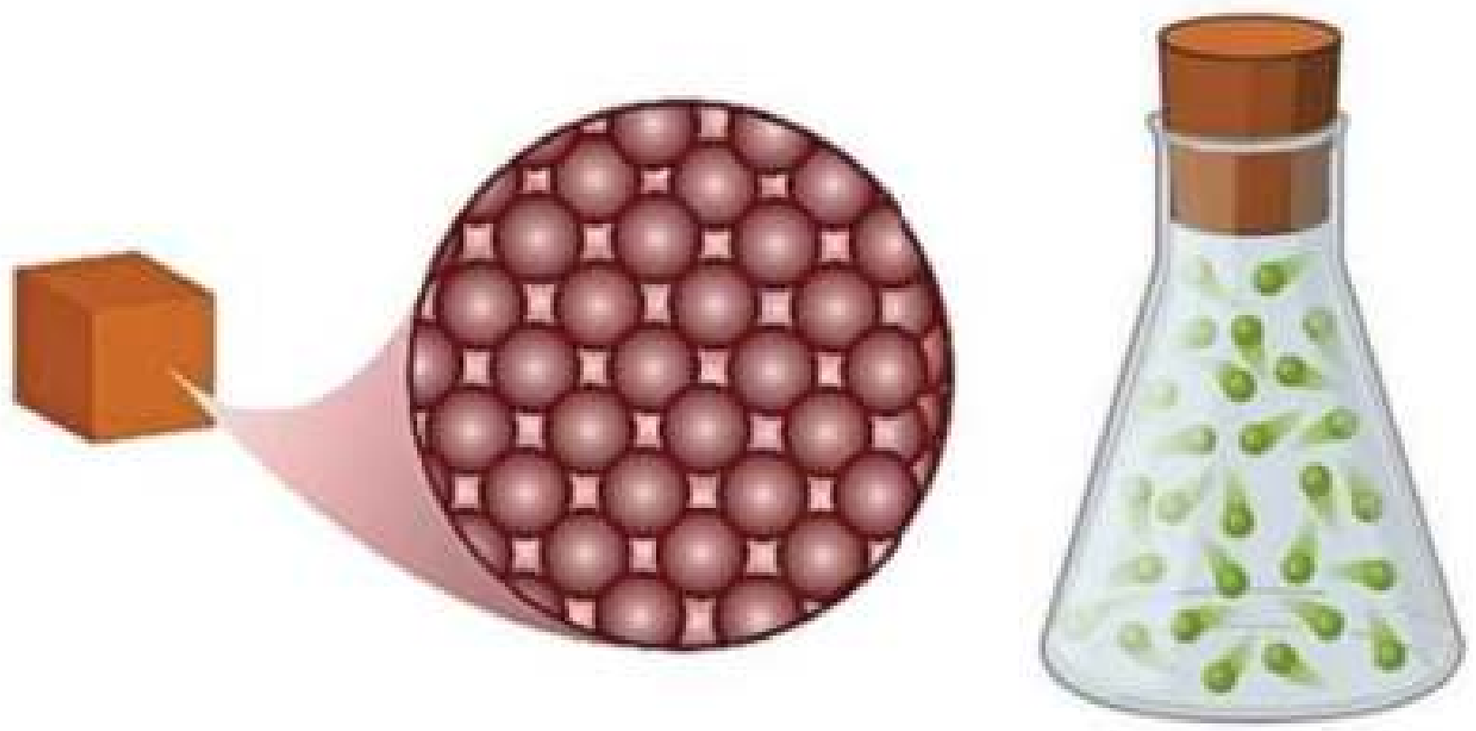
Атоми. Уявлення про атом формувалися протягом тривалого часу. Нині ми знаємо, що *атом — найменша електронейтральна частинка*

речовини, яка складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів, що рухаються навколо нього.



1. Опишіть модель найпростішого атома.
2. Про що свідчить таке твердження: якщо заряд ядра атома становить +1, то в атомі міститься один електрон, а якщо +2 — два електрони?

В алмазі, залізі, міді та багатьох інших речовинах усі атоми сполучені між собою, а, наприклад, у газі аргоні кожний атом є окремою частинкою (мал. 1).



мідь аргон Речовини атомної будови

Мал. 1.

Атоми — надзвичайно маленькі частинки. У хімії використовують не абсолютні маси атомів (у грамах чи міліграмах), а відносні маси. Відносну атомну масу (A_r) обчислюють діленням маси атома на 1/12 маси атома Карбону[1]:

$$A_r = \frac{m(\text{атома})}{\frac{1}{12}\,m(\text{атома } {}^{12}\text{C})}.$$



Маси атомів *А* і *Б* більші від 1/12 маси атома Карбону в 4 і 16 разів відповідно. Порівняйте маси атомів *А* і *Б*.



Округліть до цілих чисел значення відносних атомних мас Натрію, Купруму і Цинку, наведені в періодичній таблиці[2].

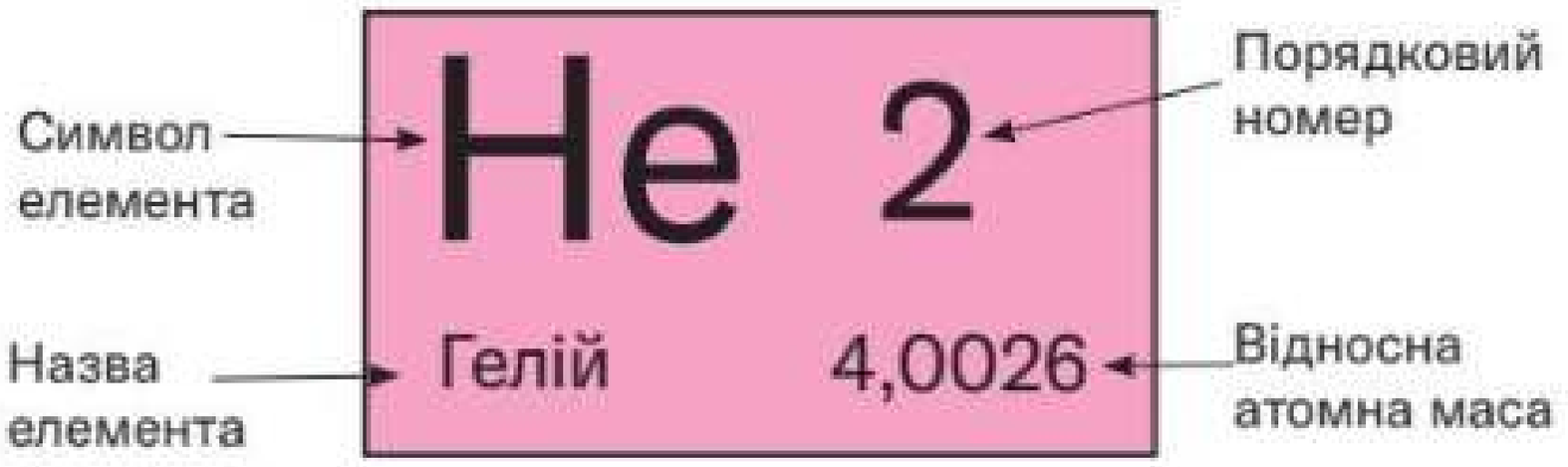
[1] Тобто на атомну одиницю маси.

[2] Її також називають періодичною системою.

У періодичній таблиці майже всі хімічні елементи розміщені в порядку збільшення значень відносних атомних мас.

Хімічні елементи. Кількість атомів у Всесвіті незліченна. Вони різняться зарядами ядер, складом, масою. Вид атомів із певним зарядом ядра називають *хімічним елементом*.

Нині відомо 118 хімічних елементів. Їхні позначення (символи) і назви такі самі, як і відповідних атомів. Ви вже знаєте, що найважливіша інформація про хімічні елементи є в періодичній таблиці (форзац I, мал. 2).



Мал. 2. Клітинка періодичної таблиці

Назвіть кількість періодів і груп у періодичній таблиці (форзаци I і II).

Створіть діаграму кількісного розподілу 118 хімічних елементів по періодах.

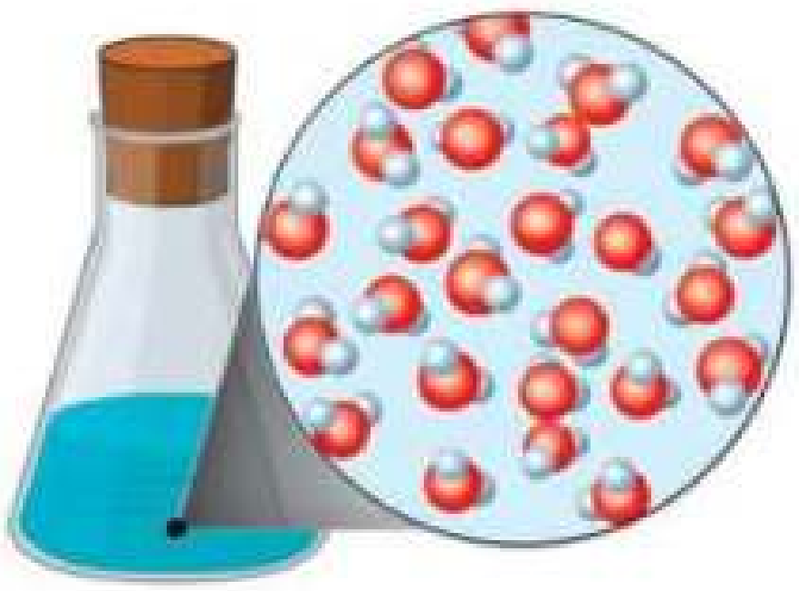
Вам також відомо, що хімічні елементи розміщені в періодичній таблиці за збільшенням заряду ядер атомів, а значення заряду ядра збігається з порядковим номером хімічного елемента.

Назвіть заряди ядер атомів Гідрогену, Гелію, Карбону. Скільки електронів міститься в атомі кожного елемента?

Молекули. Ці частинки утворюються внаслідок сполучення однакових або різних атомів. *Молекула — частинка, яка складається із двох або більшої кількості сполучених атомів.*

Речовин молекулярної будови дуже багато. Серед них є компоненти повітря — азот, кисень, вуглекислий газ, а також вода, чимало інших неорганічних речовин (мал. 3) і переважна більшість органічних речовин.

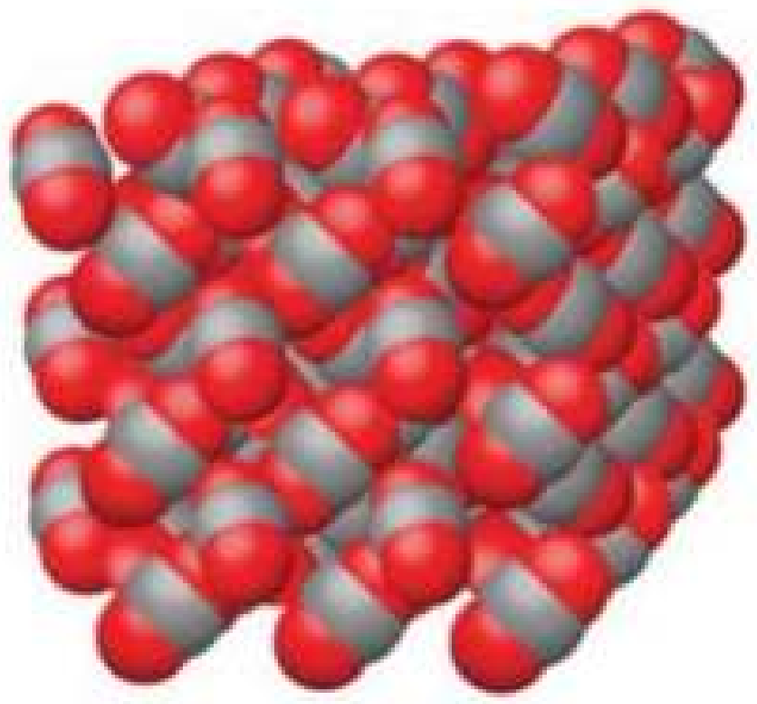
Склад молекул, а також речовин позначають хімічними формулами — записами із символів хімічних елементів та індексів.



вода



кисень



модель будови речовини CO_2
у твердому стані
(назва цієї речовини в газуватому
стані — вуглекислий газ)

Мал. 3.
Речовини молекулярної будови



Прочитайте хімічні формули N_2, CO_2, H_2S, H_3PO_4, $CO(NH_2)_2$.

Маси молекул, як і атомів, надзвичайно малі. Щодо них теж використовують не абсолютні маси, а відносні (M_r):

$$M_r = \frac{m(\text{молекули})}{\frac{1}{12}\, m(\text{атома } {}^{12}\text{C})}.$$

Відносна молекулярна маса є сумою добутків відносних атомних мас на кількості відповідних атомів у молекулі.



Обчисліть відносні молекулярні маси кисню і метану CH_4.



Атом якого хімічного елемента:
а) удвічі важчий за молекулу CO;
б) у півтора раза легший за молекулу води?

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про найменші частинки речовин і хімічні елементи*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чому атом і молекула є електронейтральними частинками?
2. Запропонуйте продовження речення «Атоми можуть різнитися ...».
3. Випишіть із періодичної таблиці символи й назви елементів, заряди ядер атомів яких становлять +3, +5 і +9.

Аналізуймо

4. Напишіть хімічні формули за їх вимовою: *о-три, це-два-аш-п'ять-о-аш, хром-два-ес-о-чотири-тричі, ен-аш-чотири-двічі-це-о-три*.
5. Що легше — 2 атоми Сульфуру чи 8 атомів Гелію? У скільки разів?

Завдання для групи

6.* Укажіть помилки/неточності у твердженні «Інертні гази — гелій, неон, аргон та ін. — перебувають у VIII групі періодичної таблиці та складаються з одноатомних молекул». Запропонуйте коректний варіант твердження.

Дізнаваймося

7. Відшукайте в періодичній таблиці хімічні елементи, якими утворена кухонна сіль, і запишіть у зошит інформацію про них. За матеріалами з інтернету з'ясуйте походження назв цих елементів.
8. На етикетках побутових хімікатів, мінеральних добрив, медичних препаратів, харчових продуктів знайдіть символи хімічних елементів або хімічні формули речовин і запишіть їх у зошит.

Поміркуймо

9. Назвіть хімічний елемент, найпоширеніший: а) в атмосфері; б) у гідросфері; в) у літосфері.

---

*Зірочками (*) тут і далі позначено завдання, вправи і задачі підвищеної складності.

Розв'язуймо задачу

10. Обчисліть відношення мас молекул:
    а) амоніаку NH_3 і сірководню H_2S;
    б) брому Br_2 і сірчистого газу SO_2.

Оцінюймо свої знання

11. Оцініть, як ви засвоїли матеріал параграфа. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і продовжте речення:

Мені було легко зрозуміти …
Мені було важко зрозуміти …
Мені було цікаво …

§ 2. Прості та складні речовини

Пригадаєте, використаєте

- Які речовини називають простими, а які — складними?
- Чому метали, на відміну від неметалів, є подібними за низкою фізичних властивостей?
- Чим різняться між собою складні речовини?

Усі речовини класифікують за різними характеристиками, зокрема за складом — якісним і кількісним (схема 1).

Схема 1

Типи речовин



Прості речовини. *Речовину, утворену одним хімічним елементом, називають простою.* За стандартних умов більшість простих речовин перебуває у твердому стані, інші є газами, а бром і ртуть — рідинами.



1. Назвіть кілька простих речовин. Яким хімічним елементом утворена кожна з них?
2. Яка із трьох «сфер» нашої планети — атмосфера, гідросфера чи літосфера — майже цілком складається з простих речовин?

Назви більшості простих речовин такі самі, що й назви хімічних елементів, якими вони утворені. Якщо назва речовини інша, її подано в періодичній таблиці нижче від назви хімічного елемента (мал. 4).



Мал. 4. Клітинка періодичної таблиці



Для скількох хімічних елементів 1—2 періодів назви простих речовин відрізняються від назв елементів? Назвіть ці речовини.



Зробіть переклад[1] двох речень українською.
Hydrogen is a component of water molecule.
Hydrogen has no colour, taste, smell.
Поясніть різний переклад перших слів у реченнях.

Ви знаєте, що прості речовини поділяють на метали і неметали (мал. 5).

Метали і неметали у твердому стані — зазвичай кристалічні речовини.

Метали мають металічний блиск, є тепло- та електропровідними, пластичними, більшість з них плавиться за високих температур. Подібність металів за низкою фізичних властивостей зумовлена їхньою будовою. Атоми в кожному металі розміщені настільки щільно, що частина електронів може переміщуватися від одних атомів до інших. Унаслідок наявності таких електронів метали проводять електричний струм.

---

[1] Для учнів/учениць, які вивчають англійську мову.



метали





неметали

Мал. 5.
Прості речовини



З-поміж металів вольфрам плавиться за найвищої температури (3420 °С), а ртуть — за найнижчої (–38,9 °С) і за стандартних умов є рідиною.

Неметали можуть мати як атомну, так і молекулярну будову. В алмазі та графіті атоми з'єднані один з одним, а інертні гази — гелій, неон, аргон, криптон, ксенон, радон — складаються з окремих (ізольованих) атомів. Решта газуватих неметалів, бром (рідина), кілька твердих неметалів (серед них — сірка, йод) є молекулярними речовинами. Властивості неметалів, як і металів, також залежать від їхньої будови.



1. Узгодьте назву речовини та температуру її плавлення:

Речовина	*Температура плавлення, °С*
1. Гелій	А. –7
2. Залізо	Б. +100
3. Бром	В. –272
	Г. +1536

2. **Назвіть фізичні властивості графіту, які можна визначити за допомогою експерименту.**



Масу алмазів у ювелірній справі виражають у каратах. Дізнайтеся з інтернету про значення карата в грамах. Чому, на вашу думку, ювеліри давно використовують карати замість грамів?



Маса одного з найбільших алмазів — «Ексцельсіор» — 995,2 карата. Обчисліть масу цього алмаза в грамах.

Деякі хімічні елементи утворюють по кілька простих речовин, які різняться складом молекул або будовою — послідовністю сполучення атомів, розміщенням атомів і молекул у кристалах. Оксиген утворює дві прості речовини — кисень O_2 й озон O_3, а Карбон і Фосфор — більше. Отже, *загальна кількість простих речовин перевищує кількість хімічних елементів*.



Назвіть хімічний елемент, з атомів якого складаються прості речовини алмаз і графіт. Яка загальна назва простих речовин цього елемента?

Хімічні елементи, які утворюють метали, називають *металічними*, а ті, що утворюють неметали, — *неметалічними*. У довгому варіанті періодичної таблиці (форзац 2) вони розмежовані діагональною ламаною лінією; ліворуч від неї перебувають металічні елементи, а праворуч — неметалічні.

Складні речовини. *Речовину, утворену двома або більшою кількістю хімічних елементів, називають складною.* Інша загальна назва складних речовин — сполуки. Цих речовин відомо понад 150 млн. Вони різняться складом і будовою.

Складні речовини є компонентами природного газу, нафти, бетону, кераміки, фарб, мінеральних добрив. Вони містяться в харчових продуктах, медичних засобах, а також у живих організмах. Приклади складних речовин: гідроген пероксид H_2O_2, етиловий спирт C_2H_5OH, оцтова кислота CH_3COOH, глюкоза $C_6H_{12}O_6$.



У якій із цих речовин масова частка Оксигену найбільша, а в яких речовинах — однакова? Відповіді підготуйте, порівнявши хімічні формули речовин.

Переважна більшість складних речовин має молекулярну (мал. 6) і йонну[1] будову; речовин атомної будови менше.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про прості та складні речовини*.

[1] Про йони і йонні речовини йтиметься в розділі 3.





Мал. 6. Складні речовини



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Назвіть речовини серед тих, формули яких наведено, що проводять електричний струм: He, H_2, Cu, C, Al, Ar, Co. Яке уточнення щодо однієї простої речовини необхідно вказати?
2. Вставте назви хімічного елемента № 9 і його простої речовини у відповідних відмінках у речення «Проста речовина ... складається з молекул, кожна з яких містить два атоми ...».
3. Чим можуть відрізнятися одна від одної складні речовини?

Поміркуймо

4. Назвіть складні речовини, дуже поширені в природі.
5. Доведіть помилковість твердження «Найменшою частинкою простої речовини є хімічний елемент».
6. Укажіть некоректність в описі складу медичного препарату (мал. 7).



Мал. 7. Фрагмент упаковки медичного препарату

Аналізуймо

7. Установіть відповідність і поясніть свій вибір.

Речення	*Значення першого слова*
1. Алюміній посідає третє місце за поширеністю в земній корі.	А. Хімічний елемент.
2. Алюміній використовують в електротехніці.	Б. Проста речовина.
3. Алюміній перебуває в 3-му періоді періодичної таблиці.	
4. Алюміній є компонентом легких сплавів.	

Розв'язуймо задачу

8. За формулою оцтової кислоти CH_3COOH обчисліть:
   а) відносну молекулярну масу речовини;
   б) відношення кількості атомів хімічних елементів;
   в) масову частку Карбону в кислоті.
9. Обчисліть масу силану SiH_4, у якій міститься Гідроген масою 1 г.
10.* Установіть формулу сполуки Нітрогену з Оксигеном, якщо її відносна молекулярна маса становить 46.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 3. Властивості та перетворення речовин

Пригадаєте, використаєте

- Чим різняться фізичні та хімічні властивості речовин?
- Чим різняться фізичні та хімічні явища?
- Як можна інтерпретувати або позначати хімічну реакцію?

Властивості речовин. *Ознаки, за якими речовина відрізняється від іншої речовини або подібна до неї, називають властивостями речовини.* Як вам відомо, фізичні властивості речовини визначають спостереженням та вимірюваннями, а хімічні властивості — за допомогою дослідів з метою виявлення здатності речовини перетворюватися на іншу речовину/інші речовини.



1. Назвіть кілька фізичних властивостей речовин. Які фізичні властивості є специфічними для твердих речовин; рідких речовин?
2. Опишіть фізичні властивості однієї з відомих вам речовин.



Які властивості кисню є фізичними, а які — хімічними:

а) погано розчиняється у воді;
б) не горить;
в) трохи важчий за повітря;
г) підтримує горіння речовин;
д) зріджується за дуже низької температури?

Перетворення речовин. До фізичних перетворень речовин, або фізичних явищ, належать, наприклад, зміна агрегатного стану речовини, процес її розчинення у воді. Хімічні явища — це перетворення речовин на інші речовини. Їх називають хімічними реакціями.

Хімічні реакції. Хімічні перетворення речовин часто супроводжуються зовнішніми ефектами, наприклад появою, зміною або зникненням забарвлення чи запаху, утворенням або зникненням осаду, виділенням газу, появою полум'я, виділенням або поглинанням теплоти.



Які зовнішні ефекти супроводжують кожне хімічне явище, зафіксоване на малюнку 8?



Мал. 8.
Хімічні явища:
а — взаємодія алюмінію з «агресивною» речовиною в її розчині;
б — утворення нової речовини в розчині

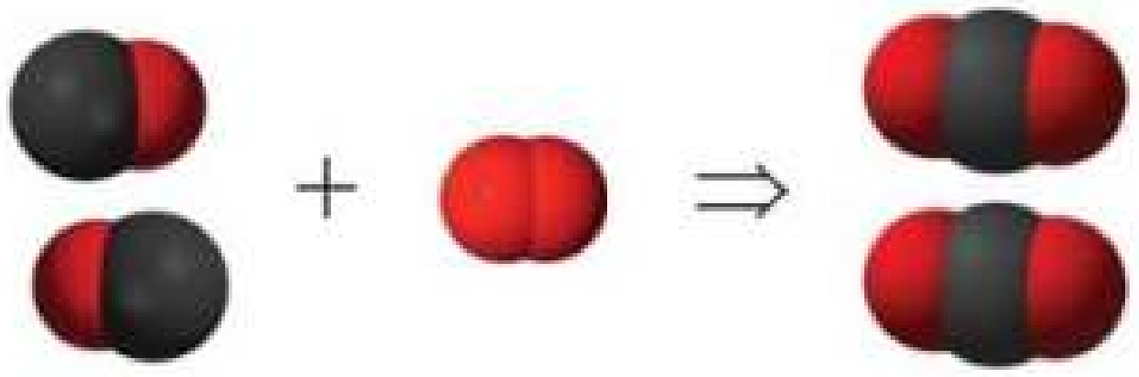
Речовини, які зазнають хімічного перетворення, називають *реагентами*[1], а ті, що утворюються, — *продуктами* реакції.



Усі атоми під час хімічної реакції зберігаються.

[1] Використовують також термін «реактанти».

Хімічну реакцію можна прокоментувати, використавши назви реагентів і продуктів, а також описати за допомогою моделей молекул або хімічних формул речовин:



чадний газ кисень вуглекислий газ



1. Запишіть цю хімічну реакцію за допомогою формул речовин.
2. Укажіть схеми хімічних реакцій, у яких проста речовина і складна речовина є: а) реагентами; б) продуктами реакції.

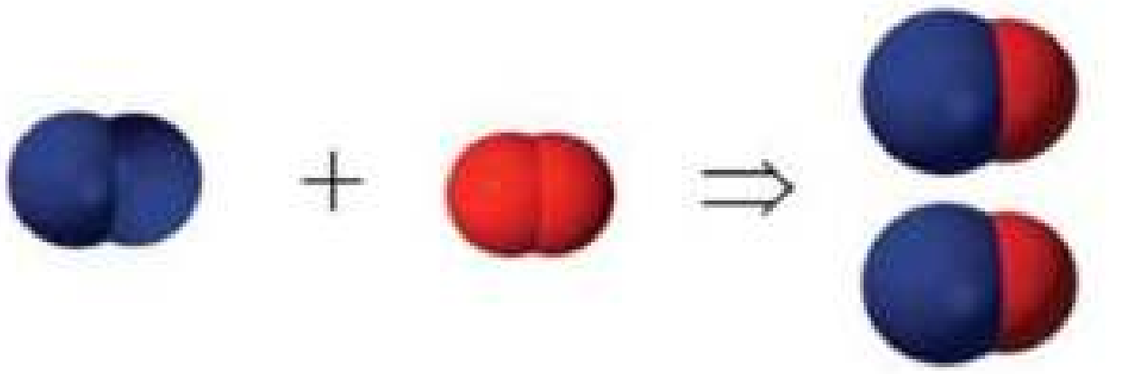
I. $AB + CD \rightarrow AC + BD$; IV. $ABC \rightarrow A + BC$;
II. $AB + C \rightarrow AC + B$; V. $A + BC \rightarrow ABC$.
III. $A + B \rightarrow AB$;

Безліч хімічних реакцій відбувається в природі. У зеленому листі та стеблах рослин проходить фотосинтез, а в живих організмах утворюються білки, жири, вуглеводи, ферменти, гормони, інші речовини.



Назвіть реагенти у фотосинтезі.

Лісові пожежі, жевріння торфу, гниття рослинних залишків — це теж хімічні реакції. У печерах деякі речовини, розчинені у воді, перетворюються на нерозчинні, з яких формуються «бурульки» (сталактити) і нарости різної форми (сталагміти). Під дією електричних розрядів (блискавок) взаємодіють компоненти повітря — азот і кисень:



азот кисень сполука Нітрогену з Оксигеном



Запишіть цю хімічну реакцію за допомогою формул речовин.

Хімічні реакції відбуваються в побуті — під час смаження картоплі, горіння природного газу в газовій плиті (мал. 9), випікання хліба

(мал. 10), виготовлення пива і вина, нагрівання природної води (утворюється накип — мал. 11). Багато реакцій здійснюють у хімічних лабораторіях, на металургійних заводах, у цехах промислових підприємств, під час виробництва фармацевтичних препаратів тощо.



Мал. 9. Горіння природного газу



Мал. 10. Результат розкладу розпушувача тіста



Мал. 11. Накип в електрочайнику

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про фізичні та хімічні властивості речовин, фізичні та хімічні явища (хімічні реакції)*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Які властивості харчової соди є фізичними, а які — хімічними:
   а) здатність унаслідок нагрівання розкладатися з утворенням вуглекислого газу і пари;
   б) відсутність запаху;
   в) кристалічний стан;
   г) незмінність після змішування з кухонною сіллю або цукром?
2. Чим різняться процеси випаровування і горіння спирту?

Поміркуймо

3. Назвіть фізичне явище і хімічне явище, під час яких виділяється теплота.

4. Які речовини є продуктами реакції горіння природного газу (метану)? Запишіть їхні хімічні формули.

Виконаймо вправу

5.* Водний розчин перекису водню H_2O_2 є медичним засобом (мал. 12). Він має обмежений термін придатності, оскільки розчинена речовина повільно розкладається на газ, який міститься в атмосфері, і дуже поширену складну речовину. Запишіть схему цієї хімічної реакції за допомогою формул реагента і продуктів.



Мал. 12.
Розчин перекису водню

Аналізуймо

6. Кристалічна речовина за високої температури перетворюється на порошок речовини Cr_2O_3, газ азот і пару. Назвіть хімічні елементи, якими утворена кристалічна речовина. Переглянувши дослід (див. QR-код або https://h8.academiabook.club/vstup-p-3.html), укажіть зовнішні ефекти, якими супроводжується це хімічне явище.

video

Експериментуймо

7. Налийте у склянку свіжого непастеризованого молока, прикрийте серветкою і залиште для скисання. Через один-два дні розгляньте вміст склянки. Які сталися зміни? Чи з'явився характерний запах? Спробуйте вміст склянки на смак, порівняйте зі смаком свіжого молока. Доведіть, що під час скисання молока відбуваються хімічні перетворення речовин.

У команді

8. Складіть перелік кількох харчових продуктів, які внаслідок хімічних реакцій швидко псуються під час зберігання, і продуктів, що протягом тривалого часу не змінюються.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

10. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=pocs12tak24) завдання за матеріалом цього розділу підручника.

test

Розділ 1

Досліджуємо хімічні реакції

Основними завданнями науковців/науковиць є одержання та дослідження речовин, а також їх перетворень. Хімічні перетворення речовин (хімічні реакції) відбуваються за різних умов і можуть супроводжуватися утворенням газу або осаду, виділенням або поглинанням теплоти, появою полум'я та іншими зовнішніми ефектами.

Дослідження хімічних реакцій — цікавий і водночас складний процес, який потребує ретельної підготовки експерименту, вибору необхідних реактивів та обладнання, дотримання правил безпеки. Результатом кожного дослідження є запис хімічної реакції, зазначення умов її перебігу, формулювання висновків.

Ви здійснюватимете хімічні реакції, спостерігатимете за ними, навчитеся їх досліджувати. Бажаємо вам позитивних вражень від хімічних експериментів.

§ 4. Закон збереження маси речовин під час хімічних реакцій

Усі ви спостерігали за вогнищем і знаєте, що для нього потрібно чимало дров, а після їх згоряння залишається лише невеличка купка попелу. Маса попелу, можливо, у десять чи двадцять разів менша за масу дров. А куди поділася решта маси?

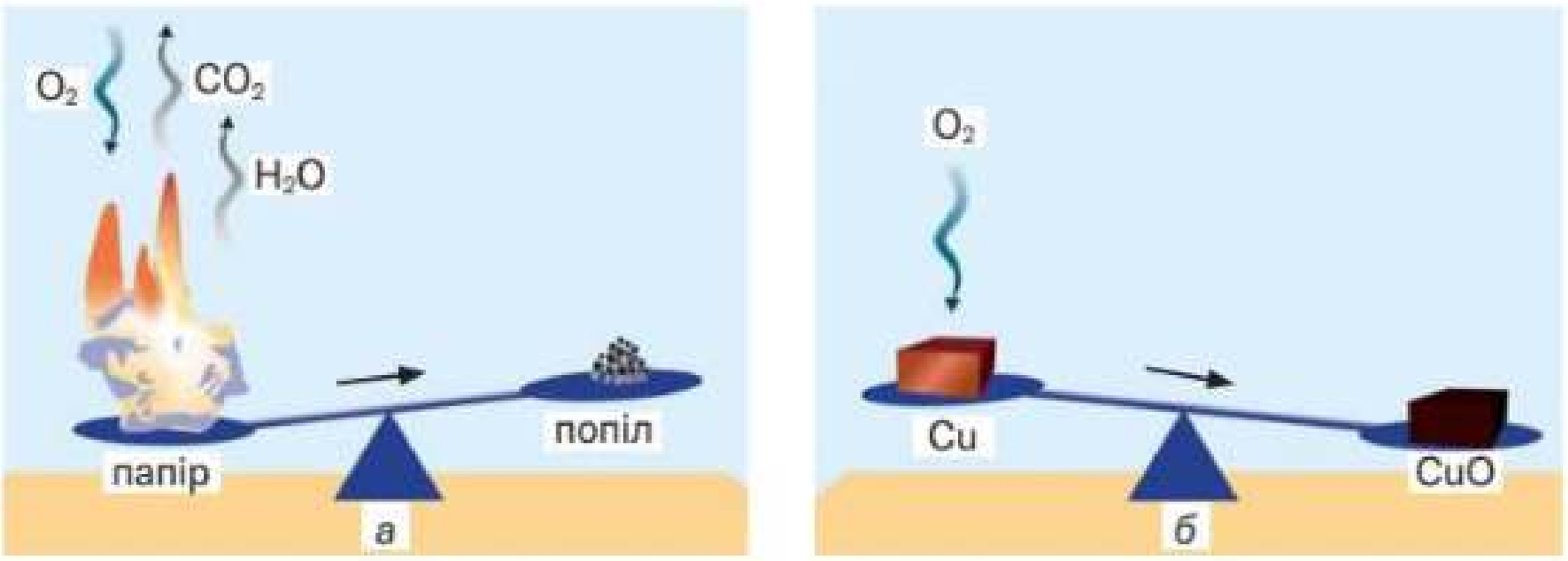
Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Змінюється чи залишається незмінною сумарна маса реагентів і продуктів під час хімічної реакції?

▶ **Як було відкрито закон збереження маси речовин під час хімічних реакцій?**

Такий самий результат, як і з дровами, отримаємо, спалюючи папір (мал. 13, а). Якщо ж нагрівати блискучий брусочок міді (мал. 13, б), виявимо протилежне — його маса збільшується і на металі з'являється чорний наліт. Алхіміки пояснювали зміну маси речовин тим, що речовини під час перетворень виділяють або поглинають особливу невидиму субстанцію — флогістон.

Пояснимо, чому маса попелу відрізняється від маси паперу (мал. 13, *а*).



Мал. 13.
Реакції речовин паперу (*а*) і міді (*б*) з киснем

У процесі горіння речовин, з яких складається папір, бере участь кисень повітря. Унаслідок реакції, крім твердих речовин попелу, утворюються вуглекислий газ і вода (у вигляді пари). Ці дві речовини потрапляють у повітря і розсіюються. Оскільки їхня сумарна маса перевищує масу кисню, маса попелу завжди буде меншою за масу паперу.



Поясніть, чому маса міді після її нагрівання в повітрі відрізняється від маси металу на початку досліду (мал. 13, *б*).

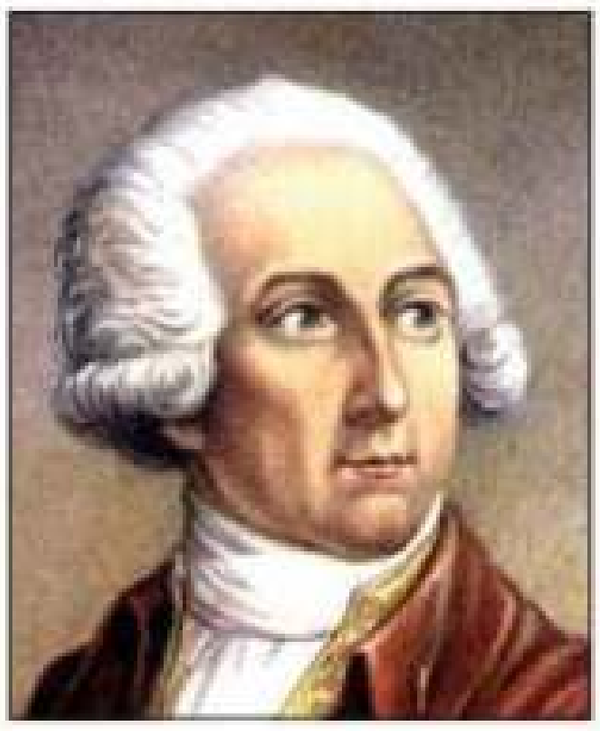
Помістимо трохи паперу і порошку міді в посудини, у яких є повітря, герметично закриємо їх і нагріватимемо за дуже високої температури. Відбуватимуться хімічні перетворення речовин. Зваживши посудини з речовинами до і після кожного експерименту, виявимо, що *сумарна маса речовин під час реакції не змінюється*.

Такого висновку дійшов ще в 70-ті роки XVIII ст. французький хімік Антуан-Лоран Лавуазьє. Він нагрівав шматочки олова та свинцю в

закритих посудинах з повітрям і спостерігав появу на поверхні металів нових твердих речовин. Поклавши на терези посудини з речовинами до і після реакції, Лавуазьє виявив, що їхня вага залишилася незмінною. Дослідник зробив припущення: з оловом і свинцем реагує частина повітря[1] (тепер ми знаємо, що це — кисень), і тому в посудинах має зменшитися тиск. Відкривши посудини, Лавуазьє зафіксував швидке входження повітря в кожну з них.

Отже, перетворення металу на іншу речовину внаслідок його взаємодії з киснем не спричиняє зміну загальної маси речовин: маса продукту реакції така сама, що й сума мас обох реагентів — металу і кисню.

Антуан-Лоран Лавуазьє (1743—1794)



Французький хімік, один із засновників наукової хімії. Започаткував кількісні (точні) методи дослідження в хімії. Визначив склад повітря і довів, що горіння — це реакція речовини з киснем, а вода — сполука Гідрогену з Оксигеном. Склав першу таблицю простих речовин, запропонувавши фактично класифікацію хімічних елементів. Відкрив закон збереження маси речовин під час хімічної реакції.

Закон збереження маси речовин під час хімічної реакції формулюють так:

маса речовин, що взяли участь у хімічній реакції, дорівнює масі речовин, які утворилися внаслідок реакції.



Прокоментуйте дослід, зображений на малюнку 14, і зробіть висновок.

Атоми всіх хімічних елементів під час реакцій зберігаються. Тому сумарна маса реагентів дорівнює сумарній масі продуктів реакцій.

[1] Пізніше Лавуазьє встановив, що це — 1/5 частина повітря за об'ємом.



Мал. 14.
Дослід зі здійснення реакції між двома розчиненими речовинами:
а — початок експерименту; *б* — завершення експерименту



Заповніть пропуски в таблиці:

№ п/п	Реагенти та їхні маси		Продукти реакції та їхні маси	
1	Графіт C — 6 г	Фтор F_2 — 38 г	Речовина CF_4 — ... г	
2	Літій Li — 21 г	Водень H_2 — ... г	Речовина LiH — 24 г	
3	Речовина CuO — ... г	Водень H_2 — 1 г	Мідь Cu — 32 г	Вода H_2O — 9 г
4	Крейда $CaCO_3$ — 25 г		Речовина CaO — ... г	Вуглекислий газ CO_2 — 11 г

Експеримент, який підтверджує закон збереження маси речовин під час хімічної реакції, ви можете подивитися за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-4.html).

video

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про закон збереження маси речовин під час хімічної реакції*.



Сформулюйте запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Речовина *A* взаємодіє з речовиною *Б*. Продуктами реакції є речовини *B* і *Г*. Запишіть математичний вираз, який відповідає закону збереження маси речовин під час хімічної реакції.
2. Унаслідок нагрівання харчової соди масою 84 г у порцеляновій чашці було одержано кальциновану соду масою 53 г. Обидві соди є твердими речовинами. Про що свідчить результат експерименту?

Розв'язуймо задачу

3. Обчисліть масу сірки, яка прореагувала з бором масою 5,5 г, якщо маса єдиного продукту реакції — 29,5 г.

Завдання для групи

4. Як науковець/науковиця може застосовувати у своїй роботі закон збереження маси речовин під час хімічної реакції?

Поміркуймо

5. Поясніть, чому маса іржавого цвяха більша, ніж нового й непошкодженого.

Аналізуймо

6. Спирт або бензин (суміш речовин), згоряючи, «зникають». Чи не суперечить це закону збереження маси речовин під час хімічної реакції? Відповідь аргументуйте.
7.* Дослідник після повної взаємодії твердих речовин *A* і *Б* одержав єдиний продукт реакції — тверду речовину *B*. Зважившиї наступного дня, він виявив, що маса речовини *B* була трохи більшою за суму мас речовин *A* і *Б*, що прореагували. Яка можлива причина такого результату?

Формуймо словничок

8. Випишіть із параграфа кілька ключових слів та словосполучень і розмістіть їх за алфавітом у створену вами електронну сторінку з хімії. Вони знадобляться для укладання українсько-англійського[1] словничка до цього розділу підручника. Словничок допоможе вам відшукати потрібну інформацію на англомовних сайтах інтернету.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

[1] Замість англійської мови може бути інша — та, яку ви вивчаєте.

§ 5. Схема хімічної реакції. Хімічне рівняння

Обов'язковий атрибут науковця і науковиці — лабораторний журнал. У ньому записують план дослідження, відомості про речовини, спостереження, результати вимірювань, обчислення, висновки, завдання на перспективу. Нотатки про свої експерименти робили ще алхіміки. Приклад запису хімічної реакції в ті часи[1]:



Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Що називають схемою хімічної реакції?
- Як перетворити схему реакції на хімічне рівняння?



Чому в період становлення хімічної науки дослідники відмовилися від алхімічних символів?

Схема хімічної реакції. Описувати хімічні реакції можна по-різному. Один зі способів передбачає використання моделей молекул, інший — складання запису реакції з назвами реагентів і продуктів:

сірка + кисень → сірчистий газ.

У словесній схемі реакції немає інформації про склад речовин. Цього недоліку можна уникнути, указавши в схемі замість назв реагентів і продуктів їхні хімічні формули:

$$S + O_2 \rightarrow SO_2.$$[2]

Такі схеми хімічних реакцій використовують з початку XIX ст.

У схемах хімічних реакцій над стрілками часто вказують умови, за яких відбуваються хімічні перетворення: нагрівання ($\xrightarrow{t}$), підвищений тиск ($\xrightarrow{P}$), освітлення ($\xrightarrow{h\nu}$), наявність додаткових речовин ($\xrightarrow{H_2O}$). Якщо продуктом реакції є газ, то після його формули записують стрілку, спрямовану вгору (↑), а якщо в розчині утворюється осад — стрілку, спря-

[1] Сьогодні цю реакцію записують так: Hg + S → HgS.

[2] Для сірки з метою спрощення використовують формулу S, а не S_8, яку має молекула цієї речовини.

мовану донизу (↓). У випадках, коли і продукт, і реагент — гази або нерозчинні речовини, вертикальні стрілки не використовують. Іноді під формулами реагентів і продуктів указують їхні назви.

Приклад схеми реакції з додатковими позначками і назвами речовин:

$$\underset{\text{крейда}}{CaCO_3} \xrightarrow{t} \underset{\substack{\text{негашене}\\ \text{вапно}}}{CaO} + \underset{\substack{\text{вуглекислий}\\ \text{газ}}}{CO_2\uparrow}.$$



Назвіть хімічні елементи, якими утворені реагент і продукти наведеної реакції.

Схема реакції дає змогу зробити важливий висновок: *усі хімічні елементи під час реакції зберігаються.*



Запишіть схему хімічної реакції, у якій реагентами є гази амоніак NH_3 і кисень, а продуктами — газ NO і пара. Ця реакція відбувається в процесі нагрівання та за наявності «сторонньої» речовини — платини.

Хімічне рівняння. Оскільки атоми хімічних елементів не виникають і не зникають, то кількість атомів кожного елемента до реакції дорівнює кількості його атомів після реакції. На це вказують схеми реакцій, наведені на початку параграфа. Замінимо в них стрілки між лівими і правими частинами записів знаками рівності:

$$S + O_2 \overset{t}{=} SO_2;$$

$$CaCO_3 \overset{t}{=} CaO + CO_2\uparrow.$$

Ми отримали *хімічні рівняння*.

Хімічне рівняння — запис хімічної реакції за допомогою формул реагентів і продуктів, що відповідає закону збереження маси речовин під час реакції.

Схеми багатьох реакцій не узгоджуються із цим законом. Серед них — схема реакції утворення води з водню і кисню:

$$H_2 + O_2 \xrightarrow{t} H_2O.$$

У лівій і правій частинах наведеної схеми міститься однакова кількість атомів Гідрогену (по два атоми), але різна кількість атомів Оксигену.

Працюємо разом

Перетворимо останню схему реакції на хімічне рівняння. Для того щоб у правій частині схеми, як і в лівій, було два атоми Оксигену, поставимо перед формулою води коефіцієнт 2:

$$H_2 + O_2 \xrightarrow{t} 2H_2O.$$

Тепер атомів Гідрогену в правій частині схеми — чотири. Щоб така сама кількість атомів Гідрогену була і в лівій частині, запишемо перед формулою водню коефіцієнт 2. Отримуємо хімічне рівняння:

$$2H_2 + O_2 \xrightarrow{t} 2H_2O.$$

Отже, щоб перетворити схему реакції на хімічне рівняння, потрібно порівняти кількості атомів кожного елемента в лівій і правій частинах схеми, дібрати (за потреби) коефіцієнти для кожної речовини, записати їх перед хімічними формулами й замінити стрілку знаком рівності.

Можливо, хтось із вас складе таке рівняння: $4H_2 + 2O_2 \xrightarrow{t} 4H_2O$. У ньому ліва і права частини містять однакову кількість атомів кожного елемента, але всі коефіцієнти можна зменшити, поділивши на 2. Це й потрібно зробити.

Працюємо разом

Перетворимо на хімічне рівняння схему реакції

$$Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2\uparrow.$$

У лівій частині цієї схеми міститься один атом Алюмінію, а в правій — два. Запишемо перед формулою металу коефіцієнт 2:

$$2Al + H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2\uparrow.$$

Атомів Сульфуру праворуч утричі більше, ніж ліворуч. Додамо в ліву частину схеми перед формулою сполуки Сульфуру коефіцієнт 3:

$$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2\uparrow.$$

Тепер у лівій частині кількість атомів Гідрогену збільшилася до шести ($3 \cdot 2 = 6$), а в правій частині таких атомів лише два. Щоб їх і справа було шість, запишемо перед формулою водню коефіцієнт 3:

$$2Al + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2\uparrow.$$

Порівняємо кількість атомів Оксигену в обох частинах схеми реакції. Вона однакова: $3 \cdot 4 = 4 \cdot 3$. Замінюємо стрілку знаком рівності й отримуємо хімічне рівняння:

$$2Al + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 3H_2\uparrow.$$

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про схему хімічної реакції та хімічне рівняння.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чим відрізняється хімічне рівняння від схеми реакції?
2. Прокоментуйте додаткові позначки в схемах реакцій і складіть відповідні хімічні рівняння:

а) $AgCl \xrightarrow{h\nu} Ag + Cl_2\uparrow$;

$Fe_2O_3 + C \xrightarrow{t} Fe + CO\uparrow$;

б) $N_2 + H_2 \xrightarrow{t,\ p,\ Pt} NH_3$;

$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3\downarrow + NaOH$.

3. Прочитайте хімічне рівняння:

$$2FeCl_3 + 3Ba(OH)_2 = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3BaCl_2.$$

Виконаймо вправу

4. Допишіть пропущені коефіцієнти в хімічних рівняннях:

а) $2B + S \overset{t}{=} B_2S_3$;

$Li_2O + 2HBr = LiBr + H_2O$;

б) $Al + HCl = 2AlCl_3 + H_2\uparrow$;

$4HNO_3 \overset{t}{=} NO_2\uparrow + O_2\uparrow + H_2O$.

5. Перетворіть схеми реакцій на хімічні рівняння:

а) $Cr(OH)_3 \xrightarrow{t} Cr_2O_3 + H_2O\uparrow$;

$Na + H_2O \rightarrow NaOH + H_2\uparrow$;

б) $CaH_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2\uparrow$;

$Ba(OH)_2 + P_2O_5 \rightarrow Ba_3(PO_4)_2 + H_2O$.

6. Запишіть замість крапок формули простих речовин і складіть хімічні рівняння:

а) ... + ... $\xrightarrow{t}$ PCl_5;

... + ... $\xrightarrow{t}$ B_2O_3;

б) ... + ... $\xrightarrow{t}$ HCl;

... + ... $\xrightarrow{t}$ CF_4.

Візьміть до уваги, що бор і вуглець складаються з атомів, фтор, хлор, водень і кисень — із двоа́томних молекул, а фосфор (білий) — із чотириа́томних молекул.

Аналізуймо

7. В одному фантастичному оповіданні йдеться про людину, яка винайшла синтезатор молекул — пристрій, що синтезує молекули з інших молекул. Формули всіх частинок закладають у програму пристрою. Визначте, скільки молекул вуглекислого газу і води знадобиться для синтезу кожної молекули лимонної кислоти $C_3H_4(OH)(COOH)_3$. Атоми якого хімічного елемента і в якій кількості виявляться зайвими?

У команді

8.* Поясніть, чим хімічне рівняння подібне до математичного рівняння, а чим відрізняється від нього.

Розв'язуймо задачу

9. Обчисліть масу негашеного вапна, яку було одержано після тривалого прожарювання крейди масою 50 г, якщо, крім вапна, утворився вуглекислий газ масою 22 г.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення із тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 6. Одержання кисню

«Навіщо одержувати кисень?» — запитаєте ви. Адже ми дихаємо цим газом у складі повітря. Бензин згоряє в автомобільному двигуні, куди потрапляє повітря. Аквалангісти можуть довго милуватися підводним світом завдяки використанню для дихання балонів зі стисненою сумішшю газів, яка містить кисень. Однак є багато сфер діяльності людини, де необхідний чистий кисень. У медицині він незамінний у лікуванні захворювань дихальних шляхів, серцево-судинної системи, у проведенні хірургічних операцій, у разі отруєнь. Не обходяться без нього і в космічній галузі — у космічні кораблі, крім палива, завантажують зріджений кисень. А метали зварюють і ріжуть ацетиленово-кисневим пальником.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як одержують кисень?
- Яку речовину називають каталізатором?
- Як зібрати одержаний кисень?

Одержання кисню в промисловості. Невичерпним джерелом кисню є повітря. Щоб одержати з нього кисень, потрібно відокремити цей газ від азоту та інших газів. На цьому ґрунтується промисловий метод. Його реалізують, використовуючи спеціальну, досить громіздку апаратуру. Повітря сильно охолоджують до перетворення його на рідину, а потім температуру зрідженого повітря поступово підвищують. Спочатку з нього виділяється переважно газ азот (температура кипіння рідкого азоту −196 °С). Рідина, що залишається, поступово збагачується киснем (температура кипіння рідкого кисню −183 °С). Унаслідок зрідження і випаровування суміші речовин одержують окремо азот і кисень.

Рідкий кисень транспортують у спеціальних сталевих резервуарах, що мають подвійні стінки, між якими створено вакуум (для ефективної теплоізоляції). Газуватим киснем наповнюють під високим тиском балони; їх фарбують у блакитний колір (мал. 15).



Мал. 15. Балони з киснем



За матеріалами з інтернету довідайтеся, якими ще газами наповнюють металеві балони і в який колір пофарбований балон з кожним газом.



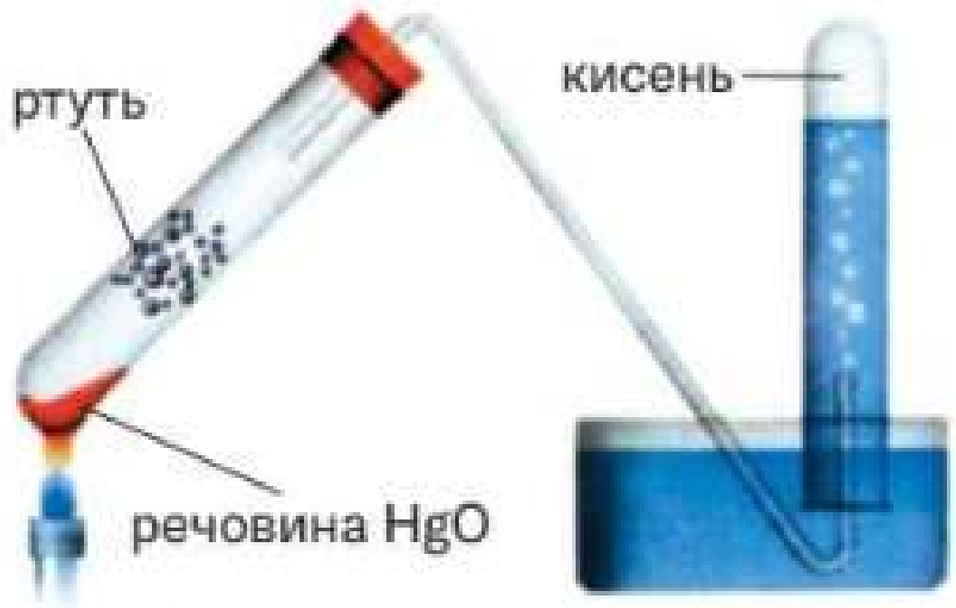
Чому в лікарнях використовують балони з киснем, а в дайвінгу — балони з газовими сумішами, за складом подібними до повітря?

Одержання кисню в лабораторії. Кисень одержують у лабораторії, здійснюючи хімічні реакції.

Відкривачі кисню англієць Дж. Прістлі і швед К.-В. Шеєле одержали цей газ із речовини, хімічна формула якої — HgO. Її нагрівали за допомогою скляної лінзи, яка фокусувала на речовині сонячне світло. Докладніше про відкриття кисню ви можете дізнатися за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-7-kusen.html).

text

У сучасному виконанні цей дослід зображено на малюнку 16. Речовина HgO внаслідок нагрівання перетворюється на ртуть і кисень. Ртуть виділяється в газоподібному стані й конденсується на стінках пробірки у вигляді сріблястих крапель. Кисень накопичується в другій пробірці (її заздалегідь заповнюють водою).



Мал. 16.
Одержання кисню нагріванням речовини HgO



Складіть рівняння цієї реакції із зазначенням умов її перебігу та агрегатного стану кисню.



Чому, на ваш погляд, описаний спосіб одержання кисню нині не використовують?

Реакцію, унаслідок якої з однієї речовини утворюється щонайменше дві, називають *реакцією розкладу*.

Одержання кисню на уроках хімії здійснюють розкладанням гідроген пероксиду H_2O_2 (інша назва речовини — перекис водню) у водному розчині. Такий розчин із масовою часткою гідроген пероксиду 3 % є лікарським засобом; у ньому розчинена речовина розкладається дуже повільно. Якщо до розчину додати невелику кількість речовини MnO_2, починається інтенсивне виділення кисню. Рівняння цієї реакції:

$$2H_2O_2 \overset{MnO_2}{=} 2H_2O + O_2\uparrow.$$

Речовину, яка прискорює хімічну реакцію і не є її продуктом, називають *каталізатором*[1].

Дізнатися більше про каталізатори ви можете за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-7-katalizator.html).

text

[1] Термін походить від грецького слова «каталізис» — руйнування, розпад.

Слово «каталізатор» використовують не лише в хімії. Наведіть приклади речень із цим словом, які стосуються діяльності людей.

Кисень утворюється під час розкладу води за дії постійного електричного струму:

$$2H_2O \xrightarrow{\text{ел. струм}} 2H_2\uparrow + O_2\uparrow.$$

Цей спосіб одержання кисню використовують у демонстраційному експерименті (мал. 17). Побачити його ви зможете за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-7-video.html).

video



Мал. 17.
Розклад води постійним електричним струмом

Висловте гіпотезу стосовно того, про що може свідчити вдвічі більший об'єм водню, ніж кисню (мал. 17).

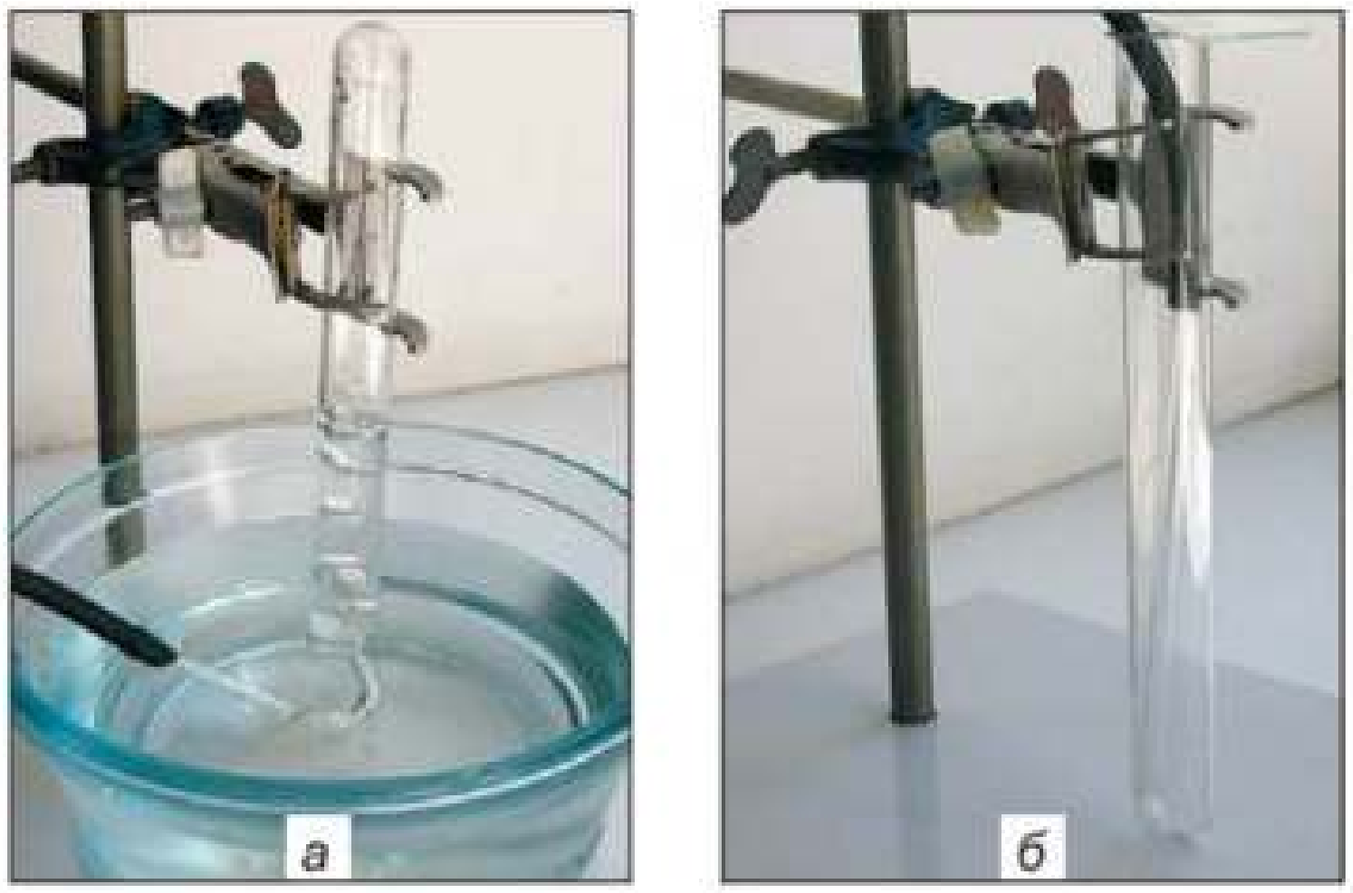
Першим виявив, що вода розкладається електричним струмом, англійський фізик і хімік Вільям Ніколсон у 1800 р. Він застосував в експерименті сконструйовану разом з колегою електричну батарею.

Збирання кисню. Оскільки кисень розчиняється у воді дуже слабко, його збирають, витискуючи ним воду з посудини (мал. 16—18, *а*). Зібраний газ містить домішку пари.

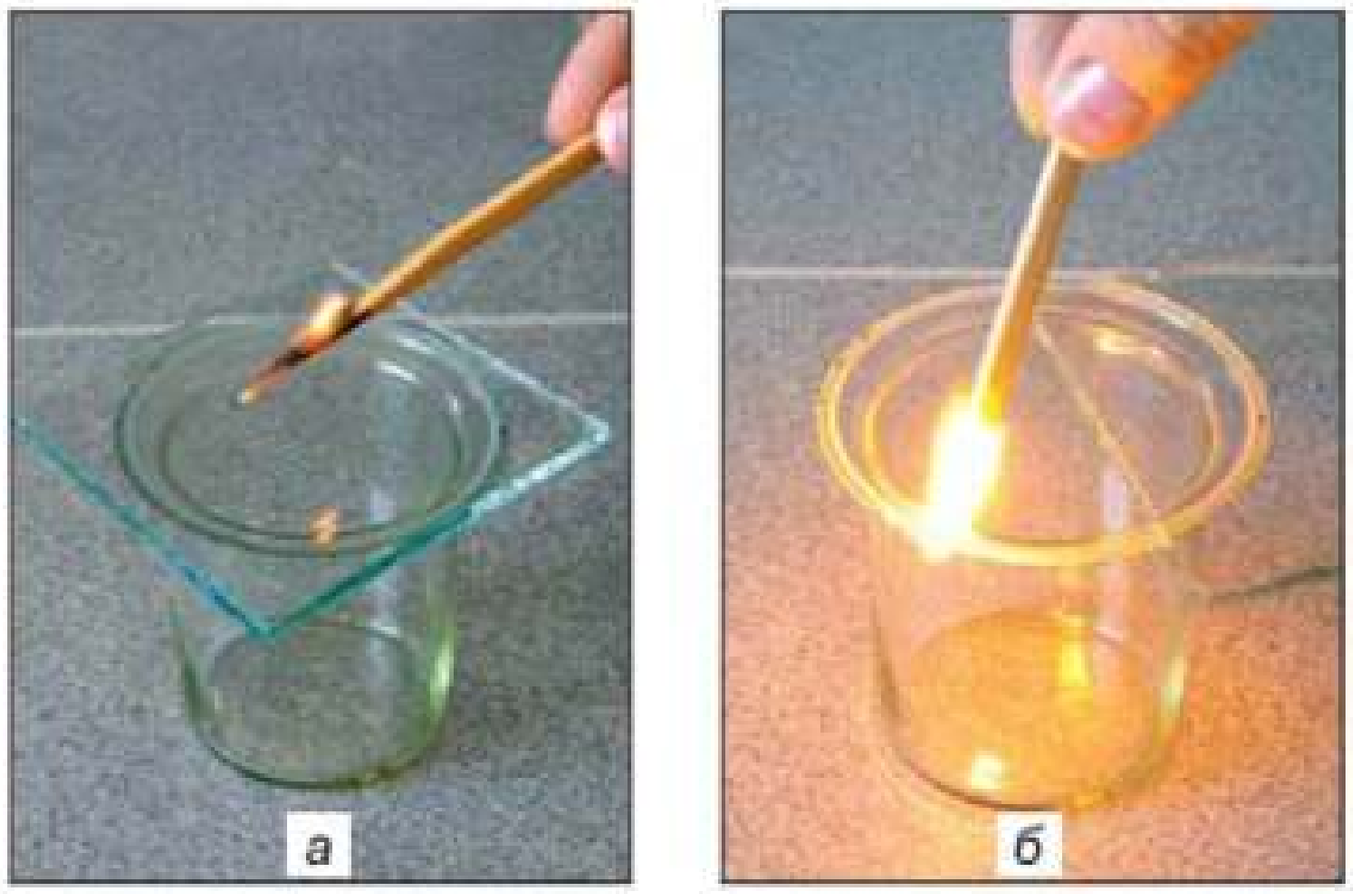
Інший спосіб збирання кисню полягає у витисненні ним повітря з посудини (мал. 18, *б*). Оскільки кисень трохи важчий за повітря, посудину розміщують дном донизу.

Виявлення кисню. Кисень можна виявити за допомогою скіпки, що тліє; вона яскраво спалахує в посудині з цим газом (мал. 19).

Висловте гіпотезу щодо того, чому скіпка, яка жевріє в повітрі, спалахує в кисні.



Мал. 18.
Збирання кисню:
а — витисненням води;
б — витисненням повітря



Мал. 19.
Виявлення кисню:
а — скіпка, що тліє в повітрі;
б — спалахування скіпки в кисні

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про способи одержання кисню*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Якими способами можна зібрати кисень під час його одержання в лабораторії? На яких фізичних властивостях кисню ґрунтується

кожний спосіб? У якому разі не можна візуально встановити момент, коли посудина цілком заповнена киснем?

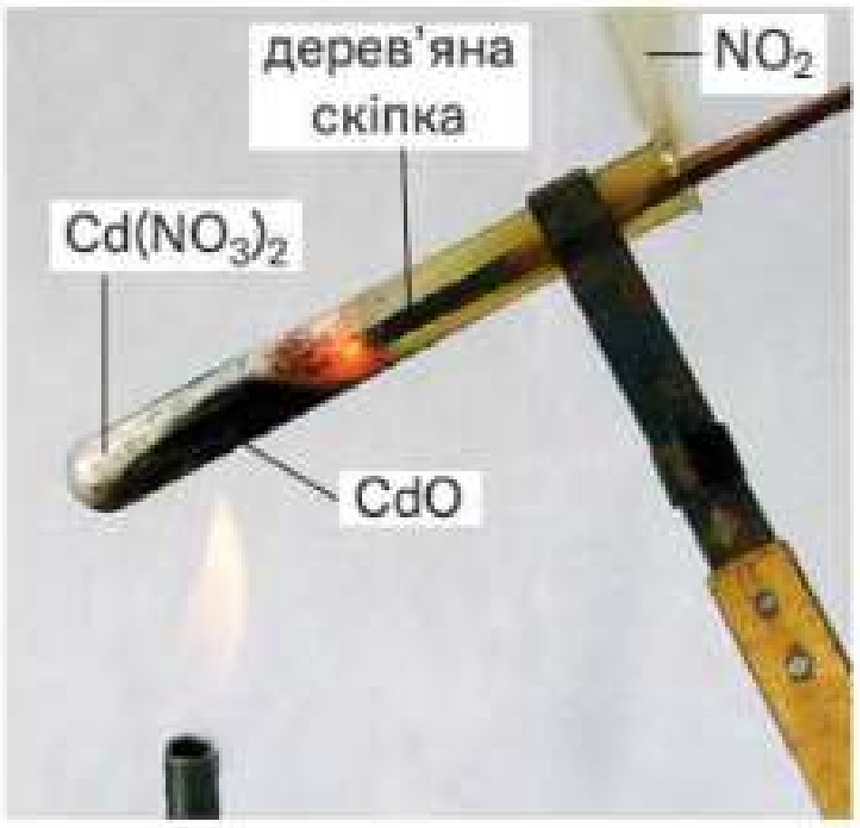
2. Яку речовину називають каталізатором?

Аналізуймо

3. Чому, на вашу думку, для одержання кисню в промисловості не використовують гідроген пероксид?

4. На малюнку 20 зафіксовано момент розкладу білої твердої речовини, формула якої — $Cd(NO_3)_2$. Уважно розгляньте малюнок та опишіть, що відбувається під час реакції. Чому спалахує скіпка, що тліє? Складіть відповідне хімічне рівняння.

5. Чи можна, з огляду на викладене в параграфі, класифікувати хімічні реакції на два типи — каталітичні та некаталітичні? Відповідь аргументуйте.



Мал. 20. Розкладання речовини під час нагрівання

Виконаймо вправу

6. Перетворіть на хімічні рівняння схеми реакцій, під час яких утворюється кисень:

а) $Ag_2O \xrightarrow{t} Ag + O_2\uparrow$; б) $Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t} Al_2O_3 + NO_2\uparrow + O_2\uparrow$;

$Mn_2O_7 \xrightarrow{t} MnO_2 + O_2\uparrow$; $Ag_2CO_3 \xrightarrow{t} Ag + CO_2\uparrow + O_2\uparrow$.

Розв'язуймо задачу

7.* Студентка одержала кисень, нагріваючи речовину $NaNO_3$. Схема цієї реакції:

$$NaNO_3 \xrightarrow{t} NaNO_2 + O_2\uparrow.$$

Чи цілком розклалася речовина, якщо масова частка Оксигену в отриманому твердому залишку становила 50 %? Відповідь дайте на підставі розрахунків. Візьміть до уваги те, що обидві сполуки Натрію — кристалічні речовини.

Створюймо проєкт

8. Підготуйте за матеріалами з інтернету повідомлення про наукові здобутки відкривачів кисню К.-В. Шеєле та Дж. Прістлі.

Формуймо словничок

9. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

10. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ОДЕРЖУЄМО КИСЕНЬ

Дотримуйтеся правил безпеки!

Для виконання експерименту вам потрібні водний розчин гідроген пероксиду, каталізатор — речовина MnO_2, а також прилад для одержання газу, склянка, промивалка з водою, шпатель, штатив для пробірок, пробірка для збирання газу, дерев'яна скіпка, спиртівка/сухе пальне, сірники.

Працюючи з вогнем, будьте обережними.

Передусім підготуйте в зошиті таблицю, у яку під час експерименту записуйте свої дії та спостереження, а після його завершення — висновки і рівняння реакції:

Дії	Спостереження	Висновки
…	…	…
Рівняння реакції:		

Складаємо прилад. Щоб зробити прилад для одержання газу (мал. 21), потрібні пробірка та гумовий корок з отвором, у який уставлена трубка (її називають газовідвідною). Щільно закрийте пробірку корком із газовідвідною трубкою, ніби вкручуючи корок. Не докладайте надмірних зусиль, щоб не тріснуло скло.

Перевіряємо прилад на герметичність. У невелику склянку налийте воду до половини її об'єму. Кінець газовідвідної трубки занурте у воду і зігрійте пробірку рукою (мал. 22). Якщо з'єднання пробірки, корка і трубки герметичні, то за кілька секунд із трубки почнуть виходити бульбашки повітря, оскільки об'єм будь-якого газу в разі підвищення температури збільшується. Якщо повітря з трубки не виділяється, роз'єднайте частини приладу, а потім знову з'єднайте



Мал. 21. Прилад для одержання газу



Мал. 22. Перевірка приладу на герметичність



Мал. 23. Одержання кисню

їх. Можна замінити пробірку або корок із газовідвідною трубкою на інші — більшого чи меншого розміру.

Одержуємо і збираємо кисень. Розберіть прилад. Налийте у пробірку (до 1/4—1/3 її об'єму) розчин гідроген пероксиду і додайте до нього трохи каталізатора — порошку речовини MnO_2. Що спостерігаєте?

Одразу закрийте пробірку корком із газовідвідною трубкою, поставте у штатив для пробірок[1], а кінець трубки опустіть до дна іншої пробірки (мал. 23).

Виявляємо кисень. Через кілька хвилин запаліть спиртівку чи сухе пальне, підпаліть від полум'я довгу дерев'яну скіпку і пригасіть її (як це ви робите із сірником), щоб вона ледве тліла. За допомогою скіпки доведіть, що зібраний газ — кисень.

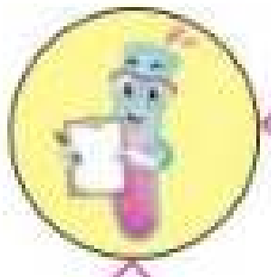
Після завершення експерименту погасіть скіпку і спиртівку (сухе пальне), розберіть прилад, вилийте вміст пробірки в спеціальну посудину і вимийте пробірку.

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

1. Що відбуватиметься із скіпкою, що тліє, якщо пробірка буде лише частково заповнена киснем?

[1] Або закріпіть пробірку в лабораторному штативі за допомогою лапки.

2. Як можна видалити зібраний кисень із пробірки?
3. Домішки яких речовин можуть бути в кисні, зібраному:
   а) витисненням повітря;
   б) витисненням води?



Експериментуємо після уроків

ДОСЛІДЖУЄМО ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА РОЗКЛАД ГІДРОГЕН ПЕРОКСИДУ

Для виконання експерименту вам знадобиться медичний препарат — водний розчин гідроген пероксиду з його масовою часткою 3 %.

У дві пробірки налийте по 2—3 мл розчину гідроген пероксиду. Чи помічаєте в розчині бульбашки кисню — продукту розкладу речовини H_2O_2?

Налийте в одну термостійку склянку ємністю 200 мл до половини її об'єму гарячу воду (~60—70 °С), а в другу — таку саму кількість киплячої води (~100 °С) і помістіть у кожну склянку пробірку з розчином гідроген пероксиду. Що спостерігаєте?

Доведіть, що газ, який утворюється, — кисень.

У якій пробірці гідроген пероксид розкладається інтенсивніше?

Зробіть висновок про те, як залежить швидкість розкладу гідроген пероксиду від температури.

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

Спробуйте пояснити вплив температури на реакцію розкладу гідроген пероксиду.

§ 7. Хімічні властивості кисню: реакції з простими речовинами

У кінострічках про події кінця XIX — початку XX ст. є кадри, на яких фотограф робить світлину. Він підпалює насипаний на спеціальну підставку якийсь порошок. Відбувається яскравий спалах — і все

навкруги затягує густий дим. Цей спалах — наслідок реакції кисню з порошком металу магнію. Таке потужне освітлення давало змогу отримувати в ті часи якісні фотографії.

Реакцію кисню з неметалом сіркою ми досить часто здійснюємо, запалюючи сірник. Назва цієї палички зумовлена тим, що її голівка містить сірку.

Кисень реагує з азотом за особливих умов. Взаємодія між невеликими кількостями цих газів відбувається лише тоді, коли в повітрі виникають блискавки.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як кисень взаємодіє з металами і неметалами?
- Які зовнішні ефекти реакцій кисню з простими речовинами?

Хімічні властивості кожної речовини виявляються в реакціях за її участю.

Кисень — один із найактивніших неметалів. Однак за стандартних умов він реагує з небагатьма речовинами. Його реакційна здатність, як і здатність інших речовин до хімічних перетворень, істотно зростає з підвищенням температури.

Реакції кисню з простими речовинами. Кисень взаємодіє (зазвичай у разі нагрівання) з більшістю неметалів і майже з усіма металами.

Реакція з вуглецем (вугіллям). Відомо, що вугілля, нагріте в повітрі до високої температури, загоряється. Це свідчить про перебіг хімічної реакції.

Основним продуктом згоряння вугілля є вуглекислий газ CO_2. Вугілля — суміш багатьох речовин. Масова частка Карбону в ньому перевищує 80 %. Припустивши, що вугілля складається лише з атомів Карбону, напишемо відповідне хімічне рівняння:

$$C + O_2 \xrightarrow{t} CO_2.$$

Вуглекислий газ, який утворюється, може містити домішку чадного газу — продукту двох інших реакцій:

$$2C + O_2 \xrightarrow{t} 2CO;$$

$$CO_2 + C \xrightarrow{t} 2CO.$$

Прості речовини Карбону графіт і алмаз (їхня загальна хімічна назва — вуглець) взаємодіють з киснем так само, як і вугілля.

Реакцію, під час якої з кількох речовин утворюється одна речовина, називають *реакцією сполучення*.

Реакція з воднем. Якщо газ водень, що надходить у повітря через тонку газовідвідну трубку, підпалити, то він горітиме ледь помітним полум'ям. Єдиним продуктом реакції є вода. Її можна виявити, якщо помістити над полум'ям скляну пластинку. На ній з'являтимуться краплинки води внаслідок конденсації пари.



Складіть рівняння реакції горіння водню.

Суміш водню з повітрям або киснем у разі підпалювання вибухає.

Реакція із сіркою. У лабораторії перебіг реакції кисню із сіркою демонструють, здійснюючи дослід у витяжній шафі. Невелику кількість сірки (мал. 24, *а*) нагрівають у залізній ложці. Речовина спочатку плавиться, а потім загоряється внаслідок взаємодії з киснем повітря і горить ледь помітним блакитним полум'ям (мал. 24, *б*). З'являється різкий запах продукту реакції — сірчистого газу (цей запах ми відчуваємо в момент загоряння сірника). Хімічна формула сірчистого газу — SO_2, а рівняння реакції —

$$S + O_2 \xrightarrow{t} SO_2.$$

Якщо ложку із сіркою, що горить, помістити в посудину з киснем, то полум'я стане значно яскравішим (мал. 24, *в*), ніж у повітрі.



Мал. 24.
Сірка (*а*), її горіння в повітрі (*б*) та в кисні (*в*)

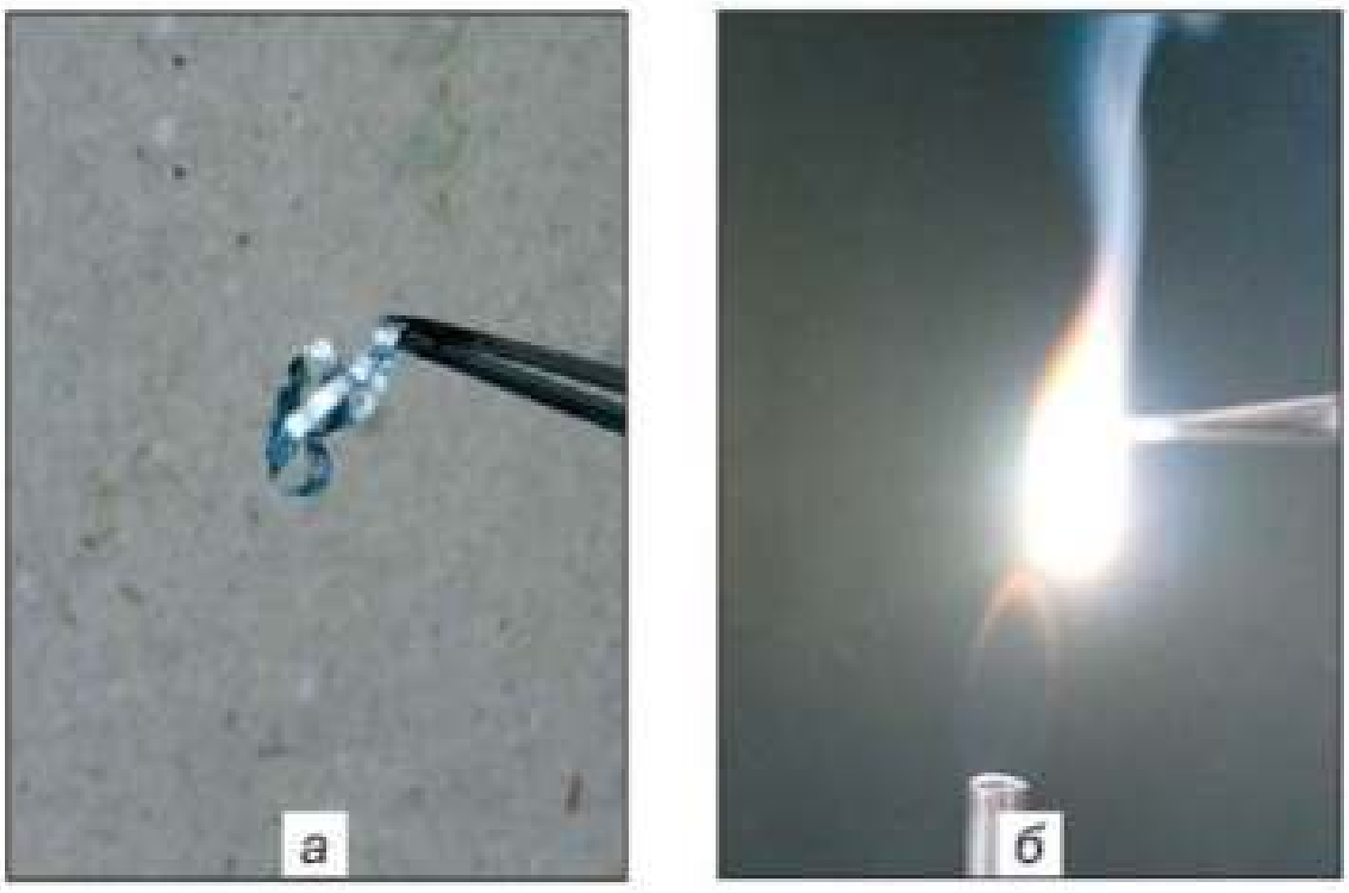


Яка причина того, що зовнішні ефекти горіння сірки в повітрі та кисні різні?

Реакція з магнієм. Відповідний дослід здійснюють так. Металевим пінцетом або тигельними щипцями беруть магнієву стрічку і підпа-

люють у повітрі. Магній горить сліпучо-білим полум'ям (мал. 25). Унаслідок реакції утворюється біла тверда речовина — сполука Магнію з Оксигеном MgO. Як горить магній, ви можете побачити за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-8.html).

video

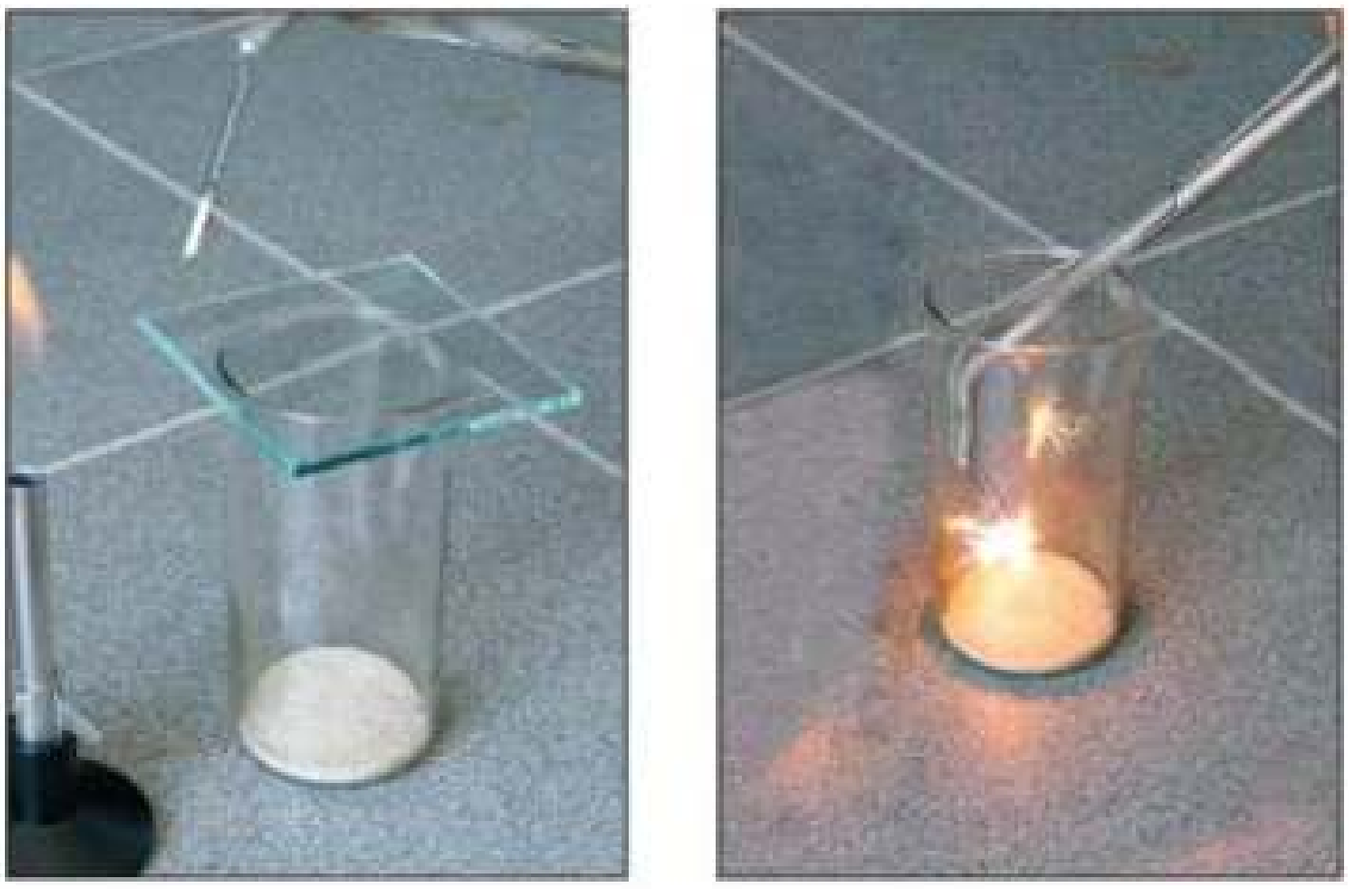


Мал. 25.
Магній (*а*) та його горіння в повітрі (*б*)



Складіть рівняння реакції магнію з киснем.

Реакція із залізом. Дуже нагріте залізо в чистому кисні горить. Дослід зі спалювання сталевої пружинки (або леза) є яскравим (мал. 26). На пружинці закріплюють сірник. Потім пружинку затискують у лабораторних щипцях, а сірник спрямовують голівкою донизу і підпалюють. Коли полум'я досягне пружинки, її відразу поміщають у склянку з киснем. Дно посудини заздалегідь засипають шаром піску, щоб на скло не потрапили краплі розплавленого металу. Пружинка згоряє в



Мал. 26.
Горіння сталевої пружинки в кисні

кисні, розкидаючи іскри у всі боки (це нагадує процес зварювання металу):

$$3Fe + 2O_2 \xrightarrow{t} Fe_3O_4.$$

Реакція з міддю. Якщо нагрівати в повітрі мідну дротинку або пластинку з очищеною до блиску поверхнею, то побачимо поступову зміну її темно-червоного («мідного») кольору на темно-сірий. Такий колір має плівка речовини, утвореної Купрумом і Оксигеном, що вкрила мідь. Формула цієї речовини — CuO.



Складіть рівняння реакції міді з киснем.



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, з якими металами і неметалами кисень не взаємодіє за жодних зовнішніх умов.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про реакції кисню з простими речовинами*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чим різняться реакції сполучення і розкладу?
2. Допишіть формули простих речовин у схемах реакцій і складіть хімічні рівняння:
   а) ... + ... → NO;
   б) ... + ... → CaO;
   в) ... + ... → Li_2O.

Розв'язуймо задачу

3. Обчисліть масові частки Оксигену в речовинах SO_2, MgO і CuO. (Усно.)
4. Обчисліть відношення мас хімічних елементів у речовинах CaO і SO_3. (Усно.)

У команді

5.* Дві колби заповнили киснем. В одній колбі спалили магній, узятий у надлишку, а в другій — надлишок сірки. Під час горіння речовин колби були герметично закриті. Після закінчення дослідів і охолодження обох колб до однакової температури виявили, що в одній із них тиск зменшився. У якій саме? Відповідь аргументуйте.

Формуймо словничок

6. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

7. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 8. Хімічні властивості кисню: реакції зі складними речовинами. Оксиди

Якщо у вас є газова плита на кухні, ви маєте змогу щодня спостерігати за реакцією кисню зі складною речовиною — метаном (із нього майже цілком складається природний газ). У разі використання балонів зі скрапленим газом полум'я виникає внаслідок взаємодії з киснем інших складних речовин — пропану й бутану.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як кисень взаємодіє зі складними речовинами?
- Які сполуки називають оксидами?

Реакції кисню зі складними речовинами. У повітрі в разі підпалювання загоряються не лише метан, пропан, бутан, а й рідкі (мал. 27) та тверді складні речовини, їх суміші (наприклад, віск, парафін).

Молекула метану CH_4 містить атоми Карбону і Гідрогену, а молекула етилового спирту C_2H_5OH — ще й атом Оксигену. Унаслідок взаємодії цих речовин із киснем утворюються вуглекислий газ і вода (в газуватому стані):



Мал. 27. Горіння етилового спирту

$$CH_4 + 2O_2 \overset{t}{=} CO_2 + 2H_2O;$$

$$C_2H_5OH + 3O_2 \overset{t}{=} 2CO_2 + 3H_2O.$$

Такі самі продукти реакцій горіння деревини, нафтопродуктів, багатьох органічних речовин.

Гідроген сульфід, або сірководень, — газ, що має формулу H_2S. У кисні чи надлишку повітря він горить з утворенням сірчистого газу і водяної пари:

$$H_2S + O_2 \xrightarrow{t} SO_2 + H_2O.$$



Перетворіть схему реакції на хімічне рівняння.

Кисень взаємодіє з деякими сполуками елементів з Оксигеном. Наприклад, чадний газ, згоряючи в повітрі, перетворюється на вуглекислий газ:

$$2CO + O_2 \overset{t}{=} 2CO_2.$$

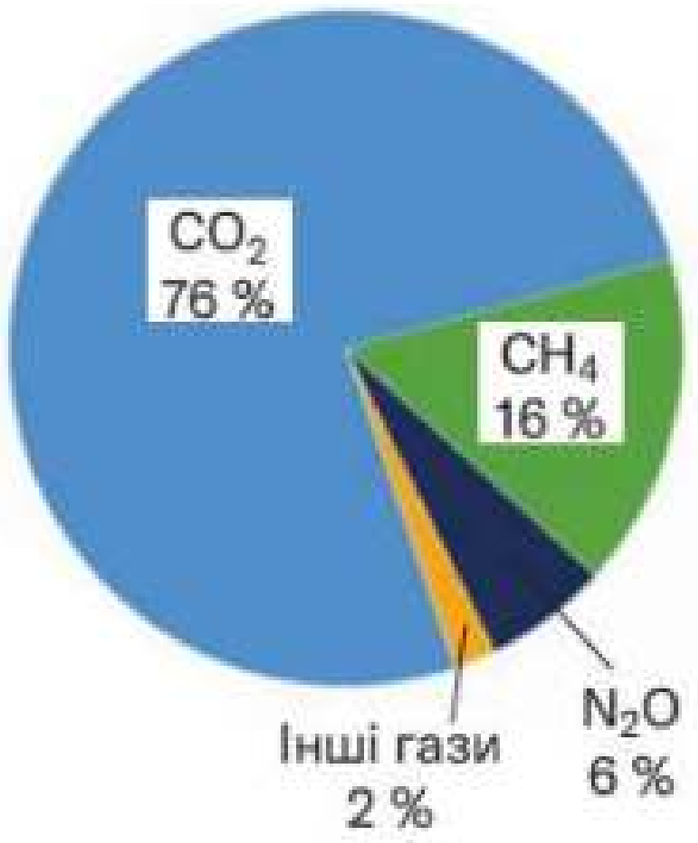
Продукти таких реакцій — сполуки, у яких вміст Оксигену більший, ніж у реагентах.



Вода не реагує з киснем, хоча є речовина з більшою кількістю атомів Оксигену в молекулі — гідроген пероксид H_2O_2.

Процеси горіння і стан атмосфери. Унаслідок згоряння різних видів палива і пального, випалювання металічних руд у повітря потрапляють, крім пари, вуглекислий, чадний і сірчистий гази. Вуглекислий газ посилює парниковий ефект на планеті (зумовлює загальне підвищення температури), а чадний і сірчистий гази є шкідливими для живих організмів. Тому нині відбувається поступовий перехід від традиційних джерел енергії до альтернативних — сонячної та атомної енергії, енергії вітру і води. Зростає частка нових транспортних засобів, які працюють на електричних двигунах замість бензинових або дизельних.

Кіотський протокол, прийнятий у 1997 р., зобов'язує розвинуті країни та країни з перехідною економікою скоротити або стабілізувати викиди парникових газів (мал. 28). Країни, які ратифікували цей протокол, розробили систему обмеження промислових викидів



Мал. 28.
Внесок газів, указаних у Кіотському протоколі, в парниковий ефект

за допомогою квот. Якщо рівень викидів парникових газів у країні перевищує зафіксований за 1990 р., то вона зобов'язана купити відповідний обсяг квот у тих країн, які свої квоти не використали повністю.



За матеріалами з інтернету з'ясуйте джерела надходження метану в атмосферу.



За діаграмою (мал. 28) визначте, у скільки разів внесок вуглекислого газу в парниковий ефект більший, ніж метану.

Україна ратифікувала Кіотський протокол у 2004 р. і приєдналася до Паризької кліматичної угоди в 2015 р. Як держава, що скоротила викиди парникових газів через низьке завантаження промисловості, Україна отримала можливість реалізовувати невикористані нею квоти. Від продажу надлишків квот до державного бюджету надходять значні кошти. Україна спрямовує їх на заходи зі скорочення газових викидів.



Складіть схему «Основні джерела забруднення повітря техногенними газами».

Оксиди. Продукти реакцій, розглянутих у цьому та попередньому параграфах, мають подібний якісний склад.

Сполуку, утворену двома хімічними елементами, одним з яких є Оксиген, називають *оксидом*.

Склад майже всіх оксидів відповідає загальній формулі $\boldsymbol{Е_mO_n}$, у якій індекс m може набувати значення 1 або 2.

Кожний оксид, крім хімічної формули, має назву. У таблиці 1 наведено формули і традиційні, або тривіальні[1], назви кількох оксидів. Із хімічними назвами цих речовин ви ознайомитеся згодом.

Таблиця 1

Формули і назви оксидів

Формула	Традиційна (тривіальна) назва
CO_2	Вуглекислий газ
CO	Чадний газ
CaO	Негашене вапно

[1] Слово походить від латинського trivialis — звичайний.

Закінчення таблиці 1

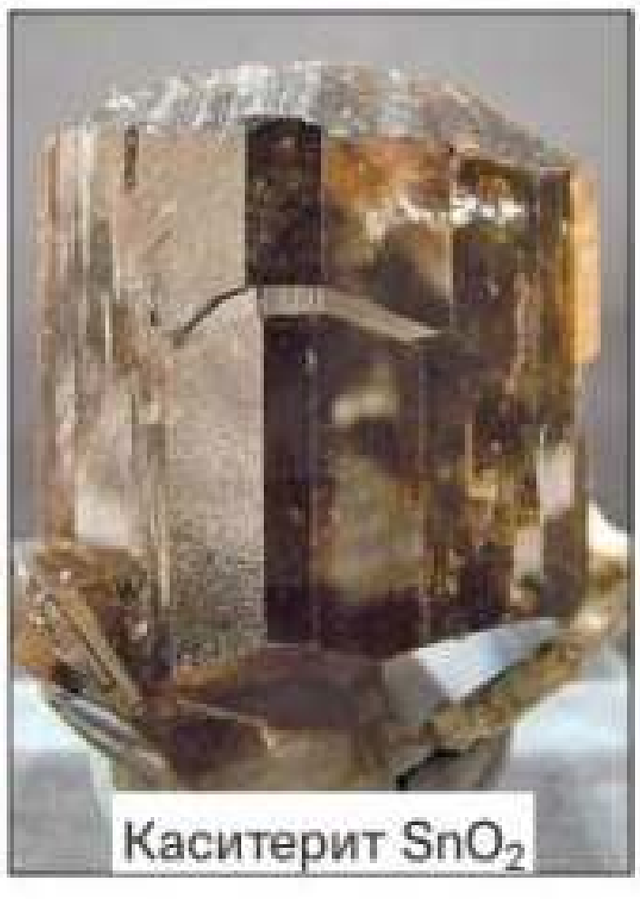
SO_2	Сірчистий газ
Fe_3O_4	Залізна окалина



У якому оксиді (таблиця 1) відношення мас хімічних елементів становить: а) 1 : 1; б) 3 : 4; в) 5 : 4?

Поширеність оксидів у природі. Оксиди містяться в атмосфері, гідросфері, літосфері. У повітрі є невелика кількість водяної пари та вуглекислого газу. Гідросфера складається з води й розчинених у ній речовин (їхня сумарна масова частка зазвичай не перевищує кількох відсотків). Багато оксидів є і в літосфері (мал. 29). Із певних сполук цього типу (наприклад, речовин Fe_2O_3, Fe_3O_4) за допомогою хімічних реакцій одержують метали. Такі природні оксиди називають металічними рудами.







Мал. 29.
Мінерали, що є оксидами



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, який оксид найпоширеніший у літосфері. Які формула і назва цієї речовини?

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про реакції кисню зі складними речовинами і про оксиди*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Укажіть серед наведених формул ті, що відповідають оксидам: O_2, $NaOH$, H_2O, HCl, I_2O_5, BaO.
2. Один зі способів зварювання металів ґрунтується на використанні ацетиленового пальника. Складіть рівняння реакції горіння ацетилену C_2H_2 в повітрі.

Поміркуймо

3. Які умови потрібно створити, щоб, спалюючи паливо, запобігти утворенню чадного газу?

Виконаймо вправу

4. Допишіть формулу простої речовини в кожній схемі реакції і складіть хімічні рівняння:

   а) $NO + \ldots \rightarrow NO_2$;

   б) $CS_2 + \ldots \xrightarrow{t} CO_2 + SO_2$.

   Порівняйте умови перебігу обох реакцій.
5. Перетворіть схеми реакцій на хімічні рівняння:

   а) $FeO + O_2 \xrightarrow{t} Fe_2O_3$; б) $Mn_2O_3 + O_2 \xrightarrow{t} MnO_2$;

   $SiH_4 + O_2 \xrightarrow{t} SiO_2 + H_2O$; $NH_3 + O_2 \xrightarrow{t} N_2 + H_2O$.

6. Складіть рівняння реакцій горіння в повітрі ацетону $(CH_3)_2CO$ й етеру $(C_2H_5)_2O$. Візьміть до уваги, що продуктами кожної реакції є два оксиди.

Розв'язуймо задачу

7.* Установіть формули двох оксидів, якщо відносна молекулярна маса кожної речовини становить 30.

У команді

8. Використавши матеріал з інтернету, з'ясуйте, що відбувається в процесі компостування рослинних залишків і які переваги цього процесу в екологічному аспекті порівняно зі спалюванням таких залишків.

Створюймо проєкт

9. Скориставшись інтернетом, підготуйте повідомлення про те, які металічні (оксидні) руди є в Україні та в яких регіонах.
10. За інформацією з інтернету підготуйте проєкт «Війна і забруднення повітря».

Формуймо словничок

11. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 9. Процеси горіння та окиснення

Вогонь був надважливим засобом існування первісної людини — обігрівав житло, допомагав готувати їжу, відлякував хижих звірів. Людина поклонялася вогню, «позичала» його у природи під час пожеж і надійно зберігала в оселі. З часом вона навчилася сама «виробляти» вогонь — тертям дерев'яних паличок, викрешуванням твердими камінцями.

У наш час без використання процесів, що супроводжуються горінням, не можуть функціонувати енергетика, промисловість, транспорт, інші сфери. На жаль, вогонь завдає також і нещастя. Пожежі, збройні конфлікти призводять до великих втрат природних багатств, створених людиною цінностей, забирають життя.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які хімічні перетворення називають горінням; окисненням?
- За яких умов загоряється паливна речовина?
- Як гасять пожежі?

Горіння. Більшість реакцій, розглянутих у двох попередніх параграфах, супроводжується однаковим зовнішнім ефектом.

Хімічну реакцію, унаслідок якої виділяється теплота і з'являється полум'я, називають *горінням*.

Яскраве полум'я зумовлене світінням розжарених часточок речовин, які згоряють або утворюються під час реакції.



Кисень підтримує горіння речовин, але сам не горить.

Для того щоб паливна речовина загорілася, необхідні такі умови:

- наявність кисню (повітря) і його контакт з речовиною;
- нагрівання речовини до температури займання (для бензину вона становить приблизно 220 °С, сухої деревини 250—300 °С, вугілля — понад 600 °С).

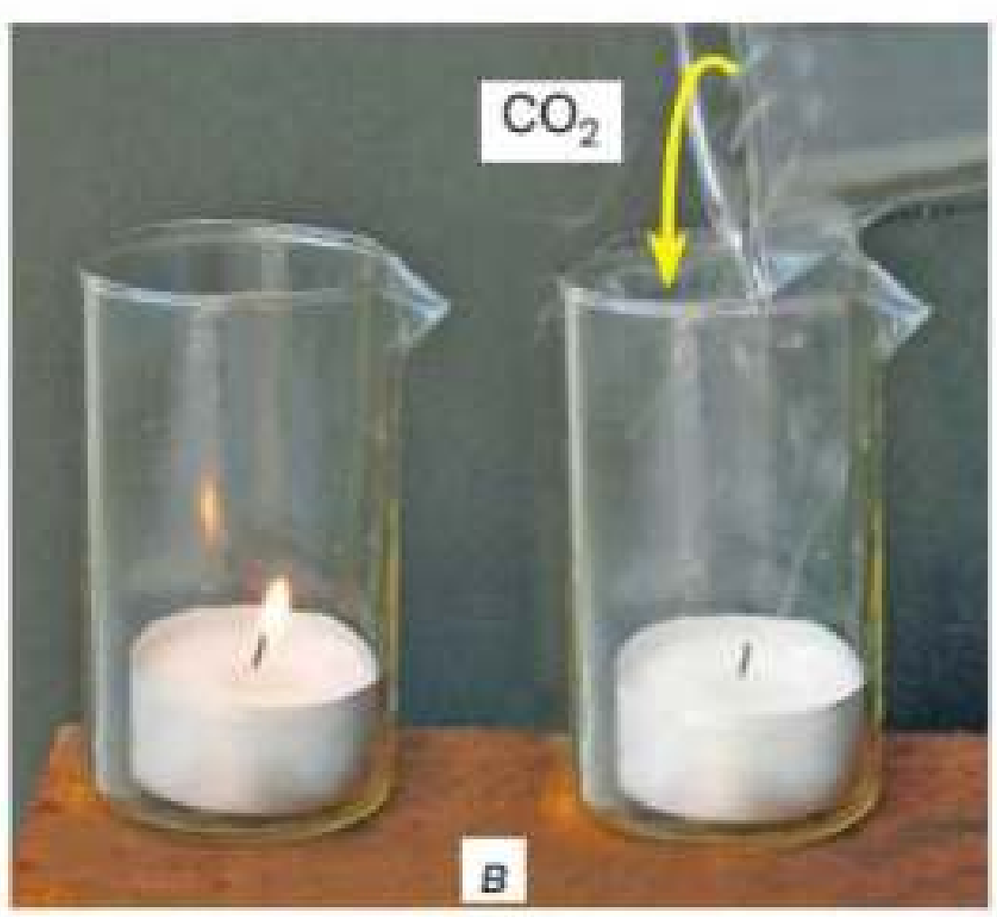
Якщо відсутня хоча б одна з умов, то горіння не відбувається. Це беруть до уваги, працюючи з вогненебезпечними речовинами, а також коли гасять пожежі.



Якщо бензин підпалити, то він горітиме, поки весь не згорить. Поясніть, чому речовину не треба постійно підпалювати.

Речовини або предмети, що горять, можна загасити водою, піском, ґрунтом, накрити ковдрою чи спрямувати на них струмінь вуглекислого газу (він важчий за повітря і не підтримує горіння) (мал. 30).





Мал. 30.
Гасіння полум'я:
а — водою;
б — піском;
в — вуглекислим газом

У разі пожеж у будівлях, лабораторіях, транспортних засобах використовують вогнегасники (мал. 31).





Мал. 31. Вогнегасник і його використання

Чому для гасіння пожеж найчастіше використовують воду?

Зауважимо, що водою не можна гасити бензин, гас, нафту. Ці рідини не розчиняються у воді й, оскільки мають меншу густину, ніж вода, спливають, залишаючись у контакті з повітрям.

За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які інші речовини не гасять водою і чому.

Горінням можуть супроводжуватися не лише реакції за участю кисню. Деякі речовини горять у газах хлорі та фторі.

Окиснення. Речовина, взаємодіючи з киснем, зазнає *окиснення*[1], тобто змінюється за участю кисню. Процеси окиснення можуть відбуватися швидко, але без появи полум'я. Серед них — взаємодія кисню з алюмінієм за стандартних умов. Її наслідком є утворення на поверхні металу дуже тонкої безбарвної плівки оксиду Al_2O_3.

Складіть відповідне хімічне рівняння.

Перебіг багатьох реакцій за участю кисню є досить тривалим. Ці хімічні перетворення називають *повільним окисненням*. Приклад такої реакції — взаємодія міді з киснем під час її нагрівання в повітрі (§ 7).

Повільним окисненням зумовлене іржавіння заліза, скисання молока, фруктових і ягідних соків, згіркнення вершкового масла, псування багатьох інших харчових продуктів. За участю кисню, який потрапляє в організми тварин і людини під час дихання, відбувається окиснення різних речовин.

---

[1] Окисненням називають також процес втрати електронів реагентом (с. 216).



Як можна запобігти псуванню харчових продуктів, спричиненому дією кисню?

Чимало паливних речовин не здатні до повільного окиснення. Наприклад, спирт, ацетон, бензин, контактуючи з повітрям, не зазнають жодних змін.



Чи є будь-яке горіння окисненням і навпаки?

Пожежна безпека. Людина має постійно дбати про власну безпеку і безпеку близьких, а також робити все можливе для збереження довкілля. Завершуючи свій відпочинок у лісі або біля річки, потрібно загасити тліюче вогнище, щоб запобігти пожежі.

У шкільному хімічному кабінеті/лабораторії ви маєте дотримуватися правил безпечного поводження з вогнем. Використовуючи спиртівку або сухе пальне, будьте уважними та обережними. Займисті речі розміщуйте подалі від вогню, а якщо у вас довге волосся — зберіть його.

Ви вже знаєте, де в хімічному кабінеті/лабораторії є протипожежні засоби — вогнегасник, ковдра і пісок[1]; воду в разі пожежі беруть з водогону.



Відшукайте в інтернеті відео або інструкцію, як користуватися вогнегасником.

Об'єктом небезпеки вдома є газова плита. Кран подачі газу до плити має бути перекритим, якщо ви нею не користуєтеся. Газову плиту, яка працює, не можна залишати без нагляду. Якщо в оселі є піч або камін, то під час горіння палива потрібно забезпечити достатній доступ повітря. За його нестачі утворюється токсичний чадний газ CO.

> Чадний газ безбарвний, не має ні запаху, ні смаку, тому людина його не відчуває. Потрапляючи в організм, ця речовина сполучається з гемоглобіном крові, і кисень не надходить до мозку, серця, інших органів та тканин. Отруєння чадним газом настає досить швидко. У разі цієї небезпеки потрібно перекрити доступ газу з магістралі до плити чи генератора, відкрити заслінку в печі або каміні, відчинити вікна для доступу свіжого повітря до потерпілих і викликати швидку.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про реакції горіння та окиснення, способи гасіння пожеж.*

[1] У ящику чи відрі.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Яке явище називають горінням? Назвіть умови, необхідні для перебігу цього процесу.
2. Як можна загасити полум'я?
3. Який із термінів — «горіння» чи «окиснення» — є більш загальним? Відповідь обґрунтуйте.

Виконаймо вправу

4. Основу сухого пального становить речовина, формула якої — $(CH_2)_6N_4$, а назва — уротропін. Складіть рівняння реакції горіння цієї речовини, якщо утворюються два оксиди і проста речовина, які є в повітрі.
5.* Бензин — це суміш сполук Карбону з Гідрогеном. В інтернеті можна відшукати загальну схему реакції горіння бензину:

$$C_nH_m + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O.$$

Перетворіть цю схему на хімічне рівняння, використавши в коефіцієнтах літери n і m.

Поміркуймо

6. Чи можна стверджувати, що в лампочці розжарювання відбувається горіння металевої (вольфрамової) спіралі? Чому?

Відшукаймо

7. За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які речовини називають антипіренами і для чого їх використовують. Занотуйте назви кількох таких речовин.

Створюймо проєкт

8. Зберіть інформацію про типи вогнегасників, їх роботу, сфери використання і зробіть презентацію для свого класу.

У команді

9. Обговоріть, які якості потрібно мати чоловікові/жінці, професія яких пов'язана з рятуванням людей від вогню.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ДОСЛІДЖУЄМО ГОРІННЯ СВІЧКИ
(експеримент для групи)

Дотримуйтеся правил безпеки!

Звичайні свічки виготовляють з парафіну — суміші речовин із загальною формулою C_nH_m. Кожна речовина згоряє, як і метан, з утворенням вуглекислого газу і води. Переконайтеся в цьому, виконавши дослід.

Вам знадобляться, крім свічки, дві склянки ємністю 200—250 мл і прозорий розчин гашеного вапна (назва цього розчину — вапняна вода).

Запаліть свічку. Візьміть одну склянку, переверніть догори дном і тримайте її на відстані 1—2 см від кінця полум'я[1]. За кілька хвилин на внутрішніх стінках склянки почнуть з'являтися краплинки води.

Унаслідок яких хімічного і фізичного явищ утворюється вода?

Другу склянку змочіть усередині вапняною водою і тримайте її догори дном над свічкою, щоб полум'я входило у склянку на 2—3 см. Краплі рідини на стінках склянки поступово стають каламутними внаслідок утворення нерозчинних дрібних часточок крейди. Це — продукт реакції вапна з вуглекислим газом (другим продуктом горіння парафіну).

Запишіть у зошиті свої спостереження і висновок.

Відео цього досліду ви можете переглянути за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-10.html).

video

[1] Можна закріпити склянку в лабораторному штативі за допомогою лапки.

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

Поясніть, чому внаслідок горіння парафіну замість води не утворюється водень.



Експериментуємо вдома

ГАСИМО ПОЛУМ'Я

На дно склянки насипте чайну ложку харчової соди і додайте 2—3 столові ложки оцту. Одразу починається реакція з бурхливим виділенням вуглекислого газу. Будучи важчим за повітря, цей газ поступово витиснює його зі склянки.

Після того як реакція закінчиться (через 2—3 хв), запаліть закріплений на дротині сірник і повільно опускайте у склянку. Що спостерігаєте?

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

У трьох закритих посудинах без етикеток містяться повітря, кисень і вуглекислий газ. Як би ви визначили вміст кожної посудини?

§ 10. Озон

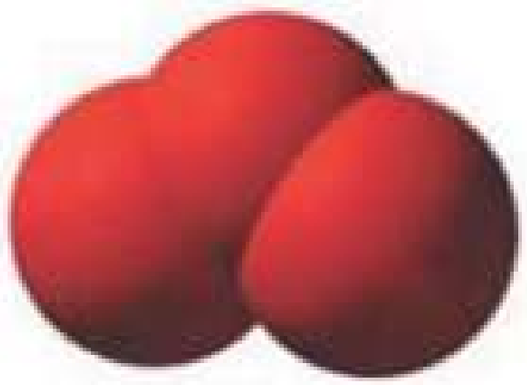
Чи помічали ви, як легко дихати після грози? Людина відчуває «запах свіжості», зумовлений появою в повітрі газу, мізерна кількість якого утворилася з кисню внаслідок дії блискавок. Це — озон[1], друга проста речовина Оксигену.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Який склад молекули озону?
- Які властивості озону?
- Як можна перетворити кисень на озон?

[1] У перекладі з грецької — той, що має запах.

Озон. За стандартних умов озон O_3 — блакитний газ із різким запахом, отруйний навіть у малій концентрації. Він є нестійкою речовиною. Молекула озону (мал. 32) легко розпадається на молекулу кисню і атом Оксигену. Цей атом взаємодіє з іншою молекулою озону з утворенням двох молекул кисню.



Мал. 32. Модель молекули озону



Змоделюйте в зошиті або на власній електронній сторінці ці перетворення за допомогою моделей частинок і складіть відповідні хімічні рівняння.

Озон за хімічними властивостями подібний до кисню, але значно активніший від нього. Серед продуктів більшості реакцій озону з простими і складними речовинами є кисень:

$$NO + O_3 = NO_2 + O_2.$$



Висловте гіпотезу стосовно того, що відбувається з молекулами озону в цих реакціях.

Озон можна виявити за допомогою безбарвного водного розчину речовини, формула якої — KI. Одним із продуктів реакції між цими речовинами є йод, який, розчиняючись, надає рідині бурого забарвлення. Якщо використати розчин суміші KI і крохмалю, то йод взаємодіятиме з крохмалем з утворенням речовини темно-синього кольору. Для виявлення озону користуються фільтрувальним папером, просоченим розчином цієї суміші.

Одержання озону. Озон одержують, пропускаючи кисень через трубку з металевими електродами. За допомогою змінного електричного струму в трубці створюють тихий електричний розряд. Назва відповідного приладу — озонатор. Із нього виходить суміш кисню та озону, об'ємна частка якого в суміші газів може становити до 10 %[1].

Перетворення кисню на озон відбувається у дві стадії. Перша стадія — розклад молекул кисню на атоми, а друга — сполучення атомів Оксигену з іншими молекулами кисню.



Складіть хімічні рівняння обох стадій і сумарне рівняння реакції утворення озону з кисню.

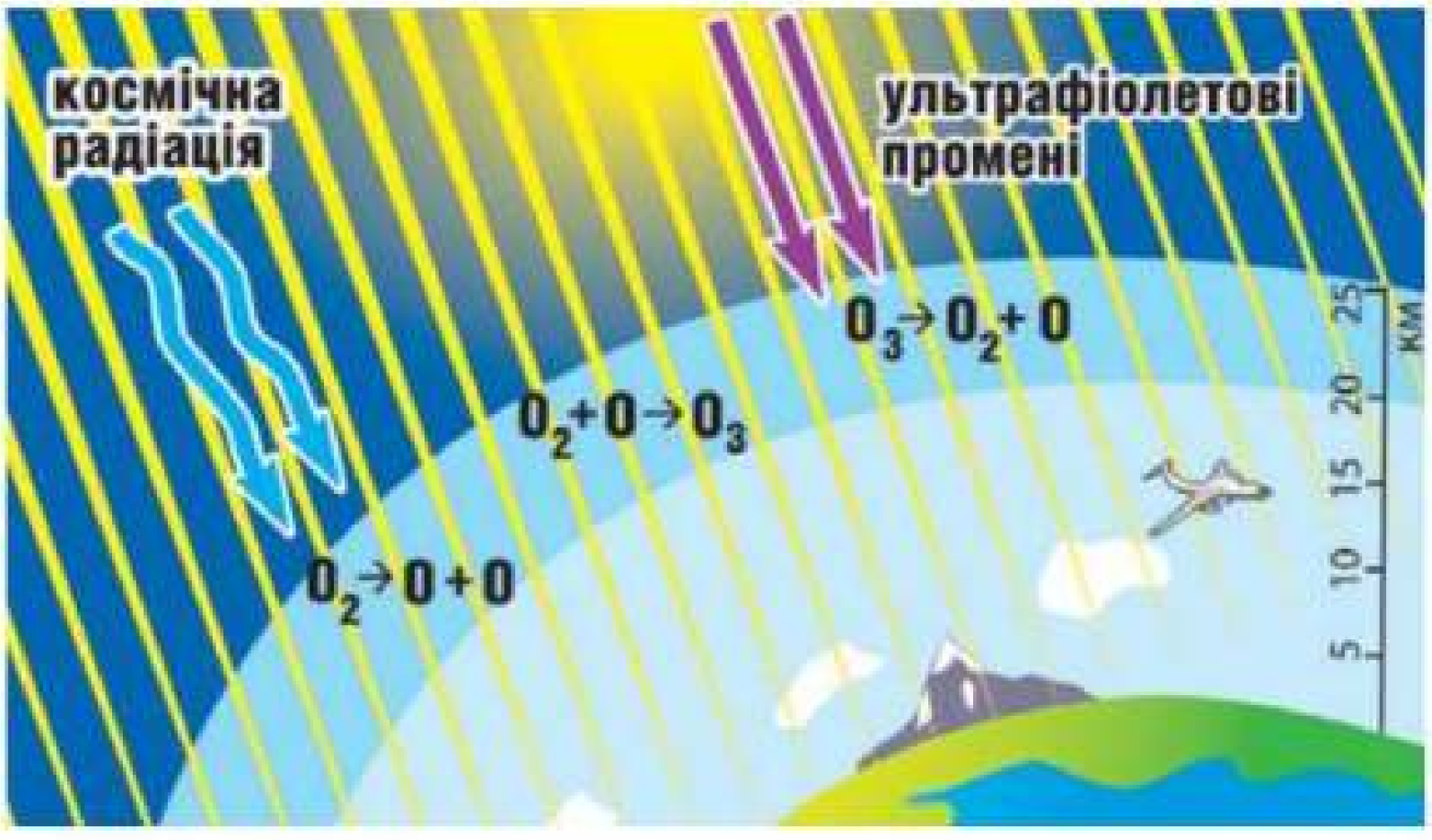
Озону в природі надзвичайно мало. Майже весь він міститься в шарі атмосфери, нижня межа якого на висоті приблизно 20 км, а верхня —

[1] Одержану суміш газів називають озонованим киснем.

25 км. Це так званий озоновий шар. Уміст озону в ньому за об'ємом не перевищує 0,0003 %. Якби можна було зібрати весь озон атмосфери біля земної поверхні, то його шар був би завтовшки лише 2—3 мм.

У повітрі озон утворюється з кисню внаслідок дії космічної радіації або електричних розрядів (коли виникають блискавки).

Значення озону для живих організмів. Озон досить швидко перетворюється на кисень, поглинаючи при цьому частину ультрафіолетових променів сонячного світла (мал. 33), які є шкідливими для живих організмів. Отже, розкладаючись, озон захищає людей, тварин, рослини.



Мал. 33. Озоновий шар

У природі процеси утворення і розкладу озону компенсують один одного. Проте останнім часом дослідники/дослідниці виявляють періодичне руйнування озонового шару, фіксують появу в атмосфері озонових «дір». Однією з причин цього явища є хімічні реакції між озоном і речовинами промислового походження. Нині у світі здійснюють різноманітні заходи, спрямовані на збереження озонового шару.



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які речовини руйнують озоновий шар.

Світова спільнота ухвалила в 1986 р. Віденську конвенцію про захист озонового шару, а згодом ратифікувала відповідний Монреальський протокол. Україна приєдналася до цих екологічних угод і дотримується взятих зобов'язань щодо обсягів торгівлі озоноруйнівними речовинами, їх виробництва і використання.

Озон має бактерицидні властивості. Він утворюється в малій кількості внаслідок опромінення повітря ультрафіолетовими променями. Це використовують для дезінфекції приміщень у медичних закладах, стерилізації харчових продуктів. Останнім часом промисловість випускає побутові озонатори (мал. 34). Використовуючи озонатор, потрібно

пам'ятати, що озон у підвищеній концентрації в повітрі може завдати шкоду організму.



За матеріалами з інтернету довідайтеся про озонування води — сучасний спосіб її знезараження перед спрямуванням у водогін. З'ясуйте, які переваги має цей спосіб порівняно з хлоруванням води.



Мал. 34.
Побутовий озонатор

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про просту речовину Оксигену — озон*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. У лабораторії з кисню одержали суміш кисню з озоном. Маса суміші обох газів виявилася:
   а) більшою за масу використаного кисню;
   б) меншою за масу використаного кисню;
   в) такою самою, що й маса використаного кисню.

   Укажіть правильну відповідь.
2. У скільки разів молекула озону важча за молекулу кисню?

Поміркуймо

3. Чому, на вашу думку, озон є шкідливим газом, хоча його молекули, як і молекули кисню, складаються з атомів Оксигену?
4. Скориставшись інтернетом, продовжте речення: *Використання побутового озонатора дає змогу...* .

Розв'язуймо задачу

5.* Обчисліть масову частку озону в його суміші з киснем, якщо молекул озону в ній уп'ятеро менше, ніж молекул кисню.

Створюймо проєкт

6. Скориставшись інтернетом, підготуйте повідомлення на тему: «Відкриття і перші дослідження озону».

Формуймо словничок

7. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

8. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 11. Колообіги кисню та Оксигену в природі. Біологічна роль і застосування кисню

Планета Земля — маленька «піщинка» в безкрайньому космічному просторі. Вона зберігає всі хімічні елементи, з яких складається її мінлива жива і мінеральна природа. Багато речовин зазнають фізичних і хімічних змін. Частина цих змін має циклічний характер; вони відбуваються «по колу».

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яка суть колообігів кисню та Оксигену в природі?
- У чому полягає біологічна роль кисню?
- Які сфери застосування кисню?

Повітря. Кисень є компонентом повітря — природної суміші газів. Він займає приблизно 1/5 частину його об'єму. Склад сухого повітря[1] поблизу земної поверхні наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Склад повітря

Газ		Частка в повітрі, %	
назва	**формула**	**об'ємна***	**масова**
Азот	N_2	78,08	75,51
Кисень	O_2	20,95	23,14
Аргон	Ar	0,93	1,28
Вуглекислий газ	CO_2	0,042	0,064
Інші гази		менша за 0,002	менша за 0,002

* Об'ємна частка речовини в суміші є відношенням об'єму речовини до об'єму суміші. Об'ємну частку позначають грецькою літерою φ (фі).

[1] Водяна пара зумовлює вологість повітря. Її об'ємна частка в атмосфері може становити до 3—4 %.

Намалюйте або за допомогою комп'ютера створіть діаграму складу повітря, використавши значення об'ємних часток газів (табл. 2).

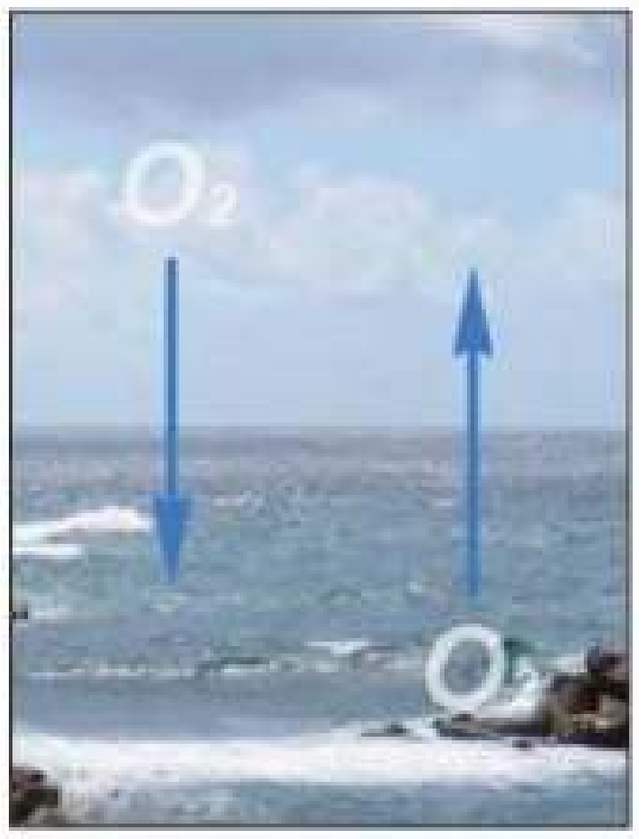
За діаграмою складу повітря (за об'ємом[1]), яке видихає людина, обчисліть відношення в ньому об'ємів кисню і вуглекислого газу.



Обчисліть також відношення об'ємів цих газів у повітрі, яке ми вдихаємо (табл. 2), і порівняйте обидва відношення.

Що трапиться, якщо об'ємна частка кисню в повітрі зменшиться; збільшиться?

Колообіг кисню. Ви знаєте, що кисень міститься не лише в атмосфері, а й у гідросфері (розчинений у воді). Між обома «сферами» нашої планети триває безперервний обмін киснем: незначна його кількість розчиняється в річках, морях, океанах і стільки ж виділяється з води в повітря (мал. 35).



Мал. 35. Колообіг кисню в природі

Сукупність процесів у природі, унаслідок яких речовина постійно переходить з одного середовища в інше, називають *колообігом речовини*.

У природі відбувається колообіг води. Назвіть його складники.

Колообіг Оксигену. Кожної миті на Землі трапляється безліч фізичних і хімічних явищ. Серед них є такі, що періодично повторюються. Частина змін, які відбуваються з речовинами на планеті, зумовлена хімічними реакціями.

Сукупність процесів у природі, під час яких атоми хімічного елемента внаслідок хімічних реакцій «переходять» від одних речовин до інших, називають *колообігом елемента*.

[1] Без урахування аргону і водяної пари.

Якщо основною речовиною в колообігу Оксигену обрати кисень, то можна виокремити такі ланки цього глобального процесу (схема 2):

- утворення кисню (фотосинтез, розклад води у верхніх шарах атмосфери);
- витрачання кисню (дихання, хімічні реакції з речовинами в природі, технологічних процесах, під час пожеж, згоряння палива і пального);
- взаємоперетворення «кисень — озон»;
- взаємоперетворення оксигеновмісних речовин.

Схема 2

Колообіг Оксигену



Важливим процесом, унаслідок якого утворюється кисень, є фотосинтез. Він відбувається в зеленому листі рослин на сонячному світлі за участю вуглекислого газу, який міститься в повітрі, води і деяких речовин із ґрунту. Зелений пігмент рослин хлорофіл поглинає енергію світлових променів і передає її речовинам, які взаємодіють між собою. Продуктами фотосинтезу є органічні речовини, які накопичуються в рослинах, і кисень, що надходить в атмосферу (мал. 36). Спрощена схема цього процесу:

$$CO_2 + H_2O \xrightarrow{h\nu} \text{органічні речовини} + O_2.$$

(глюкоза, крохмаль та ін.)



Мал. 36. Фотосинтез

Унаслідок фотосинтезу в повітря щороку потрапляє 200 млрд т кисню.



Оксиген сприяє колообігу інших елементів (наприклад, Карбону, Нітрогену, Сульфуру), оскільки він є у складі великої кількості речовин.

Біологічна функція кисню. Життя без кисню на нашій планеті неможливе. Під час дихання в легені надходить повітря. Кисень, що міститься в ньому, сполучається з гемоглобіном крові й розноситься в усі органи та тканини, де взаємодіє з різними органічними речовинами, зокрема й отриманими з їжею. Продукти цих реакцій необхідні організму для нормального розвитку. Частина хімічних перетворень за участю кисню відбувається з виділенням теплоти, завдяки чому підтримується постійна температура тіла.

Застосування кисню. Кисень застосовують у різних галузях і у великій кількості. У металургії цей газ прискорює процес виплавляння сталі, покращує її якість. Кисень необхідний у виробництві багатьох речовин. Його використовують у спеціальних пристроях для різання і зварювання металів. Без балонів, наповнених газовими сумішами, які містять кисень, не можуть працювати космонавти, пожежники, водолази, військові льотчики. Кисневі подушки застосовують у разі деяких захворювань для полегшення дихання. За допомогою зрідженого кисню створюють необхідні умови для згоряння пального в космічних ракетах.

Широке використання має й кисень, який міститься в повітрі. За його участю згоряє паливо на теплоелектростанціях, пальне у двигунах автомобілів, випалюють руди на заводах кольорової металургії, здійснюють інші технологічні процеси.



Створіть ментальну карту «Застосування кисню».

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про колообіги Оксигену і кисню в природі, значення кисню для життя.*

Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Зіставте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Укажіть відмінність між колообігами хімічного елемента і речовини. Який колообіг не пов'язаний з хімічними реакціями?
2. У чому полягає значення кисню для живих організмів?

Розв'язуймо задачу

3. Відомо, що замість певного об'єму кисню, який ми споживаємо в процесі дихання, у повітря надходить такий самий об'єм вуглекислого газу. Обчисліть об'ємну частку кисню в повітрі, яке видихає людина, якщо об'ємна частка вуглекислого газу в ньому становить 4 %.
4.* Обчисліть масу кисню в повітрі об'ємом 10 л, якщо густина повітря становить 1,29 г/л. Додаткові відомості, необхідні для розв'язання задачі, візьміть із таблиці 2.

Аналізуймо

5. Уміст вуглекислого газу в повітрі протягом останніх майже 150 років невпинно зростає. Чи змінюється, на вашу думку, вміст кисню в атмосфері? Якщо змінюється, то як саме? Чи може це вплинути на живі організми?

У команді

6. Назвіть заходи, які має здійснювати людство для збереження кількісного складу атмосфери.
7.* Визначте, для дихання якої кількості населення планети вистачить кисню, який виробляють рослини в процесі фотосинтезу (с. 60). Вважайте, що організм людини щодоби споживає 600 г кисню.

Створюймо проєкт

8. Підготуйте за матеріалами з інтернету повідомлення про зміну складу атмосфери з висотою та вкажіть причину цієї зміни.
9. У майбутньому людина відправлятиметься у тривалі космічні подорожі. Запропонуйте варіанти забезпечення людини киснем у космічному кораблі. Використайте також матеріали з інтернету. Оберіть найкращий варіант.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
11. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень, виписаних вами з параграфів 4—11.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
13. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=phtxgaxqc24) завдання за матеріалом параграфів 4—11.

test

§ 12. Корозія металів

Пожежі — не єдине хімічне явище за участю кисню, яке завдає шкоди людству. З одним із таких явищ зіткнулися ще давні римляни (адже слово «корозія» прийшло до нас з латинської мови). Напевно, їх неабияк дивувало руйнування міцних виробів із заліза. Вони назвали це явище «роз'їданням» металу.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яке явище називають корозією?
- Які хімічні перетворення зумовлюють корозію металів?
- На чому ґрунтується захист металів від корозії?

Корозія металів. Ви часто стикаєтеся з металевими предметами, які змінили свій попередній вигляд. Вироби з деяких металів поступово втрачають характерний блиск. Залізо іржавіє, тобто вкривається пухким бурим нальотом. Причиною цих змін є реакції металів з киснем, водою (у рідкому й газуватому станах), розчиненими в ній речовинами.

Явище самочинного руйнування металів унаслідок їх хімічних реакцій з речовинами довкілля називають *корозією*.

Корозія завдає значної шкоди. Іржа знищує майже 20 % усієї кількості заліза, виробленого металургійними заводами, а це — мільйони тонн. Речовини довкілля діють і на інші метали.



Назвіть кілька виробів із металів, які є у вас вдома і мають сліди корозії.

Розглянемо хімічні реакції, які відбуваються під час корозії кількох металів.

Залізо, перебуваючи в повітрі, повільно реагує з киснем і водою (або парою). Унаслідок корозії металу утворюється сполука трьох елементів — Феруму, Оксигену і Гідрогену (мал. 37). Її хімічну формулу часто записують так[1]: $FeO(OH)$.



Мал. 37.
Заіржавілий ланцюг

[1] Хімічний склад іржі залежить від зовнішніх умов.



Складіть хімічне рівняння корозії заліза.

Колір іржі буває різним — від світло-бурого до коричневого. Іржа вкриває метал нещільним шаром і з часом може осипатися. Трапляється, що залізо майже цілком перетворюється на іржу.

> Іржавіння заліза пришвидшує звичайна сіль. Це зауважують водії автомобілів узимку, коли лід на шляхах посипаний сумішшю піску із сіллю (за наявності солі лід навіть у морозну погоду тане). Вплив солі на корозію заліза можна виявити за допомогою простого досліду, описаного після параграфа. Цей дослід пропонуємо вам виконати вдома.

Мідь кородує значно повільніше, ніж залізо. Цей метал реагує водночас із трьома речовинами: киснем, водою (або парою) і вуглекислим газом, що є в повітрі. Продукт реакції — сполука, яка має формулу $(CuOH)_2CO_3$. Вона утворюється на поверхні міді, а також бронзи — сплаву міді з оловом, у вигляді зеленкувато-блакитного порошкоподібного нальоту[1] (мал. 38).





Мал. 38. Бронзовий пам'ятник Анні Ярославні (м. Київ) і мідна монета зі слідами корозії



Складіть хімічне рівняння корозії міді.

[1] Речовина трапляється в природі у вигляді мінералу малахіту. Монолітні зразки мінералу — напівкоштовний камінь. З нього виготовляють прикраси, сувеніри.

Хімічних змін зазнає й срібло. Ваші рідні знають, що срібні прикраси і столові набори з часом темнішають (мал. 39). Причиною цього є взаємодія металу з киснем і сірководнем, незначна домішка якого міститься в повітрі. Продукти реакції — сполука Аргентуму із Сульфуром Ag_2S (тверда речовина темно-коричневого кольору) і вода.



Мал. 39.
Старі срібні ложки



Складіть хімічне рівняння корозії срібла.

Швидкість корозії срібла надзвичайно мала. Протягом сотень років предмети, вироблені з цього металу, не втрачають ужиткових властивостей.

Не кородують лише найпасивніші метали, серед яких — золото і платина. Золото, яке утворилося в земній корі мільярди років тому, залишилося незмінним, хоча контактувало з багатьма природними речовинами. Беручи до уваги хімічну стійкість золота, із нього виготовляють не лише ювелірні прикраси, а й частини технічних пристроїв (наприклад, електричні контакти), що надійно працюють протягом тривалого часу. Не зазнає корозії й титан, який називають «металом космічної ери». Він є одним із найважливіших конструкційних матеріалів для ракетної техніки. Із титану виготовляють труби і ємності, стійкі до хімічно активних речовин. Титановими пластинками покрито поверхню деяких монументів.



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, для чого використовують титан у медицині.

Захист металів від корозії. Відомі різні способи запобігання корозії металів. Найпростіший з них полягає в ізоляції металу від речовин довкілля. Для цього метали фарбують, вкривають лаками, наносять на їхню поверхню тонкий шар полімеру.



У яких випадках такий спосіб боротьби з корозією не дає позитивного результату?

Керамічні покриття — емалі — механічно й хімічно стійкі. Емальований металевий посуд широко використовують у закладах харчування, домашньому господарстві.

Запобігає корозії також змащування металів спеціальними мастилами. Особливо це важливо для довготривалого зберігання зброї, тран-

спортної техніки, різних виробів із заліза.

Метал можна вкрити шаром іншого, стійкішого до корозії металу — нікелю, хрому (мал. 40), золота. Цей процес здійснюють у заводських умовах, здебільшого — з використанням електричного струму і хімічних реакцій. Нікельовані та хромовані деталі є в транспортних засобах, приладах, устаткуванні.



Мал. 40. Хромований корпус годинника

Алюміній і хром є стійкими до речовин довкілля, бо мають на поверхні хоча й тонку, непомітну, але міцну й хімічно інертну плівку оксиду (Al_2O_3, Cr_2O_3). Ця плівка утворюється в разі контакту металу з повітрям[1], коли алюміній чи хром тільки-но виплавлено або в процесі його оброблення. Шар оксиду, який має аналогічні властивості, можна створити на поверхні інших металів, зокрема заліза, за допомогою хімічних реакцій. Відповідний процес називають *оксидацією*.

> Для уповільнення корозії залізних труб, по яких протікає вода для технічних потреб, у ній розчиняють невелику кількість речовини — інгібітора корозії. Захист металу від корозії в цьому разі відбувається завдяки закріпленню на його поверхні молекул інгібітора або реакції між металом та інгібітором з утворенням на поверхні металу плівки хімічно інертної сполуки.

Запобігти корозії можна, якщо приєднати до трубопроводу, корпусу судна шматок металу, хімічно активнішого за залізо (наприклад, цинку чи магнію). Доки весь цей метал не окиснеться, залізо не іржавітиме. Те саме відбувається з оцинкованою жерстю (але не лудяною, тобто вкритою оловом), з якої виготовляють покрівлю, різні ємності, металеві листи і профілі для будівельних робіт (мал. 41). Розглянутий спосіб захисту металу від корозії називають *протекторним*[2].

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про корозію металів і захист від неї*.

---

[1] Така корозія є корисною, бо запобігає подальшому руйнуванню металу.

[2] Від латинського protector — покровитель, захисник.



Мал. 41.
Вироби з оцинкованого заліза



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Фізичним чи хімічним явищем є корозія металу?
2. Який найуживаніший метал кородує найбільшою мірою, а які метали не зазнають корозії?
3. Назвіть способи захисту металів від корозії, які ґрунтуються на використанні хімічних реакцій.

Аналізуймо

4. Чим можна пояснити те, що залізо майже не трапляється в природі?

Поміркуймо

5. Придивіться до металічної решітки газової плити, на яку ставлять каструлі, сковорідки, або до дверцят пічки. Опишіть, що відбувається з металом і його поверхнею.
6. Чому у великих містах, промислових центрах корозія металевих конструкцій є інтенсивнішою, ніж у приміській місцевості?
7.* Майстер приєднав сантехнічне обладнання до залізної труби мідними гайками. Він пояснив, що мідь досить стійка до корозії. Чи варто було так робити? Дайте аргументовану відповідь.

Створюймо

8. Основа неіржавної сталі — залізо. Ця сталь містить інші метали, стійкіші до корозії. За матеріалами з інтернету з'ясуйте склад одного із видів неіржавної сталі. У зошиті чи на комп'ютері побудуйте діаграму кількісного складу цієї сталі.

Шанс для творчості

9. Зобразіть схему «Способи захисту металів від корозії».

У команді

10. Використавши відомості з інтернету, підготуйте повідомлення на тему «Як очистити виріб зі срібла (обручку, ланцюжок, ложку) від продукту корозії».

Формуймо словничок

11. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо вдома

ДОСЛІДЖУЄМО КОРОЗІЮ ЗАЛІЗА

Підготуйте чотири однакові очищені залізні цвяхи і чотири маленькі склянки або прозорі пластикові стаканчики (у кожній ємності цвях має поміститися повністю).

В одну склянку налийте воду з водогону, яка контактувала з повітрям протягом доби, у другу — прокип'ячену і швидко охолоджену воду. Третю і четверту склянки заповніть заздалегідь виготовленим розчином кухонної солі з її масовою часткою 2 % (цей розчин моделює морську воду).

У кожну склянку помістіть цвях. У другу і третю склянки налийте по чайній ложці олії (для запобігання контакту рідини з повітрям) та накрийте їх.

Вміст першої та четвертої склянок періодично збовтуйте.

Зафіксуйте час (він може становити до кількох діб), через який з'являться ознаки корозії заліза в кожній рідині.

Поясніть отримані результати і сформулюйте висновки.

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

З якою метою рідину у двох склянках збовтуємо, а в інших двох — ізолюємо від повітря?

§ 13. Тепловий ефект хімічної реакції

Наші воїни захищають рідну землю в будь-яку пору року, за будь-якої погоди. Буває, що взимку, восени чи навесні, коли холодно, навіть невеличке вогнище розпалити не можливо. Напевно, ви вже знаєте, що в таких випадках часто використовують хімічні грілки. Вони всередині містять суміш порошку заліза, кухонної солі, наповнювачів, а також воду. У разі контакту суміші цих речовин з повітрям починається хімічна реакція з виділенням теплоти. Отже, трохи зігрітися можна і без вогню.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як класифікують реакції за тепловим ефектом?
- У чому причина теплового ефекту реакції?
- Для чого використовують екзотермічні реакції?

Теплові ефекти хімічних реакцій. Ми вже розглядали хімічні реакції, під час яких відбувається горіння простих і складних речовин. Якщо сірку або метан підпалити в повітрі або кисні, то речовина горітиме й виділятиметься теплота:

$$S + O_2 \overset{t}{=} SO_2;$$

$$CH_4 + 2O_2 \overset{t}{=} CO_2 + 2H_2O.$$

Теплота може виділятися і внаслідок реакцій, які не супроводжуються горінням. Таку особливість має, наприклад, взаємодія негашеного вапна з водою; продукт реакції — гашене вапно:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$

Реакції з виділенням теплоти часто відбуваються мимовільно. Щоправда, у більшості випадків їх треба ініціювати (наприклад, підпалити речовину чи нагріти до температури займання). За перебігом такого перетворення (назва досліду — «Хімічний вулкан») ви вже спостерігали (с. 20, вправа 6). А реакція алюмінію з бромом починається в момент контакту речовин. Відео досліду можна переглянути за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-14-video.html).



Відомі також реакції, перебіг яких потребує постійного нагрівання речовин. Серед таких реакцій — розклад крейди на два оксиди, розклад сполуки HgO на прості речовини:

$$CaCO_3 \overset{t}{=} CaO + CO_2\uparrow;$$

$$2HgO \overset{t}{=} 2Hg + O_2\uparrow.$$

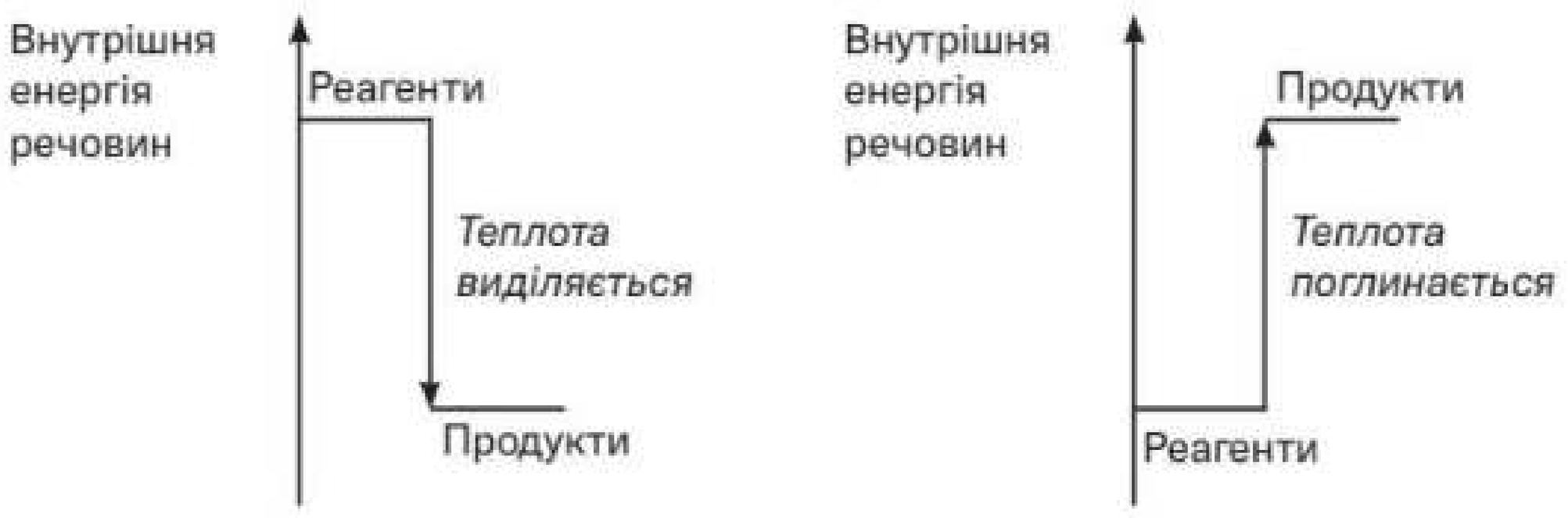
Під час кожного хімічного перетворення теплота поглинається. Якщо нагрівання припинити, то зупиниться й реакція.

Виникнення теплового ефекту реакції розглянемо на прикладі взаємодії водню з киснем, продуктом якої є вода. Уявімо, що спочатку молекули H_2 і O_2 розпадаються на атоми. На це витрачається певна кількість енергії. Потім атоми Гідрогену й Оксигену сполучаються в молекули H_2O. Утворення молекул води з атомів відбувається з виділенням енергії, але іншої її кількості, ніж було поглинуто молекулами водню і кисню. Різниця значень цих енергій і становить тепловий ефект хімічної реакції.



З виділенням чи поглинанням теплоти реагує водень з киснем? Кількість якої енергії більша — тієї, яка витрачається на руйнування молекул реагентів, чи тієї, яка виділяється внаслідок утворення молекул води?

Чому хімічній реакції властивий тепловий ефект? Кожна речовина має свою внутрішню енергію, яку виміряти неможливо. Вона складається з енергій усіх частинок речовини (атомів, молекул) та енергії їх взаємодії. Якщо сумарна внутрішня енергія реагентів перевищує внутрішню енергію продуктів, реакція відбувається з *виділенням теплоти*[1]. Якщо ж продукти реакції мають більшу внутрішню енергію, ніж реагенти, *теплота поглинається* під час реакції (мал. 42).



Мал. 42.
Енергетичні діаграми реакцій з різними тепловими ефектами

Виділення або поглинання теплоти під час хімічної реакції узгоджується із законом збереження енергії: ***енергія не виникає з нічого і не зникає безслідно, а перетворюється з одного виду на інший.***

---

[1] Її кількість дорівнює різниці внутрішніх енергій продуктів і реагентів.

Усі хімічні реакції відбуваються з тепловим ефектом. Якщо кількість теплоти, яка виділяється або поглинається, є незначною, то виявити тепловий ефект реакції досить важко.

Реакції, під час яких теплота виділяється, називають *екзотермічними*[1], а реакції, під час яких теплота поглинається, — *ендотермічними*[2].



Назвіть біологічні та медичні терміни, у яких є префікси *екзо-* і *ендо-*.

Для теплового ефекту реакції використовують позначення ΔH (треба читати «дельта-аш»). Великою грецькою літерою дельта Δ указують зміну математичної чи фізичної величини. Запис ΔH означає таку математичну дію: сумарна внутрішня енергія продуктів реакції мінус сумарна внутрішня енергія реагентів. У разі зменшення внутрішньої енергії речовин $\Delta H < 0$, теплота виділяється і реакція є екзотермічною, а в разі збільшення внутрішньої енергії — $\Delta H > 0$, теплота поглинається і реакція є ендотермічною (мал. 43).



Мал. 43. Теплові ефекти хімічних реакцій

Тепловий ефект за потреби вказують разом з хімічним рівнянням:

$$S + O_2 \xrightarrow{t} SO_2; \quad \Delta H < 0 \qquad \text{(екзотермічна реакція);}$$

$$CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2\uparrow; \quad \Delta H > 0 \qquad \text{(ендотермічна реакція).}$$

Такі записи називатимемо термохімічними рівняннями.

---

[1] Термін походить від грецького слова «екзо» — ззовні.

[2] Термін походить від грецького слова «ендон» — всередині.



Запишіть у зошит інші хімічні рівняння, наведені на с. 69, і додайте до кожного з них позначення теплового ефекту.

Про термохімічні рівняння із числовими значеннями теплових ефектів реакцій ви можете дізнатися за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-14-text-1.html).

Використання теплових ефектів реакцій. У давні часи люди обігрівали своє житло, спалюючи деревину, рослинні залишки. В останні кілька століть людина почала використовувати для цього вугілля, продукти перероблення нафти, природний газ. Речовини та їх суміші, які ми спалюємо з метою вироблення теплової енергії, називають *паливом*.



Поясніть, чому під час згоряння різних видів палива виділяється різна кількість теплоти.

Найбільше теплоти виділяє під час згоряння водень, а найменше — деревина. Водень називають екологічно чистим паливом, бо єдиним продуктом його реакції з киснем є вода. Горіння водню — «безкарбоновий» спосіб вироблення енергії. Його перевага в тому, що в атмосферу не надходить вуглекислий газ, який спричиняє парниковий ефект. Проте водень як паливо не використовують, насамперед тому, що в природі нашої планети його практично немає. У становленні водневої енергетики є кілька проблем. Серед них — оптимізація процесів одержання, а також зберігання і транспортування водню (він скраплюється за дуже низької температури), можливість вибуху сумішей водню з повітрям від іскри або підпалювання.

Екзотермічні реакції ми використовуємо в побуті (в газових плитах, камінах, печах), спалюючи пальне у двигунах автомобілів, влаштовуючи святкові феєрверки. Ранньої весни дехто вирощує розсаду овочів на «теплових» грядках — ділянках, де компостуються рослинні залишки і внаслідок хімічних реакцій, спричинених діяльністю мікроорганізмів, виділяється теплота.



Екзотермічні чи ендотермічні перетворення речовин відбуваються, коли ми щось варимо чи смажимо на кухні? Відповідь обгрунтуйте.

У живому організмі в процесі травлення відбуваються перетворення речовин з виділенням теплоти; у результаті цього підтримується сталою температура тіла. Відомості про енергетичну цінність (або калорійність)

поширених харчових продуктів ви можете знайти за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-14-text-2.html).

text

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про тепловий ефект хімічної реакції, екзотермічні та ендотермічні реакції.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чим зумовлене виділення чи поглинання теплоти під час хімічної реакції?
2. Чи є вичерпним поділ хімічних реакцій на екзотермічні та ендотермічні?

Поміркуймо

3. За стандартних умов дуже повільно взаємодіють два оксиди — CaO і CO_2. Продукт реакції — речовина з формулою $CaCO_3$. Екзотермічною чи ендотермічною є ця реакція? Візьміть до уваги вміщені в параграфі відомості про протилежну реакцію — розклад речовини $CaCO_3$.
4.* Екзотермічними чи ендотермічними є, на вашу думку, реакції, які зумовлюють корозію металів? Відповідь аргументуйте.

Пояснюймо

5. Чому багато горючих речовин потрібно нагріти, щоб розпочалося їх горіння в повітрі?

Формуймо словничок

6. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

7. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ДОСЛІДЖУЄМО ТЕРМІЧНИЙ РОЗКЛАД ХАРЧОВОЇ СОДИ

Харчова сода під час нагрівання розкладається. Одним із продуктів реакції є вуглекислий газ.

Виконуючи дослід, дотримуйтеся правил безпеки!

Помістіть у пробірку харчову соду масою приблизно 2 г і закрийте корком, у який вставлено зігнуту газовідвідну трубку.

Налийте в невелику склянку води до половини об'єму.

Перевірте зібраний прилад на герметичність.

Запаліть спиртівку або сухе пальне.

Закріпіть пробірку в пробіркотримачі і вставте кінець газовідвідної трубки у воду. Обережно прогрійте всю пробірку, а потім нагрівайте її нижню частину, де міститься сода. Спостерігайте за надходженням пухирців газу у воду. Спочатку виділятиметься невелика кількість повітря (поясніть, чому), а потім вуглекислий газ.

Припиніть нагрівання. Чи продовжує розкладатися сода?

Коли пухирці газу вже не з'являтимуться, одразу знову нагрівайте пробірку із содою. Що відбувається?

Тільки-но завершите дослід, вийміть газовідвідну трубку з води (поясніть, для чого).

Зробіть висновок за результатом експерименту.

Доведіть, що газ, який виділяється, є вуглекислим газом[1]. Для цього занурте газовідвідну трубку в пробірку з розчином гашеного вапна і ще раз нагрійте харчову соду. Що спостерігаєте?

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

1. Дізнайтеся, у процесі приготування яких страв харчова сода виявляє досліджену вами хімічну властивість.
2. Харчову соду можна одержати, здійснивши реакцію сполучення між продуктами її розкладу — кальцинованою содою, вуглекислим газом і водою. Ця реакція є екзотермічною чи ендотермічною?

---

[1] Пригадайте, як виявляли утворення цього газу під час горіння парафіну в експерименті, описаному на с. 53.

§ 14. Кількість речовини

Коли на присадибній ділянці збирають урожай, порівнюють, скільки відер картоплі посадили і скільки відер накопали. Яйця купують не на вагу чи поштучно, а зазвичай десятками. Коли з'ясовуємо, скільки маємо зимового чи літнього взуття, то кажемо — стільки-то пар. У кулінарному рецепті читаємо: «До суміші інгредієнтів додайте дві столові ложки оцту». Отже, у побуті ми користуємося різними мірами. У хімії мірою для речовин, крім одиниць вимірювання маси (грама, кілограма) та об'єму (мілілітра, літра), є *моль*[1].

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- У чому суть фізичної величини «кількість речовини»?
- Скільки найменших частинок речовини містить її порція в 1 моль?
- Як обчислюють і для чого використовують кількість речовини?

Коментуючи реакцію

$$4Li + O_2 = 2Li_2O,$$

ви скажете, що кожні чотири атоми Літію взаємодіють з однією молекулою кисню. Для здійснення цього досліду потрібно використати такі порції обох речовин, щоб відношення кількості частинок $N(Li) : N(O_2)$ становило 4 : 1. Але полічити атоми і молекули неможливо.

У хімії використовують фізичну величину *кількість речовини*. Її позначають латинською літерою n. Одиниця вимірювання цієї величини — моль. Кількість речовини пов'язана з кількістю найменших частинок. У порції речовини в 1 моль міститься надзвичайно багато частинок — 602 000 000 000 000 000 000 000 атомів або молекул. Це число можна записати як $602 \cdot 10^{21}$ (21 — кількість нулів у першому записі числа), або $6{,}02 \cdot 10^{23}$.



Скільки молекул міститься в 1/2 моль[2] кисню?

1 моль — порція речовини, яка містить $6{,}02 \cdot 10^{23}$ частинок (атомів, молекул).

---

[1] Термін походить від латинського слова *moles* — безліч.

[2] Слово «моль» не відмінюється, якщо перед ним є число (використали 3 моль заліза), а якщо числа немає — відмінюється (означення моля).

Цю порцію речовини обрано за одиницю вимірювання кількості речовини не випадково. Маса такої порції літію становить 7 г, а кисню — 32 г. Упевнені, що ви здогадалися: 7 — значення відносної атомної маси Літію, а 32 — значення відносної молекулярної маси кисню.



Іноді щодо малих порцій речовин використовують іншу одиницю вимірювання кількості речовини — мілімоль. Яке кількісне відношення моля і цієї одиниці?

Повернімося до хімічного рівняння, наведеного на початку параграфа. Згідно з ним кожні 4 моль літію реагують з 1 моль кисню й утворюється 2 моль літій оксиду:

$$\underset{\text{4 моль}}{4Li} + \underset{\text{1 моль}}{O_2} = \underset{\text{2 моль}}{2Li_2O}.$$

Отже, кількості речовини реагентів і продуктів відповідають (або пропорційні) коефіцієнтам у хімічному рівнянні.

Уявлення про кількості речовини в 1 моль вам допоможе сформувати малюнок 44.



Мал. 44. Кількості речовини в 1 моль: алюміній (27 г); вода (18 $см^3$); кухонна сіль (58,5 г)



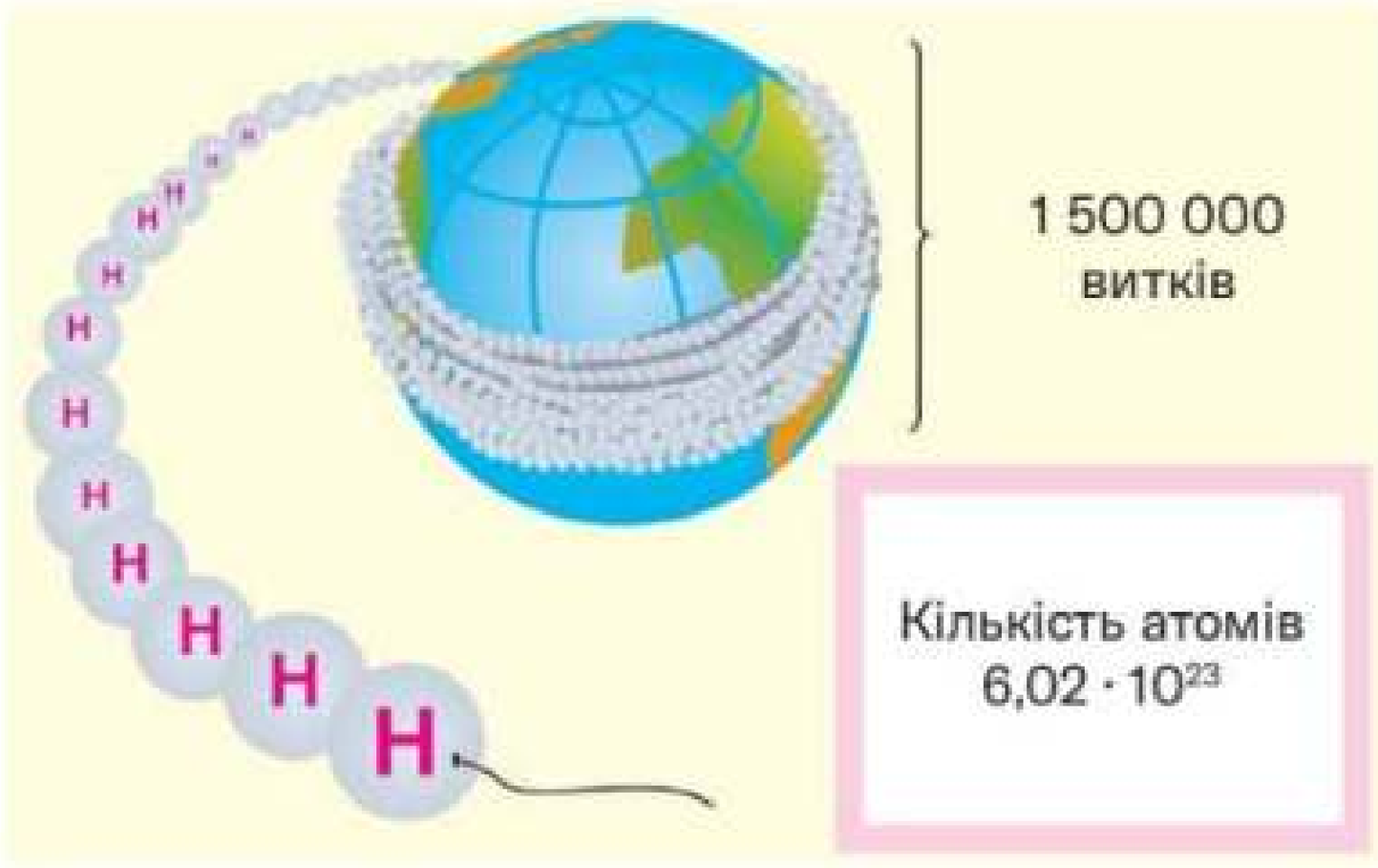
Моль — одна із семи основних одиниць вимірювання міжнародної системи SI. Які інші основні одиниці вимірювання вам відомі?

Поняття «кількість речовини» використовують не лише щодо речовин, а й щодо окремих частинок — атомів, молекул.

Число $6{,}02 \cdot 10^{23}$ в мільярди разів перевищує кількість волосин на головах, у вусах, бородах усіх людей, які живуть на Землі. Якщо вкрити земну поверхню такою кількістю тенісних м'ячиків, то товщина цього «покриття» досягатиме 100 км. Якщо ж розмістити $6{,}02 \cdot 10^{23}$ атомів Гідрогену, найменших серед усіх атомів, упритул один до одного в лінію, то її довжина становитиме приблизно $6 \cdot 10^{10}$ км. Ниткою такої довжини можна обмотати земну кулю по екватору понад 1 500 000 разів (мал. 45).

Числу $6{,}02 \cdot 10^{23}$ відповідає стала, яку назвали сталою Авогадро на честь італійського дослідника А. Авогадро. Її позначення — N_A, а розмірність визначаємо так:

$$N_A = \frac{6{,}02 \cdot 10^{23}}{1 \text{ моль}} = 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$



Мал. 45.
1 моль атомів Гідрогену

Амедео Авогадро (1776—1856)



Італійський фізик і хімік. Висунув гіпотезу про молекулярну будову речовин, зокрема газів. Відкрив один із законів для газів (1811), згодом названий його іменем. Уточнив атомні маси деяких елементів, визначив склад молекул води, амоніаку, метану, сірководню, вуглекислого і чадного газів, деяких інших сполук. Запропонував експериментальні методи визначення молекулярних мас газоподібних речовин.

Працюємо разом

Виведемо формулу для обчислення кількості речовини за кількістю найменших частинок у ній.

Припустимо, що порція речовини містить N молекул. Міркуємо так:
в 1 моль речовини міститься N_A молекул,
в n моль речовини — N молекул;

$$n = \frac{N}{N_A}.$$

$$\boxed{n = \frac{N}{N_A}}$$

Розглянемо приклади розв'язування задач, у яких обчислюють кількість речовини або використовують цю фізичну величину.

Задача 1.
Обчислити кількість речовини алюмінію, якщо зразок цього металу містить $3{,}01 \cdot 10^{24}$ атомів.

Дано:

$N(\mathrm{Al}) = 3{,}01 \cdot 10^{24}$ атомів

$n(\mathrm{Al}) - ?$

Розв'язання

Скористаємося формулою, яка відображає зв'язок між кількістю речовини і кількістю частинок (атомів):

$$n(\mathrm{Al}) = \frac{N(\mathrm{Al})}{N_A} = \frac{3{,}01 \cdot 10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}} =$$

$$= \frac{30{,}1 \cdot 10^{23}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}} = 5\ \text{моль}.$$

Відповідь: $n(\mathrm{Al}) = 5$ моль.

В 1 моль будь-якої речовини молекулярної будови завжди міститься більше ніж 1 моль атомів. Наприклад, в 1 моль кисню O_2 — 2 моль атомів Оксигену, а в 1 моль метану CH_4 — 1 моль атомів Карбону і 4 моль атомів Гідрогену, або 5 моль усіх атомів.



Скільки всіх атомів міститься у воді кількістю речовини 0,1 моль?

Задача 2.
Обчислити кількості речовини атомів хімічних елементів в оксиді B_2O_3, якщо кількість речовини оксиду становить 4 моль.

Дано:

$n(\mathrm{B_2O_3}) = 4$ моль

$n(\mathrm{B}) - ?$
$n(\mathrm{O}) - ?$

Розв'язання

У формулі оксиду B_2O_3 є два атоми Бору і три атоми Оксигену. Тому оксид кількістю речовини 1 моль містить 2 моль атомів Бору і 3 моль атомів Оксигену. У 4 моль цієї сполуки кількості речовини атомів у чотири рази більші:

$$n(\mathrm{B}) = 2 \cdot n(\mathrm{B_2O_3}) = 2 \cdot 4\ \text{моль} = 8\ \text{моль};$$
$$n(\mathrm{O}) = 3 \cdot n(\mathrm{B_2O_3}) = 3 \cdot 4\ \text{моль} = 12\ \text{моль}.$$

Відповідь: $n(\mathrm{B}) = 8$ моль; $n(\mathrm{O}) = 12$ моль.

Хімічна формула сполуки вказує на відношення в ній кількостей речовини атомів (або хімічних елементів). Наприклад, у метані CH_4

$$n(\mathrm{C}) : n(\mathrm{H}) = 1 : 4.$$

Отже, хімічні реакції здійснюють з порціями реагентів не лише певної маси чи певного об'єму, а й певної кількості речовини.

Узявши до уваги важливість для хімії фізичної величини «кількість речовини», наукова спільнота запровадила День Моля — 23 жовтня (тобто 23.10), з 6-ї год 02 хв ранку до 6-ї год 02 хв вечора (мал. 46).



Мал. 46.
День Моля

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про кількість речовини в хімії, одиницю її вимірювання та спосіб обчислення.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Назвіть одиницю вимірювання кількості речовини. Якій кількості атомів або молекул вона відповідає?
2. Що означають записи N_A і Na?
3. Укажіть кількості речовини атомів кожного хімічного елемента (усно):
   а) в 1 моль брому Br_2;
   б) у 2 моль сірководню H_2S;
   в) в 1/3 моль фосфіну PH_3.
4. Запишіть замість крапок пропущені цифри:
   а) у 3 моль води H_2O міститься ... моль молекул і ... моль усіх атомів;
   б) у 0,5 моль кислоти H_2SO_4 міститься ... моль атомів Гідрогену, ... моль атомів Сульфуру, ... моль атомів Оксигену.

Розв'язуймо задачу

5. Укажіть кількість речовини вуглекислого газу, у якій міститься (усно):
   а) $3{,}01 \cdot 10^{23}$ молекул;
   б) $12{,}04 \cdot 10^{23}$ атомів Оксигену.

6. Виконайте обчислення і заповніть таблицю:

$N(H_3PO_4)$	$12{,}04 \cdot 10^{23}$
$n(H_3PO_4)$, моль	
$n(H)$, моль	
$n(P)$, моль	
$n(O)$, моль	

7.* Обчисліть кількість речовини метану CH_4, у якій міститься стільки атомів, скільки їх:
а) в 1 моль оксиду P_2O_3;
б) у 0,3 моль кислоти HNO_3.

Поміркуймо

8. Назвіть відношення кількостей речовини хімічних елементів у речовинах із такими формулами: CaO, MgF_2, $HClO_4$, $Fe(OH)_3$.

У команді

9. Прокоментуйте хімічні реакції, використавши поняття «моль»:
а) $S + 2Cl_2 = SCl_4$;
б) $N_2 + 3H_2 = 2NH_3$;
в) $2H_2O_2 = 2H_2O + O_2\uparrow$.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 15. Молярна маса

Певну масу твердої речовини зважують на терезах або електронних вагах, а певний об'єм рідини відбирають мірним циліндром або мензуркою. Але для того, щоб узяти кілька молів речовини, відповідного пристрою немає. Визначивши необхідну кількість речовини в молях, дослідник з'ясовує, яку масу має 1 моль цієї речовини, потім — яка маса кількох її молів, і зважує речовину.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- У чому суть величини «молярна маса»?
- Як обчислювати значення молярних мас простих і складних речовин?
- Як використовують молярні маси у розв'язуванні задач?

Важливою величиною, яка пов'язана з кількістю речовини, є молярна маса. Її використовують у багатьох обчисленнях, готуючись до хімічного експерименту, під час упровадження технологічних процесів на заводах, опрацювання результатів дослідження хімічних реакцій та ін.

Молярна маса — це маса 1 моль речовини.

Молярну масу позначають латинською літерою M. Її розмірність — *г/моль*.

Молярна маса чисельно дорівнює відносній атомній або молекулярній масі. Для того щоб записати молярну масу речовини, достатньо вказати значення відповідної відносної атомної чи молекулярної маси і додати розмірність — г/моль:

$$A_r(\mathrm{C}) = 12 \quad \Rightarrow \quad M(\mathrm{C}) = 12 \text{ г/моль};$$
$$M_r(\mathrm{Cl_2}) = 71 \quad \Rightarrow \quad M(\mathrm{Cl_2}) = 71 \text{ г/моль};$$
$$M_r(\mathrm{H_2S}) = 34 \quad \Rightarrow \quad M(\mathrm{H_2S}) = 34 \text{ г/моль}.$$



Обчисліть і запишіть значення молярних мас амоніаку NH_3 і карбаміду $CO(NH_2)_2$.



Запропонуйте алгоритм обчислення мас атома Алюмінію і молекули води.

Працюємо разом

Виведемо формулу, яка описує взаємозв'язок між масою, кількістю речовини і молярною масою. Якщо 1 моль атомів Гідрогену має масу 1 г, то n моль цих атомів — масу, яка в n разів більша, тобто n г. Запишемо відповідну математичну дію:

$$m(\mathrm{H}) = n \cdot M(\mathrm{H}) = n \text{ моль} \cdot 1 \text{ г/моль} = n \text{ г}.$$

Загальна формула для обчислення маси речовини за кількістю речовини:

$$m = n \cdot M.$$

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

З неї отримуємо дві інші формули:

$$n = \frac{m}{M}; \quad M = \frac{m}{n}.$$

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

Отже, *молярна маса — це відношення маси до кількості речовини.*

Працюємо разом

Розглянемо два способи розв'язування задач, у яких використовують молярні маси. Один спосіб передбачає складання пропорції, а другий — обчислення за наведеними вище формулами.

Задача 1.
Обчислити кількість речовини метану CH_4, якщо маса сполуки становить 6,4 г.

Дано:

$m(CH_4) = 6{,}4$ г

$n(CH_4)$ — ?

Розв'язання

1-й спосіб

1. Обчислюємо молярну масу сполуки:

$$M(CH_4) = M(C) + 4M(H) =$$
$$= 12 \text{ г/моль} + 4 \cdot 1 \text{ г/моль} = 16 \text{ г/моль}.$$

2. Обчислюємо кількість речовини метану складанням пропорції:

1 моль CH_4 має масу 16 г,
x моль CH_4 — 6,4 г;

$$\frac{1 \text{ моль}}{x \text{ моль}} = \frac{16 \text{ г}}{6{,}4 \text{ г}};$$

$$x = n(CH_4) = \frac{1 \text{ моль} \cdot 6{,}4 \text{ г}}{16 \text{ г}} = 0{,}4 \text{ моль}.$$

2-й спосіб

Скористаємося однією з формул, наведених у параграфі:

$$n(CH_4) = \frac{m(CH_4)}{M(CH_4)} = \frac{6{,}4 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} = 0{,}4 \text{ моль}.$$

Відповідь: $n(CH_4) = 0{,}4$ моль.



Молярна маса газу становить 28 г/моль. Обчисліть кількість речовини цього газу, якщо його маса — 7 г.

Задача 2.

Обчислити масу заліза, яка відповідає кількості речовини металу 1,5 моль.

Дано:

$n(\text{Fe}) = 1{,}5$ моль

$m(\text{Fe}) - ?$

Розв'язання

1-й спосіб

Залізо — проста речовина, яка складається з атомів елемента Феруму.

$$M(\text{Fe}) = 56 \text{ г/моль}.$$

Обчислюємо масу заліза складанням пропорції:

1 моль Fe має масу 56 г,

1,5 моль Fe — x г;

$$x = m(\text{Fe}) = \frac{1{,}5 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 84 \text{ г}.$$

2-й спосіб

Скористаємося однією з формул, наведених у параграфі:

$$m(\text{Fe}) = n(\text{Fe}) \cdot M(\text{Fe}) =$$
$$= 1{,}5 \text{ моль} \cdot 56 \text{ г/моль} = 84 \text{ г}.$$

Відповідь: $m(\text{Fe}) = 84$ г.

Задача 3.

Обчислити масу $1 \cdot 10^{24}$ атомів Натрію.

Дано:

$N(\text{Na}) = 1 \cdot 10^{24}$ атомів

$m(\text{Na}) - ?$

Розв'язання

1-й спосіб

Оскільки $M(\text{Na}) = 23$ г/моль, то 1 моль атомів Натрію має масу 23 г.

Пам'ятаючи, що 1 моль хімічного елемента — це $6{,}02 \cdot 10^{23}$ його атомів, складаємо пропорцію й розв'язуємо її:

$6{,}02 \cdot 10^{23}$ атомів Na мають масу 23 г,

$1 \cdot 10^{24}$ атомів Na — x г;

$$x = m(\text{Na}) = \frac{1 \cdot 10^{24} \cdot 23 \text{ г}}{6{,}02 \cdot 10^{23}} =$$

$$= \frac{230 \text{ г}}{6{,}02} = 38{,}2 \text{ г}.$$

2-й спосіб

1. Обчислюємо кількість речовини Натрію:

$$n(\text{Na}) = \frac{N(\text{Na})}{N_A} = \frac{1 \cdot 10^{24}}{6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{моль}^{-1}} =$$

$$= \frac{10\ \text{моль}}{6{,}02} = 1{,}66\ \text{моль}.$$

2. Обчислюємо масу атомів Натрію:

$$m(\text{Na}) = n(\text{Na}) \cdot M(\text{Na}) =$$

$$= 1{,}66\ \text{моль} \cdot 23\ \text{г/моль} = 38{,}2\ \text{г}.$$

Відповідь: $m(\text{Na}) = 38{,}2$ г.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про молярну масу та її використання*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Узгодьте записи в лівому стовпчику із записами у правому стовпчику:

1) $M_r(CO_2)$;	а) 44 г;
2) $m(CO_2)$;	б) 44 г/моль;
3) $M(CO_2)$;	в) 44;
	г) 44 моль.

2. Обчисліть молярні маси речовин, що мають такі формули: F_2, H_2O, SO_2, Li_2O, Mg_3N_2, H_2SO_4, NaOH. (Усно.)
3. Маса сполуки кількістю речовини 0,2 моль становить 12,8 г. Обчисліть молярну масу сполуки. (Усно.)

Розв'язуймо задачу

4. Обчисліть масу сполуки Mg_3P_2 кількістю речовини 0,25 моль.
5. Маса якої сполуки більша — вуглекислого газу CO_2 кількістю речовини 2 моль чи сірчистого газу SO_2 кількістю речовини 1,5 моль? (Усно.)

6. Скільки молекул і скільки атомів міститься в амоніаку NH_3 масою 3,4 г? (Усно.)
7. Де міститься більше молекул і більше усіх атомів (усно):
   а) в 1 г оксиду CO чи в 1 г оксиду NO;
   б) у 2 моль води чи в 1 моль кислоти H_2SO_4?
8. Обчисліть масу 10^{23} молекул глюкози $C_6H_{12}O_6$.

У команді

9. Ви маєте свинцевий, мідний і алюмінієвий кубики. Довжина ребер кожного кубика становить 1 см. У якому кубику міститься найбільше атомів, а в якому — найменше? Необхідні відомості про властивості (які саме?) цих металів відшукайте в інтернеті.
10.* З'ясуйте за допомогою обчислень, у воді чи спирті C_2H_5OH міститься більше молекул, якщо однаковими є:
   а) маси рідин;
   б) об'єми рідин.
   Необхідні відомості про властивості цих речовин відшукайте в інтернеті.

Формуймо словничок

11. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 16. Молярний об'єм. Закон Авогадро

Уявіть, що ви маєте на меті одержати за допомогою хімічної реакції кисень. Чи зважуватимете його після завершення досліду? Звісно, ні, бо зважити газ непросто. Порадимо вам збирати кисень у мірний циліндр витисненням із нього води (с. 34, мал. 18, *а*), а потім визначити об'єм газу в циліндрі. Знаючи об'єм 1 моль газу, ви обчислите кількість речовини одержаного кисню і його масу.

Отже, в хімії, крім молярної маси, використовують і молярний об'єм.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- У чому суть величини «молярний об'єм»?
- Чому в однакових об'ємах різних газів міститься однакова кількість молекул?

Молярний об'єм. Означення цієї величини подібне до означення молярної маси.

Молярний об'єм — це об'єм 1 моль речовини.

Позначення молярного об'єму — V_M, а одиниці його вимірювання — $см^3/моль$ (для твердих і рідких речовин), л/моль (для газів).

З курсу фізики вам відома формула для обчислення маси речовини (m) за її густиною (ρ) та об'ємом (V):

$$m = \rho \cdot V.$$

Аналогічний зв'язок є між молярною масою і молярним об'ємом:

$$M = \rho \cdot V_M.$$

Із цієї формули виводимо іншу:

$$V_M = \frac{M}{\rho}.$$

$$M = \rho \cdot V_M$$

$$V_M = \frac{M}{\rho}$$

За нею можна обчислити молярний об'єм будь-якої речовини.

Кожна тверда і рідка речовина має своє значення молярного об'єму (наприклад, алюміній — 10 $см^3/моль$, кухонна сіль — 27 $см^3/моль$, вода — 18 $см^3/моль$, етиловий спирт — 58 $см^3/моль$). Молярні об'єми речовин у твердому і рідкому станах, як і їхні густини, майже не залежать від температури і тиску.



Підтвердьте за допомогою обчислення, що молярний об'єм води становить 18 $см^3/моль$.

Гази внаслідок нагрівання або зниження тиску істотно розширюються, а внаслідок охолодження або підвищення тиску стискуються. Це зумовлено тим, що відстані між молекулами в газах дуже великі (у твердих і рідких речовинах найменші частинки контактують одна з одною). У разі зміни умов змінюються густина газу і його молярний об'єм. Тому, вказуючи значення цих величин, обов'язково зазначають відповідні температуру і тиск.

Дослідники встановили, що молярний об'єм різних газів за однакових умов один і той самий. Зокрема, за температури 0 °C і тиску 760 мм рт. ст. (або 101,3 кПа) він становить 22,4 л/моль. Наведені умови називають *нормальними* (скорочено — *н. у.*)[1].

Нормальні умови (н. у.) — 0 °C; 760 мм рт. ст.

[1] Вам відомо, що в хімії виокремлюють ще стандартні умови — температура +25 °C (298 K) і тиск 760 мм рт. ст. (101,3 кПа).

1 моль будь-якого газу за нормальних умов займає об'єм 22,4 л.

Насправді об'єми газів кількістю речовини 1 моль незначною мірою різняться. Наприклад, об'єм 1 моль водню становить за нормальних умов 22,42 л, метану — 22,3 л, сірчистого газу — 21,9 л. Відмінності зумовлені слабким взаємним притяганням молекул у газі, яке залежить від складу і форми цих частинок.

Для газів за н. у.

$$V_м = 22{,}4 \text{ л/моль}$$

Зв'язок між об'ємом (V), кількістю речовини (n) і молярним об'ємом ($V_м$) описує формула

$$V = n \cdot V_м.$$



Спробуйте самостійно вивести цю формулу.

З наведеної формули можна отримати дві інші:

$$n = \frac{V}{V_м}; \quad V_м = \frac{V}{n}.$$

$$n = \frac{V}{V_м}$$

$$V_м = \frac{V}{n}$$

Отже, *молярний об'єм — це відношення об'єму до кількості речовини*.

Закон Авогадро. Водень, кисень чи інший газ кількістю речовини 1 моль займає за нормальних умов об'єм 22,4 л і містить $6{,}02 \cdot 10^{23}$ молекул. Гіпотезу про наявність однакової кількості молекул в однакових об'ємах різних газів, яка ґрунтувалася на результатах досліджень реакцій між газами, запропонував у 1811 р. А. Авогадро. Отримавши подальше експериментальне підтвердження і теоретичне обґрунтування, ця гіпотеза стала законом.

Закон Авогадро формулюють так:

в однакових об'ємах різних газів за однакових температури і тиску міститься однакова кількість молекул[1].

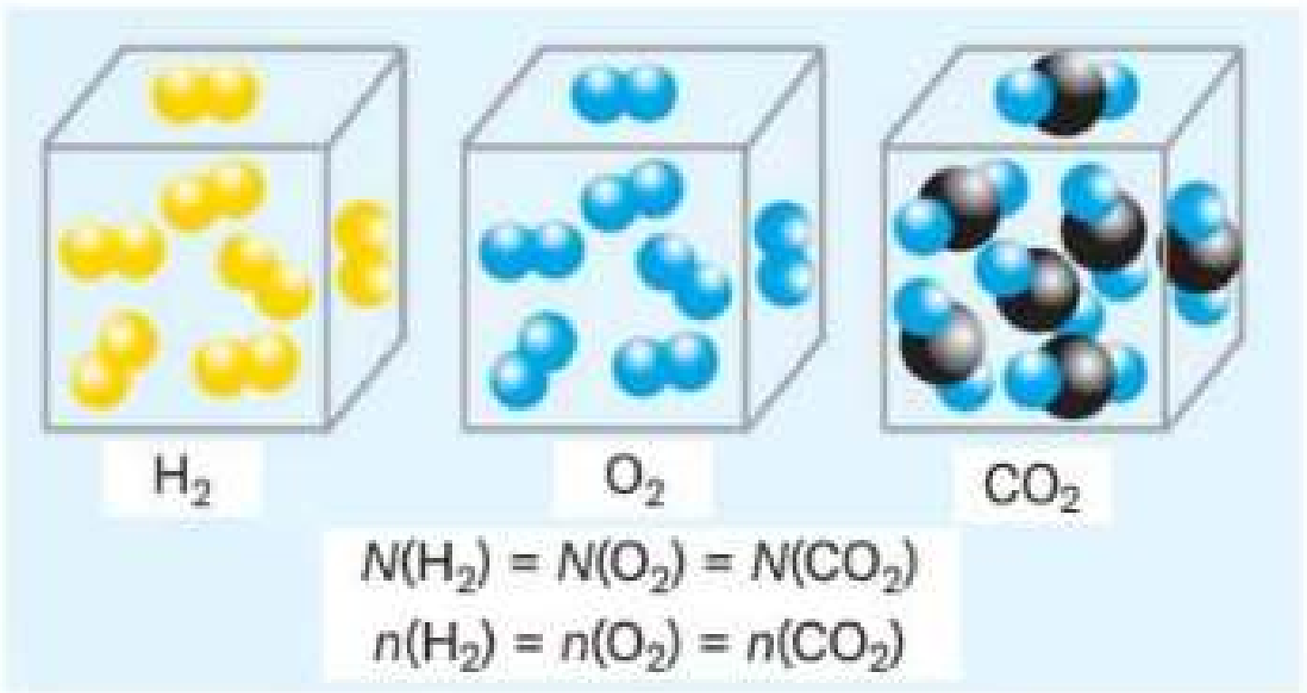
Наводимо важливий наслідок закону Авогадро:

однакові кількості речовини різних газів за однакових температури і тиску займають однаковий об'єм.

---

[1] Якщо інертні гази — гелій, неон, аргон та ін. — однакова кількість атомів.

Викладений матеріал підсумовує малюнок 47.



Мал. 47. Однакові кількості молекул і кількості речовини в однакових об'ємах газів

Працюємо разом

Розглянемо приклади розв'язування задач, у яких використаємо молярний об'єм газу.

Наведені та обчислені об'єми, густини і молярні об'єми газів відповідають нормальним умовам.

Задача 1.

Обчислити об'єм водню масою 0,4 г.

Дано:	Розв'язання
$m(H_2) = 0,4$ г	1. Обчислюємо кількість речовини водню:
$V(H_2)$ — ?	$$n(H_2) = \frac{m(H_2)}{M(H_2)} = \frac{0,4\text{ г}}{2\text{ г/моль}} = 0,2\text{ моль}.$$
	2. Обчислюємо об'єм водню складанням пропорції:
	1 моль H_2 займає об'єм 22,4 л,
	0,2 моль H_2 — x л;
	$x = V(H_2) = (0,2\text{ моль} \cdot 22,4\text{ л}) : 1\text{ моль} = 4,48\text{ л}.$
	Об'єм водню можна обчислити і за відповідною формулою (с. 87):
	$$V(H_2) = n(H_2) \cdot V_M = 0,2\text{ моль} \cdot 22,4\text{ л/моль} = 4,48\text{ л}.$$
	Відповідь: $V(H_2) = 4,48$ л.



Обчисліть масу вуглекислого газу, якщо його об'єм становить 1,12 л.

Задача 2.
Обчислити кількість молекул у кисні об'ємом 1 л.

Дано:

$V(O_2) = 1$ л

$N(O_2)$ — ?

Розв'язання

1-й спосіб

Обчислюємо кількість молекул кисню в газі об'ємом 1 л складанням пропорції:

у кисні об'ємом 22,4 л — $6{,}02 \cdot 10^{23}$ молекул,

а об'ємом 1 л — x молекул;

$$x = N(O_2) = \frac{1 \text{ л} \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}}{22{,}4 \text{ л}} =$$

$$= 0{,}27 \cdot 10^{23} = 2{,}7 \cdot 10^{22} \text{ (молекул).}$$

2-й спосіб

Обчислюємо кількість молекул кисню в газі об'ємом 1 л. Для цього з формул

$$n = \frac{N}{N_A} \quad \text{і} \quad n = \frac{V}{V_M}$$

отримуємо таку:

$$N = \frac{N_A \cdot V}{V_M}.$$

Здійснюємо обчислення:

$$N = \frac{6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} \cdot 1 \text{ л}}{22{,}4 \text{ л/моль}} =$$

$$= 0{,}27 \cdot 10^{23} = 2{,}7 \cdot 10^{22} \text{ (молекул).}$$

Відповідь: $N(O_2) = 2{,}7 \cdot 10^{22}$ молекул.

Цю задачу можна розв'язати ще одним способом. Спочатку обчислюють за відповідними формулами кількість речовини кисню, а потім — кількість молекул.

Задача 3.
Обчислити густину чадного газу CO.

Дано:

CO

$\rho(CO)$ — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо молярну масу чадного газу:

$$M(CO) = 28 \text{ г/моль.}$$

2. Обчислюємо густину газу:

1 моль CO, тобто 28 г, займає об'єм 22,4 л,

x г CO — 1 л;

$$x = m(\text{CO}) = \frac{28\ \text{г} \cdot 1\ \text{л}}{22{,}4\ \text{л}} = 1{,}25\ \text{г};$$

$$\rho(\text{CO}) = 1{,}25\ \text{г/л}.$$

Густину чадного газу можна обчислити й іншим способом:

$$M = \rho \cdot V_\text{м} \quad => \quad \rho = \frac{M}{V_\text{м}};$$

$$\rho(\text{CO}) = \frac{M(\text{CO})}{V_\text{м}} = \frac{28\ \text{г/моль}}{22{,}4\ \text{л/моль}} = 1{,}25\ \text{г/л}.$$

Відповідь: $\rho(\text{CO}) = 1{,}25$ г/л.



Густина газу X становить 1,43 г/л. Обчисліть молярну масу цього газу.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про молярний об'єм речовин, закон Авогадро та їх використання.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Узгодьте записи в лівому стовпчику із записами у правому стовпчику:

1) $V(\text{H}_2)$;	а) 22,4 г;
2) $m(\text{H}_2)$;	б) 22,4 л;
3) $V_\text{м}(\text{H}_2)$;	в) 22,4 моль;
	г) 22,4 л/моль.

2. Чому об'єми однієї й тієї ж кількості речовини різних газів за тих самих температури й тиску однакові, а твердих і рідких речовин — різні?
3. Обчисліть об'єми (усно):
   а) водню кількістю речовини 10 моль;
   б) сірководню H_2S масою 3,4 г.

Розв'язуймо задачу

4. Густина азоту становить 1,25 г/л. Обчисліть молярний об'єм цього газу.
5. Людина за добу видихає в складі повітря вуглекислий газ об'ємом 500 л. Обчисліть масу цього об'єму газу.
6. Маса газу X становить 60 г, а об'єм цієї його порції — 44,8 л. Обчисліть молярну масу газу X. (Усно.)

Поміркуймо

7. Де міститься найбільше молекул — в 1 л води, 1 л кисню чи 1 л водню? Відповідь аргументуйте.
8.* Яким є відношення об'ємів однакових мас газів — водню і метану CH_4?

У команді

9. Чотири колби однакового об'єму заповнили за однакових температури й тиску воднем, аргоном, вуглекислим газом і чадним газом. У якій колбі міститься найбільше атомів, а в якій — найменше?
10. Доведіть, що молярні об'єми твердих речовин різні. Для цього відшукайте в інтернеті значення густин кількох металів і використайте їх для обчислень.

Шанс для творчості

11. За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення на тему «Чому твердження А. Авогадро про однакову кількість молекул в однакових об'ємах різних газів протягом тривалого часу було лише гіпотезою?».

Формуймо словничок

12. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

13. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 17. Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях

Гази почали привертати увагу дослідників у XVIII ст. Відкривши кисень, водень, вуглекислий газ і навчившись їх збирати, науковці вивчали фізичні та хімічні властивості цих речовин. Результати експериментів указували на те, що гази взаємодіють один з одним не в довільних

відношеннях об'ємів. Наприклад, на спалювання двох об'ємів водню витрачається один об'єм кисню. Пояснює це розглянутий у попередньому параграфі закон Авогадро.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- У яких об'ємних відношеннях реагують і утворюються газуваті речовини?
- Як використовують закон об'ємних відношень газів у розв'язуванні задач?

Згідно із законом Авогадро, однакові об'єми газів містять однакову кількість молекул (за однакових умов — температури й тиску). Якщо кожна молекула одного газу реагує з однією молекулою іншого, наприклад у реакції

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl, \qquad (1)$$

то мають взаємодіяти однакові об'єми речовин, скажімо 1 л H_2 та 1 л Cl_2. У реакції

$$2CO + O_2 = 2CO_2 \qquad (2)$$

один об'єм кисню реагує з двома об'ємами чадного газу; лише за такої умови кількість молекул чадного газу удвічі перевищуватиме кількість молекул кисню (на це вказує хімічне рівняння).

Узагальненням зроблених висновків є *закон об'ємних відношень газів у хімічних реакціях*, який відкрив французький науковець Жозеф-Луї Гей-Люссак у 1808 р.:

об'єми газів, які взаємодіють між собою та утворюються внаслідок реакції, відносяться як невеликі цілі числа.

Згодом з'ясувалося, що ці числа є відповідними коефіцієнтами в хімічних рівняннях. Отже, для газів у реакціях (1) і (2)

$$V(H_2) : V(Cl_2) : V(HCl) = 1 : 1 : 2;$$

$$V(CO) : V(O_2) : V(CO_2) = 2 : 1 : 2.$$



Визначте відношення об'ємів реагентів — сірководню H_2S і кисню, якщо продуктами реакції між цими газами є сірчистий газ SO_2 і вода.

Використання закону Гей-Люссака дає змогу дослідникові/дослідниці визначити, які об'єми газів потрібні для здійснення реакції. Відміряти певний об'єм газу значно легше, ніж зважити його.



Жозеф-Луї Гей-Люссак (1778—1850)

Французький фізик і хімік, член і президент Паризької академії наук. Відкрив закон теплового розширення газів за постійного тиску (1802), закон об'ємних відношень газів у хімічних реакціях (1808). Досліджував склад повітря, галогени, сполуки галогенів. Удосконалив методи хімічного аналізу. Винайшов кілька наукових приладів і промислових пристроїв.

Працюємо разом

Розглянемо приклад розв'язування задачі з використанням закону об'ємних відношень газів у хімічних реакціях.

Задача.

Обчислити об'єм азоту, який прореагує з воднем об'ємом 600 мл, і об'єм амоніаку NH_3, що утвориться внаслідок реакції.

Дано:

$V(H_2) = 600$ мл

$V(N_2) - ?$
$V(NH_3) - ?$

Розв'язання

1. Складаємо рівняння реакції:

$$N_2 + 3H_2 = 2NH_3.$$

Згідно з хімічним рівнянням і законом об'ємних відношень газів, один об'єм азоту взаємодіє з трьома об'ємами водню й утворюються два об'єми амоніаку.

2. Обчислюємо об'єм азоту складанням пропорції:

1 мл азоту прореагує з 3 мл водню,
x мл азоту — з 600 мл водню;

$$x = V(N_2) = \frac{1 \text{ мл} \cdot 600 \text{ мл}}{3 \text{ мл}} = 200 \text{ мл}.$$

3. Обчислюємо об'єм амоніаку:

із 3 мл водню утворюються 2 мл амоніаку,
із 600 мл водню — y мл амоніаку;

$$y = V(NH_3) = \frac{600 \text{ мл} \cdot 2 \text{ мл}}{3 \text{ мл}} = 400 \text{ мл}.$$

Відповідь: $V(N_2) = 200$ мл; $V(NH_3) = 400$ мл.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про закон об'ємних відношень газів у хімічних реакціях та його використання.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Збільшуватиметься, зменшуватиметься чи залишатиметься постійним сумарний об'єм речовин під час кожного хімічного перетворення, якщо всі реагенти та продукти реакцій є газами:

   а) $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$;
   б) $NH_3 + Cl_2 \rightarrow N_2 + HCl$;
   в) $CH_4 \rightarrow C_2H_2 + H_2$;
   г) $O_3 \rightarrow O_2$;
   д) $N_2 + O_2 \rightarrow NO$;
   е) $N_2H_4 \rightarrow NH_3 + N_2$?

2. Чи вистачить кисню об'ємом 2,5 л для спалювання такого ж об'єму чадного газу?

Розв'язуймо задачу

3. Обчисліть об'єм кисню, який витратиться на згоряння метану CH_4 об'ємом 2 л, якщо продуктами реакції є вода і вуглекислий газ.
4. У посудині змішали газ NO об'ємом 4 л і кисень об'ємом 3 л. Які гази буде виявлено після реакції, унаслідок якої утворюється газ NO_2? Обчисліть об'єм кожного із цих газів.
5. Після реакції у 40 мл суміші кисню з воднем залишилося 10 мл кисню, який не прореагував. Обчисліть об'єми газів, які були в суміші до взаємодії речовин.
6. У якому об'ємному відношенні необхідно змішати сірчистий газ SO_2 і повітря, щоб кожного реагенту вистачило для перебігу реакції $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_3$? Вважайте, що кисень займає п'яту частину об'єму повітря. Спробуйте розв'язати задачу усно.
7.* Обчисліть об'єм кисню, який витрачається на спалювання 200 мл суміші водню та чадного газу CO. Чи необхідно для розв'язання задачі знати кількісний склад суміші? Відповідь аргументуйте.

Шанс для творчості

8. Один об'єм газуватої сполуки Нітрогену з Гідрогеном під час згоряння в кисні утворює один об'єм азоту N_2 і два об'єми водяної

пари. Установіть формулу сполуки і запишіть рівняння відповідної реакції.

У команді

9. За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення про експерименти, що зумовили відкриття закону об'ємних відношень газів у хімічних реакціях.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 18. Відносна густина газу

Напевно, ви бачили, як у святкові дні піднімаються вгору різнобарвні кульки, наповнені легким газом — воднем або гелієм. Водень раніше використовували метеорологи, запускаючи в повітря кульки з цим газом і закріпленими датчиками. У першій половині XX ст. воднем наповнювали дирижаблі, якими транспортували різні вантажі, а також перевозили людей. Водень — легкозаймистий газ, а його суміш з повітрям від іскри вибухає. Це спричинило катастрофу великого дирижабля в 1937 р. і скоротило використання водню в різних сферах.

Важчий за повітря вуглекислий газ накопичується в деяких печерах. Таке явище іноді призводить до загибелі людей, які опиняються в цих місцях, через зупинку дихання.

Ті, хто працює в лабораторіях, на заводах, у транспортній галузі, мають знати, передусім для власної безпеки, важчий чи легший за повітря певний газ або випари нафтопродукту чи розчинника. Густину газів і випарів враховують також пожежники, гасячи вогонь.

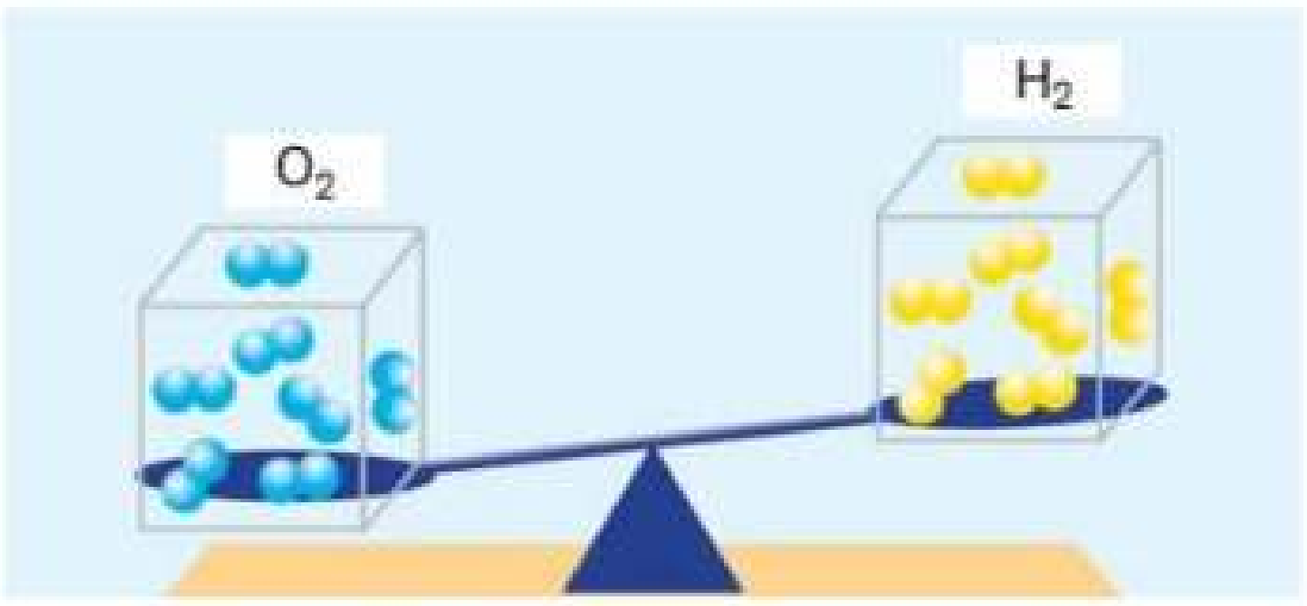
Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яка відмінність між густиною та відносною густиною газу?
- Як установити, легший чи важчий газ за повітря?
- Як використовують відносну густину газу в розв'язуванні задач?

В однакових об'ємах різних газів міститься одна й та сама кількість молекул[1]. Оскільки молекули різних речовин мають різну масу, то маси однакових об'ємів газів також різні. Наприклад, маса 1 см³ кисню за нормальних умов становить 0,00143 г, а маса такого самого об'єму водню — 0,0000893 г. Кисень важчий за водень (мал. 48). А в скільки разів? Поділимо масу 1 см³ кисню на масу 1 см³ водню:

$$\frac{m(O_2)}{m(H_2)} = \frac{0{,}00143\ г}{0{,}0000893\ г} = 16.$$

Отже, кисень у 16 разів важчий за водень.



Мал. 48. Порівняння мас однакових об'ємів газів

Число 16 називають *відносною густиною* кисню за воднем. Цю величину позначають літерою D:

$$D_{H_2}(O_2) = 16.$$

Відносна густина газу за іншим газом — відношення маси певного об'єму газу до маси такого самого об'єму іншого газу (за однакових температури і тиску).

Маса речовини об'ємом 1 см³ чисельно дорівнює її густині. Густини кисню і водню за нормальних умов такі:

$$\rho(O_2) = 0{,}00143\ г/см^3,$$
$$\rho(H_2) = 0{,}0000893\ г/см^3.$$

Дізнатися, у скільки разів кисень важчий за водень, можна, поділивши густину кисню на густину водню:

$$D_{H_2}(O_2) = \frac{\rho(O_2)}{\rho(H_2)} = \frac{0{,}00143\ г/см^3}{0{,}0000893\ г/см^3} = 16.$$

Ця формула пояснює, чому величину, про яку йдеться в параграфі, названо відносною густиною.

---

[1] За одних і тих самих умов.



Чи можна за допомогою аналогічних обчислень з'ясувати, у скільки разів алюміній легший за свинець, а гліцерин важчий за етиловий спирт? Відповідь аргументуйте.



Найлегший з усіх газів — водень H_2, найважчий — радон Rn.

Відносна густина, як і відносна атомна або молекулярна маса, не має розмірності.

Якщо взяти порції кисню і водню об'ємами по 22,4 л за нормальних умов, то маси газів (у грамах) чисельно дорівнюватимуть їхнім молярним або відносним молекулярним масам. Узявши це до уваги обчислимо відносну густину кисню за воднем:

$$D_{H_2}(O_2) = \frac{M(O_2)}{M(H_2)} = \frac{M_r(O_2)}{M_r(H_2)} = \frac{32}{2} = 16.$$

Перетворимо всі наведені вище формули на загальні. Важчий газ позначимо літерою B, легший — літерою A, а відносну густину першого газу за другим — $D_A(B)$:

$$D_A(B) = \frac{m(B)}{m(A)} = \frac{\rho(B)}{\rho(A)} = \frac{M_r(B)}{M_r(A)} = \frac{M(B)}{M(A)}.$$

Запам'ятайте: маси газів можна використовувати для обчислення відносної густини газу лише за умови, що $V(B) = V(A)$.



Обчисліть відносну густину вуглекислого газу за гелієм.

Гази часто порівнюють з повітрям. Хоча повітря — суміш газів, проте його можна умовно вважати газом з молярною масою 29 г/моль. Цю величину називають *середньою молярною масою повітря*. Її значення перебуває в проміжку між числами 32 і 28 — відносними молекулярними масами кисню O_2 та азоту N_2, які є основними компонентами повітря.

M(пов.) = = 29 г/моль

Як обчислити середню молярну масу повітря, ви можете дізнатися за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/r-1-p-19.html).

text

Формули для обчислення відносної густини газу B за повітрям:

$$D_{пов.}(B) = \frac{M_r(B)}{29} = \frac{M(B)}{29}.$$

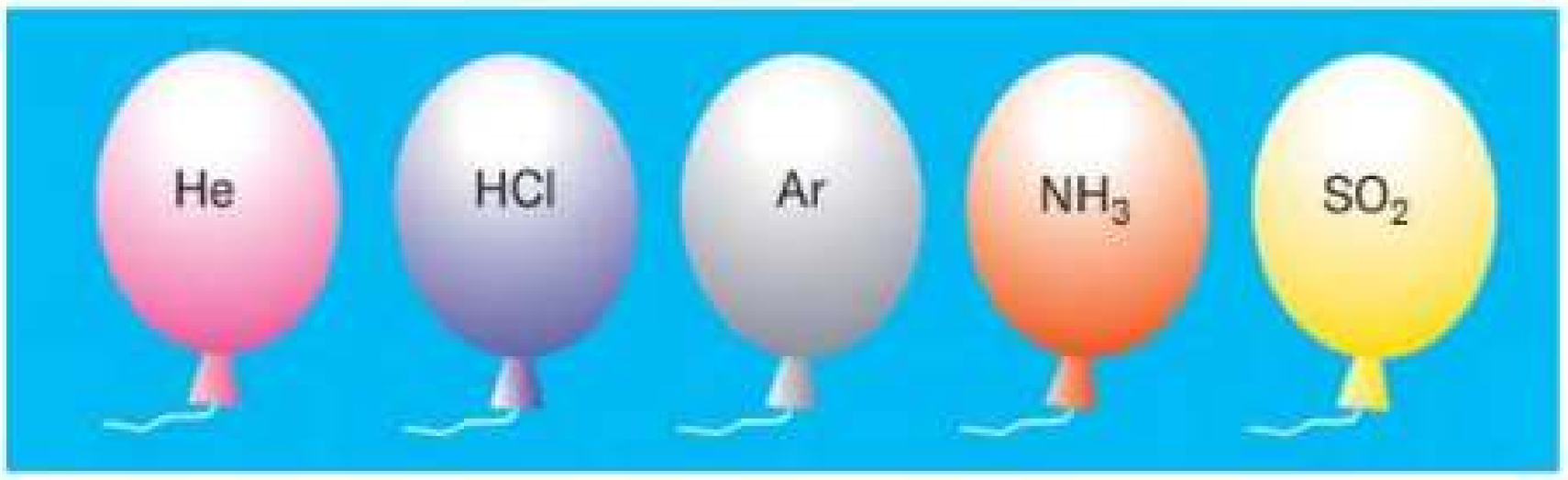


Доведіть, що водень і метан легші від повітря.

З'ясувати, легший чи важчий газ за повітря, дуже просто. Потрібно заповнити ним гумову кульку і відпустити її.



На малюнку — п'ять кульок з газами, формули яких зазначено на них. Якщо газ легший за повітря, зобразіть у зошиті кульку з газом, яка рухається вгору, а якщо газ важчий за повітря, зобразіть кульку, що рухається вниз.





Чому кисень, який важчий від повітря, не накопичується біля земної поверхні, а легший від повітря азот не піднімається вгору?

Працюємо разом

Розглянемо приклади розв'язування задач, у яких обчислимо або використаємо відносну густину газу.

Задача 1.
Обчислити відносні густини вуглекислого газу за воднем і за повітрям.

Дано:	Розв'язання
CO_2	Обчислюємо відносні густини вуглекислого газу за формулами:
$D_{H_2}(CO_2) - ?$ $D_{пов.}(CO_2) - ?$	$$D_{H_2}(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{M(H_2)} = \frac{44\ г/моль}{2\ г/моль} = 22.$$
	$$D_{пов.}(CO_2) = \frac{M(CO_2)}{M(пов.)} = \frac{44\ г/моль}{29\ г/моль} = 1{,}52.$$
	Відповідь: $D_{H_2}(CO_2) = 22$; $D_{пов.}(CO_2) = 1{,}52$.

Згідно з отриманим результатом вуглекислий газ у 1,52 раза важчий від повітря. Очевидно, що повітря у стільки ж разів легше від вуглекислого газу.

Знаючи відносну густину невідомого газу B за певним газом A, можна обчислити молярну масу газу B за формулою

$$M(B) = D_A(B) \cdot M(A).$$

Задача 2.
Відносна густина газу X (сполука Сульфуру) за воднем становить 17. Обчислити молярну масу газу X і встановити його хімічну формулу.

Дано:

$D_{H_2}(X) = 17$
X — сполука Сульфуру

$M(X)$ — ?
X — ?

Розв'язання

1. Обчислюємо молярну масу газу X:

$$M(X) = D_{H_2}(X) \cdot M(H_2) = 17 \cdot 2 \text{ г/моль} = 34 \text{ г/моль}.$$

2. Установлюємо хімічну формулу газу X, який є сполукою Сульфуру.
Оскільки $M(S) = 32$ г/моль, а $M(X) = 34$ г/моль, то в молекулі X міститься лише один атом Сульфуру. На інший елемент у молярній масі X «залишається» 34 г/моль − 32 г/моль = 2 г/моль. Очевидним є те, що цей елемент — Гідроген, і його атомів у молекулі X — два:

$$2M(H) = 2 \cdot 1 \text{ г/моль} = 2 \text{ г/моль}.$$

Отже, формула газу X — H_2S.

Відповідь: $M(X) = 34$ г/моль; X — H_2S.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про відносну густину газу, її обчислення та використання.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

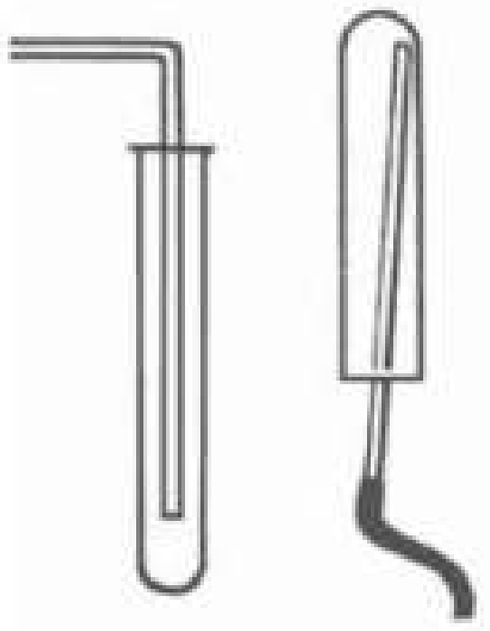
1. Порівняйте величини «відносна густина» і «густина».
2. Обчисліть відносну густину за воднем газів із такими формулами: He, Ne, CH_4, NH_3, N_2, CO, SiH_4, SO_2. (Усно.)

Поміркуймо

3. Чому відносну густину газу наводять, не вказуючи умови — тиск і температуру?
4. Відносна густина за воднем газоподібної простої речовини становить 24. Яка хімічна формула цієї речовини?
5. Укажіть напрямок переміщення в повітрі:
   а) газу хлору Cl_2, який використовували в хімічних атаках у Першій світовій війні;
   б) газу амоніаку NH_3 в разі аварії на хімічному заводі.

Аналізуймо

6. Один зі способів збирання газу в хімічному досліді — витиснення ним повітря з посудини. Оберіть варіант розміщення пробірки (мал. 49), у яку збиратимете:
   а) вуглекислий газ;
   б) водень;
   в) метан CH_4.



Мал. 49. Варіанти збирання газу в пробірку

Пояснюймо

7. Чому відносна густина суміші газу етилену C_2H_4 з чадним газом CO не залежить від її кількісного складу?

Розв'язуймо задачу

8. Обчисліть густину повітря за нормальних умов.
9. Відносна густина газу *A* за повітрям становить 1,59. Обчисліть відносну молекулярну масу цього газу.
10.* Є газ, який легший за повітря в 1,7 раза. Важчий чи легший він за метан CH_4 й у скільки разів?
11. Маса газу *X* об'ємом 2 л становить 3,75 г, а маса такого самого об'єму газу *Y* — 2,32 г. Обчисліть густину газу *X*, а також його відносну густину за газом *Y*.
12. Газ об'ємом 1 л за нормальних умов має масу 1,96 г. Обчисліть відносну густину цього газу за азотом.

Формуймо словничок

13. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

14. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 19. Обчислення за хімічними рівняннями

У середні віки алхіміки не знали, що за допомогою обчислень можна визначити масу речовини, яка взаємодіятиме з певною масою іншої речовини або утвориться внаслідок реакції. В експериментах вони використовували довільні порції реагентів, а за їх залишками з'ясовували, які маси речовин прореагували. У наш час без урахування мас чи об'ємів речовин виконують лише прості досліди, щоб дізнатися, відбувається реакція чи ні, а також з'ясувати особливості взаємодії речовин. Експерименти, спрямовані на одержання певної кількості продукту реакції або витрачання певної кількості реагента, завжди доповнюють обчисленнями — попередніми чи підсумковими.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як використовують маси та кількості речовини реагентів і продуктів, а також об'єми газів у розв'язуванні задач?

Обчислення мас, кількостей речовини реагентів і продуктів реакцій, об'ємів газів, які взаємодіють або утворюються, виконують за хімічними рівняннями. Для цього використовують значення відносних атомних, молекулярних мас або молярних мас. На підставі результатів обчислень дослідники/дослідниці, технологи/технологині цілеспрямовано здійснюють хімічні перетворення і одержують необхідні маси продуктів реакцій, уникаючи надлишку і втрат реагентів.

Працюємо разом

Розглянемо приклади розв'язування задач з використанням хімічних рівнянь. Нагадуємо, що коефіцієнти в хімічних рівняннях указують на відношення кількостей речовини реагентів і продуктів реакцій:

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5;$$

4 моль 5 моль 2 моль

$$n(P) : n(O_2) : n(P_2O_5) = 4 : 5 : 2.$$

Задача 1.
Обчислити кількість речовини Al_2S_3, яка утвориться внаслідок реакції алюмінію із сіркою кількістю речовини 0,6 моль.

Дано:	Розв'язання
$n(S) = 0{,}6$ моль	1. Складаємо хімічне рівняння:
$n(Al_2S_3)$ — ?	$2Al + 3S = Al_2S_3$.

Згідно з рівнянням, з кожної порції сірки кількістю речовини 3 моль утворюється сполука Al_2S_3 кількістю речовини 1 моль.

2. Готуємо запис для складання пропорції.
Указуємо під формулами сірки і сполуки Al_2S_3 їхні кількості речовини згідно з коефіцієнтами в хімічному рівнянні (3 моль і 1 моль відповідно), а над формулами — наведену в умові задачі кількість речовини сірки (0,6 моль) і невідому кількість речовини сполуки Al_2S_3 (x моль):

$$\overset{0{,}6\ \text{моль}}{2Al} + \overset{x\ \text{моль}}{3S} = \underset{1\ \text{моль}}{Al_2S_3}.$$
$$\underset{3\ \text{моль}}{}$$

3. Обчислюємо кількість речовини сполуки Al_2S_3.
Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

за рівнянням реакції
із 3 моль S утворюється 1 моль Al_2S_3,
за умовою задачі
із 0,6 моль S — x моль Al_2S_3;

$$\frac{3\ \text{моль}}{0{,}6\ \text{моль}} = \frac{1\ \text{моль}}{x\ \text{моль}};$$

$$x = n(Al_2S_3) = \frac{0{,}6\ \text{моль} \cdot 1\ \text{моль}}{3\ \text{моль}} = 0{,}2\ \text{моль}.$$

Відповідь: $n(Al_2S_3) = 0{,}2$ моль.

Задача 2.
Обчислити масу магнію, який прореагував з киснем, якщо маса одержаного оксиду MgO становила 16 г.

Дано:
$m(MgO) = 16$ г

$m(Mg) - ?$

Розв'язання

1-й спосіб

1. Складаємо хімічне рівняння:

$$2Mg + O_2 = 2MgO.$$

Згідно з рівнянням, кількості речовини магнію і оксиду однакові, наприклад 2 моль Mg і 2 моль MgO.

2. Записуємо молярні маси магнію і оксиду:

$$M(Mg) = 24\ \text{г/моль};$$

$$M(MgO) = 24\ \text{г/моль} + 16\ \text{г/моль} = 40\ \text{г/моль}.$$

3. Готуємо запис для складання пропорції.
Указуємо під формулами магнію і оксиду в хімічному рівнянні маси 2 моль кожної речовини, а над

формулами — невідому масу магнію (x г) і відому з умови задачі масу оксиду (16 г):

$$\overset{x\ \text{г}}{2\text{Mg}} + \text{O}_2 = \overset{16\ \text{г}}{2\text{MgO}}.$$
$$\underset{2 \cdot 24\ \text{г}}{\phantom{2\text{Mg}}} \qquad \underset{2 \cdot 40\ \text{г}}{\phantom{2\text{MgO}}}$$

4. Обчислюємо масу магнію.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

за рівнянням реакції

із $2 \cdot 24$ г Mg утворюється $2 \cdot 40$ г MgO,

за умовою задачі

із x г Mg — 16 г MgO;

$$\frac{2 \cdot 24\ \text{г}}{x\ \text{г}} = \frac{2 \cdot 40\ \text{г}}{16\ \text{г}};$$

$$x = m(\text{Mg}) = \frac{2 \cdot 24\ \text{г} \cdot 16\ \text{г}}{2 \cdot 40\ \text{г}} = 9{,}6\ \text{г}.$$

2-й спосіб

1. Складаємо хімічне рівняння:

$$2\text{Mg} + \text{O}_2 = 2\text{MgO}.$$

2. Обчислюємо кількість речовини оксиду:

$$n(\text{MgO}) = \frac{m(\text{MgO})}{M(\text{MgO})} = \frac{16\ \text{г}}{40\ \text{г/моль}} = 0{,}4\ \text{моль}.$$

3. Згідно з коефіцієнтами в хімічному рівнянні, кількість речовини магнію, що реагує з киснем, така сама, що й оксиду, який утворюється. Отже,

$$n(\text{Mg}) = n(\text{MgO}) = 0{,}4\ \text{моль}.$$

4. Обчислюємо масу магнію:

$$m(\text{Mg}) = n(\text{Mg}) \cdot M(\text{Mg}) =$$
$$= 0{,}4\ \text{моль} \cdot 24\ \text{г/моль} = 9{,}6\ \text{г}.$$

Відповідь: $m(\text{Mg}) = 9{,}6$ г.



Обчисліть масу речовини LiI, яку одержали за реакцією літію з йодом I_2 кількістю речовини 0,1 моль.

Задача 3.

Обчислити об'єм кисню[1], який утвориться внаслідок повного розкладу гідроген пероксиду кількістю речовини 0,3 моль.

[1] У цій та інших задачах об'єми газів відповідають нормальним умовам.

Дано:

$n(H_2O_2) = 0{,}3$ моль

$V(O_2)$ — ?

Розв'язання

1. Записуємо хімічне рівняння і готуємо запис для складання пропорції:

$$\underset{2\text{ моль}}{2H_2O_2} = \underset{1\text{ моль}}{O_2} + 2H_2O.$$

$0{,}3$ моль — x моль

2. Обчислюємо кількість речовини кисню.

Складаємо пропорцію і розв'язуємо її:

із 2 моль H_2O_2 утворюється 1 моль O_2,

із 0,3 моль H_2O_2 — x моль O_2;

$$x = n(O_2) = \frac{0{,}3\text{ моль} \cdot 1\text{ моль}}{2\text{ моль}} = 0{,}15\text{ моль}.$$

3. Обчислюємо об'єм кисню:

$$V(O_2) = n(O_2) \cdot V_м =$$
$$= 0{,}15\text{ моль} \cdot 22{,}4\text{ л/моль} = 3{,}36\text{ л}.$$

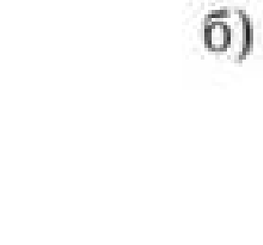
Відповідь: $V(O_2) = 3{,}36$ л.



Мідь можна одержати за реакцією оксиду CuO з воднем. Обчисліть масу оксиду і об'єм водню, які взаємодіють, якщо утворюється мідь масою 16 г.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про способи розв'язування задач з використанням мас, кількостей речовини реагентів і продуктів, об'ємів газів.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. У наведених записах укажіть значення x:

x моль — $0{,}2$ моль

а) $SO_3 + Li_2O = Li_2SO_4$;

8 г — x моль

б) $MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$;

$$\overset{x\ л}{CO_2} + \overset{1\ моль}{2KOH} = K_2CO_3 + H_2O;$$

в)

$$\overset{44,8\ л}{SO_2} + \overset{x\ г}{CaO} = CaSO_3.$$

г)

2. Обчисліть кількість речовини сполуки $FeCl_3$, яка утворилася внаслідок взаємодії заліза з хлором Cl_2 кількістю речовини 0,1 моль.
3. Реакція відбувається згідно з рівнянням $A + 3Б = 2В + 3Г$. Які кількості речовини B і $Г$ утворяться, якщо прореагує:
   а) 0,1 моль A;
   б) 6 моль $Б$? (Усно.)
4. Обчисліть масу оксиду CaO, яка утворилася після спалювання кальцію масою 10 г. (Усно.)
5. Обчисліть об'єм сірчистого газу SO_2, який було одержано спалюванням сірки масою 16 г. (Усно.)

Розв'язуймо задачу

6. Обчисліть кількість речовини кисню, який прореагував з оксидом NO, якщо утворився оксид NO_2 об'ємом 5,6 л.
7. Після повного термічного розкладу крейди $CaCO_3$ утворилися оксид CaO кількістю речовини 0,15 моль і вуглекислий газ. Обчисліть масу крейди, використаної в досліді. Вважайте, що в крейді немає домішок.
8. Обчисліть сумарний об'єм газів, одержаних унаслідок розкладу електричним струмом води кількістю речовини 0,1 моль.
9.* У лабораторії одержали кисень термічним розкладом речовини $KClO_3$. Схема цієї реакції: $KClO_3 \rightarrow KCl + O_2$. Маса речовини, використаної в досліді, становила 3,5 г, а об'єм одержаного кисню — 560 мл. За допомогою обчислень визначте, чи вся речовина розклалася.

Оцінюймо свої знання

10. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 20. Реакції сполучення

Первинний Всесвіт являв собою «неосяжну» суміш найдрібніших частинок, серед яких були й атоми. На одному з етапів його еволюції атоми почали сполучатися між собою з утворенням молекул; багато молекул також сполучалися. Так утворювалися речовини, з яких «будувалися» планети, їхні супутники, комети. Відбувалося безліч реакцій сполучення. Хімічні перетворення цього типу досліджують у лаборато-

ріях, здійснюють на заводах, демонструють на заняттях з хімії в школах і університетах.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які типи речовин є реагентами і продуктами в реакціях сполучення?
- Які речовини називають сульфідами?

Однією з характеристик, за якими класифікують хімічні реакції, є кількість реагентів і продуктів. Вам уже відомі два типи реакцій, які різняться цим показником, — реакції сполучення і реакції розкладу.

Реакції сполучення за участю кисню. З киснем, переважно за нагрівання, реагує більшість металів і неметалів (§ 8). Магній у разі підпалювання горить у повітрі сліпучо-білим полум'ям, сірка — блідо-блакитним полум'ям, а в чистому кисні — яскравим (мал. 24):

$$2Mg + O_2 \overset{t}{=} 2MgO;$$

$$S + O_2 \overset{t}{=} SO_2.$$

Алюміній взаємодіє з киснем повітря за стандартних умов без зовнішнього ефекту; на поверхні металу миттєво утворюється дуже тонка, але міцна плівка речовини Al_2O_3.



Складіть рівняння цієї хімічної реакції.

Якщо підпалити в повітрі водень, який виділяється під час реакції з пробірки або колби по тоненькій трубочці, то він горітиме дуже блідим полум'ям, яке можна й не помітити.



Змоделюйте в зошиті або на комп'ютері реакцію водню з киснем, використавши кулькові моделі молекул речовин.



1. З киснем не взаємодіють золото, платина, хлор, бром, йод.
2. Про реакцію між простими речовинами іноді кажуть, що це — синтез речовини, яка утворюється.

Продуктами реакцій простих речовин з киснем є оксиди — сполуки хімічних елементів з Оксигеном.

Як скласти формулу оксиду певного хімічного елемента? Чому формула оксиду саме така? Відповіді на ці запитання знайдете в матеріалі розділу 3.

З киснем взаємодіють не лише прості речовини, а й оксиди. Чадний газ згоряє в повітрі, перетворюючись на вуглекислий газ (§ 8). Реакція

сірчистого газу з киснем відбувається на одній зі стадій виробництва сірчаної кислоти:

$$2SO_2 + O_2 \overset{t,\,k}{=} 2SO_3.$$



Чи всі оксиди можуть реагувати з киснем? Якщо ні, то коли взаємодія оксиду з киснем неможлива? Візьміть до уваги склад (хімічні формули) оксидів.

Реакції простих речовин з іншими неметалами. З металами і неметалами реагує також сірка. Ці реакції відбуваються внаслідок нагрівання. Якщо сірку розплавити і пропускати над нею водень, то речовини взаємодіятимуть з утворенням газу сірководню, який має запах «тухлих яєць». Його хімічна формула подібна до формули води.



Складіть рівняння реакції сірки з воднем.

За приклад реакції сірки з металом оберемо її взаємодію із залізом. Якщо змішати порошки обох простих речовин і нагріти суміш, то в певний момент почнеться реакція, яка супроводжуватиметься сильним розігріванням речовин. Спостерігати за її перебігом ви можете за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-21-video-1.html). Рівняння реакції:

video

$$Fe + S \overset{t}{=} FeS.$$

Сполуки металічних елементів із Сульфуром називають *сульфідами*.

Реагентами в багатьох реакціях сполучення є фтор (найактивніший неметал), хлор, бром та інші неметали.

Суміш водню з газом фтором вибухає в темряві за стандартних умов, а з газом хлором — у разі освітлення. Бром взаємодіє з воднем під час нагрівання. Продукти цих реакцій утворені двоатомними молекулами.



Складіть відповідні хімічні рівняння.

За реакцією хлору з міддю ви можете спостерігати за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-21-video-2.html). Рівняння цієї реакції:

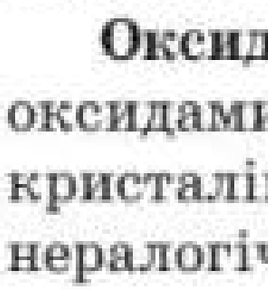
video

$$Cu + Cl_2 \overset{t}{=} CuCl_2.$$

Інші реакції сполучення. У реакції цього типу можуть брати участь дві складні речовини. Наведемо приклад.

Дехто з вас бачив, як на присадибній ділянці чи будівельному майданчику одержують гашене вапно — до негашеного вапна додають воду. Речовини взаємодіють згідно з рівнянням

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2.$$



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, для чого використовують вапно.

Реакція сполучення між трьома речовинами відбувається, коли іржавіє залізо (§ 12). У регіонах, де переважають вапнякові гірські породи, вапняк $CaCO_3$ дуже повільно взаємодіє з водою і розчиненою в ній невеликою кількістю вуглекислого газу. Продуктом реакції є розчинна сполука Кальцію:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2.$$

Унаслідок цього хімічного явища утворилися вапнякові печери, яких чимало в західних областях України.

Оксиди і сульфіди в природі. Літосфера багата на мінерали, які є оксидами і сульфідами. Вони приваблюють своїм кольором, формою кристалів (мал. 29, 50). Перегляд зразків цих природних речовин у мінералогічному музеї завжди залишає незабутнє враження.





Мал. 50.
Сульфідні мінерали



За відомостями з інтернету з'ясуйте, який мінерал називають «золотом дурнів» і чому.



Нерозчинні у воді різнобарвні сульфіди можна одержати в лабораторії, змішуючи розчини двох реагентів (мал. 51).

Частина природних оксидів (наприклад, Fe_2O_3, Fe_3O_4, MnO_2, Mn_3O_4) і сульфідів (ZnS, Cu_2S та ін.) є основними складниками металічних руд. На заводах руди переробляють на метали.



Мал. 51. Кольори сульфідів CuS, Sb_2S_5, CdS, MnS і ZnS

В Україні є понад пів сотні родовищ залізних руд. Найбільше родовище розташоване в Криворізькому басейні. Марганцеві руди зосереджені в Нікопольському басейні та на Запоріжжі. За запасами залізних і марганцевих руд Україна посідає 1-ше місце в Європі. Видобуток залізних руд у нашій країні становить 4 % від світового, а марганцевих — 10 %.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про реакції сполучення, участь у них металів, неметалів, складних речовин, а також про оксиди і сульфіди.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Укажіть у наведеному переліку формули оксидів і формули сульфідів: PbS, SO_2, O_3, SCl_4, H_2O, S_8, SnS_2, H_2SO_4, Ag_2S, HgO.
2. Складіть рівняння реакції між простими речовинами, якщо її продуктом є: а) амоніак NH_3; б) оксид Fe_3O_4; в) сульфід Al_2S_3.
3. Мідь, реагуючи з киснем, перетворюється на оксид Cu_2O, який взаємодіє з киснем з утворенням оксиду CuO. Складіть хімічні рівняння обох реакцій.

Розв'язуймо задачу

4. Обчисліть об'єм кисню (за нормальних умов), який взаємодіє з фосфором масою 6,2 г, якщо формула продукту реакції — P_2O_5.

Аналізуймо

5.* Суміш цинку і сірки нагрівали до завершення взаємодії речовин. Продуктом реакції є сульфід ZnS. Чи залишилася після досліду частина реагенту (якого?), якщо в суміші містилися:
а) однакові маси простих речовин;
б) однакові кількості речовини реагентів?

У команді

6. За відомостями в інтернеті з'ясуйте, з якими простими речовинами взаємодіють золото і срібло. Переконайтеся, що ці метали є хімічно пасивними.

Шанс для творчості

7. Використавши інформацію з інтернету, напишіть довідку про мінералогічний музей Львівського національного університету імені Івана Франка і колекцію мінералів у ньому.

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 21. Керування хімічними реакціями

Фахівцям, які одержують речовини за допомогою хімічних реакцій у лабораторіях, цехах хімічних заводів, важливо, щоб реагенти взаємодіяли з оптимальною швидкістю. Якщо реакція відбувається дуже повільно, витрачається зайвий час, а якщо дуже швидко — можуть статися надмірне розігрівання речовин (у разі екзотермічної реакції) або викид реакційної суміші з реактора (якщо з розчину виділяється газ). Невипадково учням/ученицям рекомендують використовувати в дослідах малі порції речовин і спостерігати за їх взаємодією протягом усього експерименту.

На кухні ми контролюємо процес приготування страв і за потреби керуємо хімічними перетвореннями харчових продуктів. Передусім до-

бираємо температурний режим, потім уважно нагріваємо, варимо чи смажимо продукти, перевертаємо їх або перемішуємо, щоб не підгоріли, тобто щоб з інгредієнтами не відбулися небажані хімічні реакції.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які чинники впливають на перебіг хімічної реакції?
- Як змінюється швидкість реакції залежно від умов її здійснення?
- У чому полягає керування хімічними перетвореннями речовин?

Швидкість хімічної реакції. Одні хімічні реакції відбуваються миттєво (наприклад, вибух суміші метану з повітрям), інші — досить швидко (горіння речовин), деякі — повільно (багато реакцій розкладу). Процес взаємодії речовин характеризують, використовуючи величину, яку називають *швидкістю хімічної реакції*. В однорідній суміші реагентів швидкість реакції визначають за зміною кількості речовини реагенту або продукту в суміші об'ємом 1 л за 1 с. Ми не будемо обчислювати швидкість реакцій, а зазначатимемо, збільшується чи зменшується швидкість реакції в разі зміни умов, за яких вона відбувається.

Звісно, швидкість реакції залежить від самих реагентів, їхньої хімічної активності. Наприклад, якщо підпалити магній, то він швидко згоряє, а мідь підпалити не вдається. Реакція цього металу з киснем відбувається повільно, навіть якщо мідь постійно нагрівати.



Який метал швидше кородує — залізо чи срібло? Чому?

Вплив концентрації реагентів на швидкість реакції. Якщо реагент перебуває в розчині, то він взаємодіє з іншим реагентом тим активніше, чим більша його концентрація (частинки реагентів частіше стикаються одна з одною). У разі взаємодії газів реакції прискорюються зі збільшенням тиску. Відстані між молекулами в стисненому газі менші, ніж за стандартного тиску, і молекули реагентів частіше контактують.



В одну пробірку до шматка крейди додали оцет об'ємом 5 мл, а в другу пробірку до такого самого шматка крейди додали оцтову есенцію об'ємом 5 мл. У якій пробірці зафіксуємо швидше виділення вуглекислого газу? Відомості про масові частки оцтової кислоти в оцті та оцтовій есенції відшукайте в інтернеті.

Чи змінюватиметься з часом швидкість реакції між розчиненими речовинами чи між газами? Так, бо реагенти витрачатимуться, кількість

їхніх атомів та молекул зменшуватиметься і дедалі рідше частинки цих речовин стикатимуться одна з одною.

Вплив температури на швидкість реакції. З підвищенням температури збільшується швидкість руху молекул у газах і рідинах, частота й амплітуда коливань найменших частинок у твердих речовинах. Унаслідок цього збільшується кількість активних зіткнень частинок реагентів, що зумовлює збільшення швидкості реакції. Як нагрівання впливає на розклад гідроген пероксиду H_2O_2, ви з'ясували, виконавши експеримент (с. 38).



Коли свіже молоко швидше скисає — восени чи влітку?

Вплив каталізатора на швидкість реакції. Те, що каталізатор пришвидшує реакцію, ви зафіксували після додавання оксиду MnO_2 в розчин гідроген пероксиду (с. 37). Іншим каталізатором цієї реакції є речовина $FeCl_3$. Якщо додати невелику порцію її бурого розчину до розчину H_2O_2, починається інтенсивне виділення кисню, а забарвлення рідини не змінюватиметься (мал. 52). Отже, речовина $FeCl_3$, як і MnO_2, під час розкладу гідроген пероксиду не витрачається.



Мал. 52. Розклад гідроген пероксиду за наявності каталізатора $FeCl_3$

Іноді каталізатор спричиняє певне хімічне перетворення. На заводах з виробництва азотної кислоти перша стадія технологічного процесу ґрунтується на взаємодії амоніаку з киснем за наявності каталізатора. Один із продуктів цієї реакції — оксид NO — є реагентом на другій стадії процесу: $2NO + O_2 = 2NO_2$. Якщо каталізатор не використовувати, то замість оксиду NO утвориться азот N_2, який взаємодіятиме з киснем за дуже високої температури, неприйнятної для промислової технології.

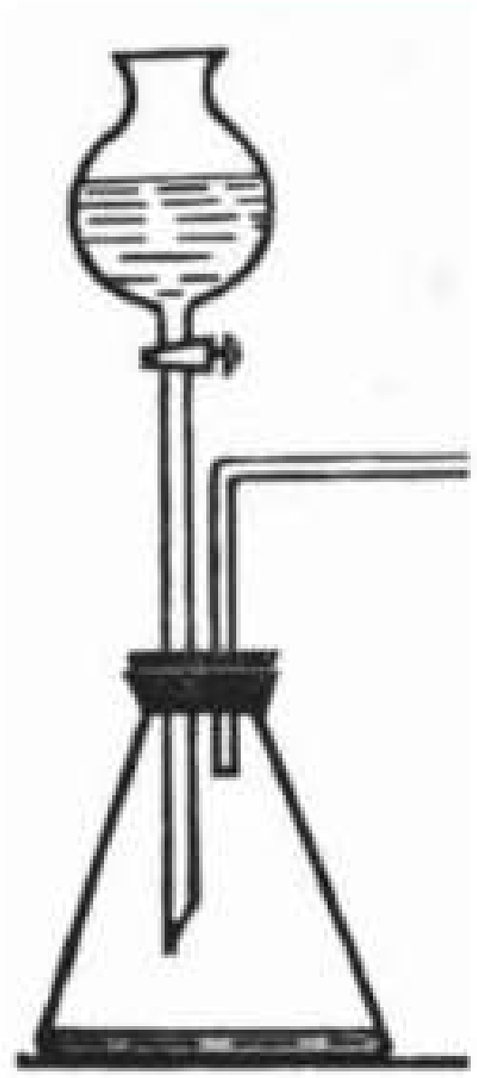
Створення нових ефективних каталізаторів та їх вивчення — важливий напрям досліджень у хімії. Істотні досягнення в цій сфері мають науковці/науковиці Інституту фізичної хімії ім. Л. В. Писаржевського НАН України і вітчизняних університетів.

Керування хімічними реакціями в різних сферах. Маючи на меті здійснити хімічну реакцію, беруть до уваги всі чинники, які впливають на її перебіг. Людина вирішує, використати реагенти чи їх розчини, визначає після відповідних обчислень кількості реагентів, обирає температуру, іноді — тиск і каталізатор. За потреби регулює перебіг реакцій — уповільнює або зупиняє небажані перетворення речовин і прискорює ті,

які необхідно здійснити. Якщо, наприклад, реагент чи продукт реакції може окиснитися киснем повітря, то взаємодію речовин здійснюють у реакторі, заповненому вуглекислим газом, азотом чи аргоном.

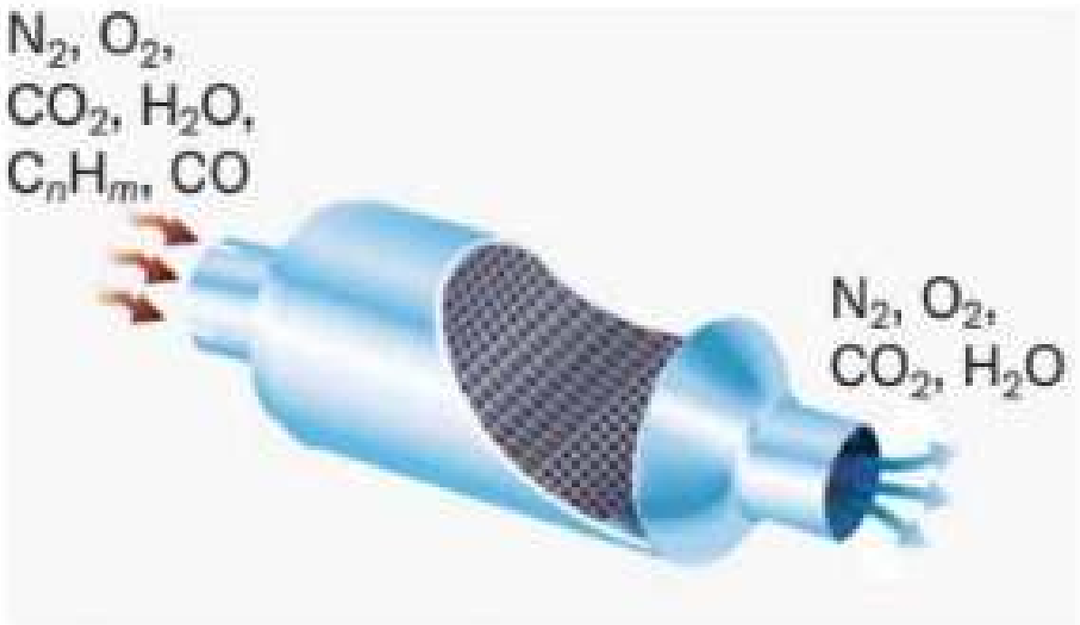


Ви одержуватимете газ взаємодією між розчинами двох реагентів. Як забезпечите перебіг реакції з потрібною швидкістю, використовуючи прилад, зображений на малюнку 53?



Мал. 53. Прилад для одержання газу

На керування хімічними реакціями в атмосфері за участю озону спрямовані заходи зі збереження озонового шару (§ 10). Вони полягають у контролі країн за виробництвом та використанням озоноруйнівних речовин. У § 12 розглянуто способи запобігання корозії металів. Каталізатори у двигунах внутрішнього згоряння (мал. 54) унеможливлюють утворення продуктів неповного згоряння пального, які забруднюють повітря. У виробництві вин для зупинення процесу бродіння виноградного соку в нього пропускають сірчистий газ. З метою поліпшення умов для фотосинтезу влаштовують додаткове освітлення розсади овочевих культур, а також газонів на футбольних полях критих стадіонів (мал. 55).

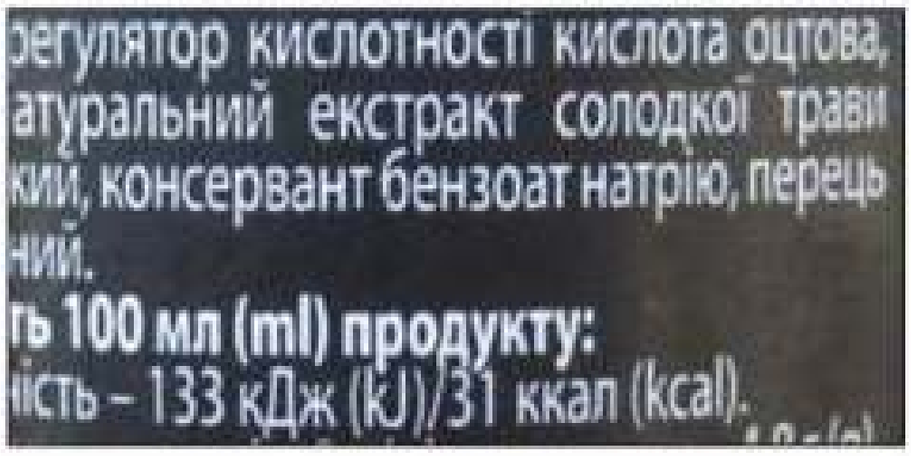


Мал. 54. Насадка до вихлопної труби з каталізатором у розрізі



Мал. 55. Освітлення газону на футбольному полі

Є речовини, які уповільнюють хімічні реакції. Їх називають інгібіторами (про них ми згадували в § 12). Додавання до бензину таких речовин (антидетонаторів) запобігає надто швидкому його згорянню у двигуні, а також вибуху бензиново-повітряної суміші. У продукцію



Мал. 56.
Фрагмент етикетки
на упаковці соусу

харчової промисловості часто додають невелику кількість речовин-консервантів (мал. 56), що збільшує термін зберігання продуктів. Ці добавки мають бути безпечними для людини.

З інформацією про те, як уникнути швидкого псування харчових продуктів, тобто унеможливити реакції їхніх компонентів з киснем і водою, ви можете ознайомитися за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/r-1-p-22.html).

text

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про швидкість хімічної реакції, залежність її від різних чинників, а також про необхідність керування хімічними реакціями.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Наведіть приклади хімічних реакцій у природі, які відбуваються:
   а) дуже повільно;
   б) з помітною швидкістю.
2. Від яких чинників залежить швидкість хімічної реакції і як саме?
3. Наведіть приклади хімічних реакцій, з якими ви стикаєтеся в побуті і швидкість яких різна.

Поміркуймо

4. Назвіть чинники, що впливають на швидкість реакції між газами $2NO + O_2 = 2NO_2$, яка відбувається за стандартних умов без каталізатора.

5.* Жири окиснюються в лабораторних умовах, якщо їх нагрівати, а в організмі людини — за температури тіла. Яка, на ваш погляд, причина такої відмінності?

У команді

6. Чому для приготування овочевих страв часто використовують пароварку замість сковорідки?
7. Для приготування багатьох страв рекомендують певні інтервали значень температури. Чому багато людей обирають найнижчу температуру в цьому інтервалі?
8. Чому компот з ягід доцільно варити 15 хв, а не 30 чи 40 хв?

Аналізуймо

9. Як можна уповільнити процес горіння; пришвидшити його; зупинити?

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
11. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень, виписаних вами з параграфів 12—21, і об'єднайте його зі словником до параграфів 4—11. Отримаєте словничок до розділу 1 підручника.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
13. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=p37n7bjf324) завдання за матеріалом параграфів 12—21.

test

Розділ 2

Класифікуємо й упорядковуємо хімічні елементи

Бурхливий розвиток хімічної науки в останні півтора століття став можливим завдяки відкриттю періодичного закону — основного закону хімії. Спираючись на нього, дослідники виявили в природі десятки раніше невідомих хімічних елементів, пояснили багато фактів, спрогнозували та обґрунтували закономірності у світі речовин.

Після того як було з'ясовано, що атоми мають складну будову, періодичний закон отримав потужну теоретичну підтримку. Виявилося, що хімічний характер елементів і властивості речовин залежать від кількості електронів у атомах, їхньої енергії, здатності атомів втрачати або приєднувати електрони.

Періодичний закон використовують у своїй діяльності не лише хіміки, а й фізики, геологи, біологи, фахівці, які працюють у суміжних із хімією наукових напрямах.

Суть періодичного закону розкриває періодична таблиця хімічних елементів. Вона — джерело інформації для всіх, хто вивчає хімію, досліджує речовини та їх перетворення.

§ 22. Перші спроби класифікації хімічних елементів

Важливим завданням кожної науки є класифікація об'єктів її дослідження. Коли зароджувалася наука хімія, існувала потреба в упорядкуванні простих речовин, а згодом виникла необхідність у класифікації хімічних елементів. Над розв'язанням цих проблем працювали

науковці різних країн. Досягнуті ними успіхи стали опорою для відкриття періодичного закону, який об'єднав і систематизував усі хімічні елементи.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як виникли і формувалися уявлення про хімічний елемент?
- На чому ґрунтувалися спроби класифікації хімічних елементів?

Розвиток уявлень про хімічний елемент. Давньогрецькі філософи вважали, що всі речовини складаються з чотирьох елементів-першоначал — вогню, повітря, води і землі. На їхню думку, ці «стихії» є носіями певних якостей, притаманних речовинам, — теплоти, холоду, вологості й сухості. Таких поглядів дотримувалися й алхіміки.

Термін «елемент», який за змістом наближався до сучасного, виник у науці в XVII ст. Англійський хімік Роберт Бойль назвав елементом те, що є межею розкладу речовини. Якби ми жили тоді, то розуміли б під елементом атом.

Французький науковець Антуан-Лоран Лавуазьє вважав елементом просту речовину, оскільки її неможливо розкласти на інші речовини. Однак відомо, що не розкладається чимало складних речовин, наприклад оксиди SiO_2, Al_2O_3, а проста речовина озон легко перетворюється на іншу — кисень: $2O_3 = 3O_2$. Не розрізняв елемент і просту речовину англійський дослідник Джон Дальтон.

На межі XIX—XX ст. фізики встановили, що атом складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів. Відтоді почали визначати хімічний елемент як *вид атомів з певним зарядом ядра*. Нині, характеризуючи якісний склад води, восьмикласник/восьмикласниця скаже, що ця речовина складається з молекул, які містять атоми двох видів (із зарядами ядер +1 і +8). Отже, вода є сполукою двох хімічних елементів — Гідрогену та Оксигену.



Яким експериментом ви визначите якісний склад води?

Спроби класифікації хімічних елементів. У часи становлення науки хімії дослідники намагалися «навести порядок» серед кількох десятків відомих тоді хімічних елементів, тобто згрупувати їх за певними ознаками.

Класифікацію простих речовин, на основі якої пізніше виникла одна з класифікацій хімічних елементів, запропонував наприкінці XVIII ст. Лавуазьє. Він поділив прості речовини на *метали* і *неметали*. Така кла-

сифікація була надто загальною і недосконалою. Наприклад, прості речовини графіт і телур за певними властивостями нагадували метали, а за іншими — неметали. Однак поділ простих речовин на дві великі групи мав важливе значення в розвитку хімії.



Які фізичні властивості, що має графіт, є характерними для металів?

Серед металів і серед неметалів були речовини, дуже подібні між собою. Хіміки об'єднали їх у родини, які отримали такі назви: лужні метали, галогени, інертні гази.

Лужні метали. Це — літій, натрій, калій, рубідій, цезій, францій. Вони легкі, м'які (мал. 57), легкоплавкі, виявляють дуже високу хімічну активність (мал. 58). Перебуваючи в повітрі, лужні метали швидко взаємодіють з киснем і водяною парою, тому їх зберігають у гасі в герметично закритих посудинах (мал. 59) або ампулах, з яких видалено повітря. Зазначені метали назвали лужними, оскільки вони реагують з водою з утворенням лугів — розчинних речовин із загальною формулою *M*OH (*M* — символ металічного елемента).



Мал. 57.
Натрій можна різати ножем



Мал. 58.
Реакція цезію з водою



Мал. 59.
Так зберігають лужні метали



Кілька металів називають лужноземельними. За відомостями з інтернету з'ясуйте, які це метали, а також походження назви «лужноземельні».

Галогени. Таку загальну назву мають неметали фтор, хлор, бром і йод. Ці прості речовини складаються із двоатомних молекул: F_2, Cl_2, Br_2, I_2. За стандартних умов фтор і хлор — гази, бром — рідина, а йод — тверда речовина (мал. 60).



Мал. 60.
Хлор, бром і йод

Галогени є дуже активними в хімічних реакціях. Вони взаємодіють з багатьма металами, неметалами, складними речовинами. Вам відома сполука Натрію з Хлором — кухонна сіль NaCl; її можна одержати за реакцією металу натрію з неметалом хлором. Назва «галогени» походить від грецького слова «галос» — сіль.

Інертні гази. Ці прості речовини — гелій, неон, аргон, криптон, ксенон і радон — було відкрито в другій половині XIX ст. Їх назвали інертними газами, оскільки вони не взаємодіяли з жодною речовиною. У минулому столітті дослідники виявили, що криптон, ксенон і радон реагують з найактивнішим неметалом фтором. Тому було запропоновано іншу назву інертних газів — благородні гази.



Назва неіснуючої планети, на якій народився герой коміксів Супермен, — Криптон. Чому, на ваш погляд, так назвали планету творці цих коміксів?



Гелій спочатку виявлено на Сонці й аж через 13 років — на нашій планеті.

Інертні (благородні) гази складаються не з молекул, як інші гази, а з атомів.

Хімічні елементи, які утворюють розглянуті родини простих речовин, мають аналогічні загальні назви: *лужні елементи, галогени, інертні елементи.*

Наприкінці 20-х років XIX ст. німецький науковець Йоган-Вольфганг Деберайнер поділив частину подібних елементів на трійки, або *тріади*:

Li, Na, K Ca, Sr, Ba S, Se, Te Cl, Br, I Fe, Co, Ni

У першій тріаді бачимо лужні елементи, у четвертій — галогени. Розмістивши хімічні елементи у тріадах за збільшенням відносних атомних мас, Деберайнер виявив цікаву закономірність: напівсума відносних атомних мас двох крайніх у тріаді елементів приблизно чи точно

дорівнювала відносній атомній масі «центрального» елемента. Для першої тріади:

$$\frac{A_r(\text{Li}) + A_r(\text{K})}{2} = \frac{7 + 39}{2} = 23 = A_r(\text{Na}).$$

Крім того, властивості простої речовини та сполук цього елемента виявилися «проміжними» порівняно з властивостями простих речовин і сполук двох сусідніх елементів у тріаді.



Обчисліть напівсуму відносних атомних мас Хлору та Йоду і порівняйте її зі значенням відносної атомної маси Брому.

Сформувати тріади з інших елементів Деберайнеру не вдалося.

У 1865 р. англійський дослідник Джон Ньюлендс розмістив відомі тоді хімічні елементи за збільшенням відносних атомних мас у ряд:

H Li Be B C N O F Na Mg Al Si P S Cl K Ca Cr Ti Mn Fe ...

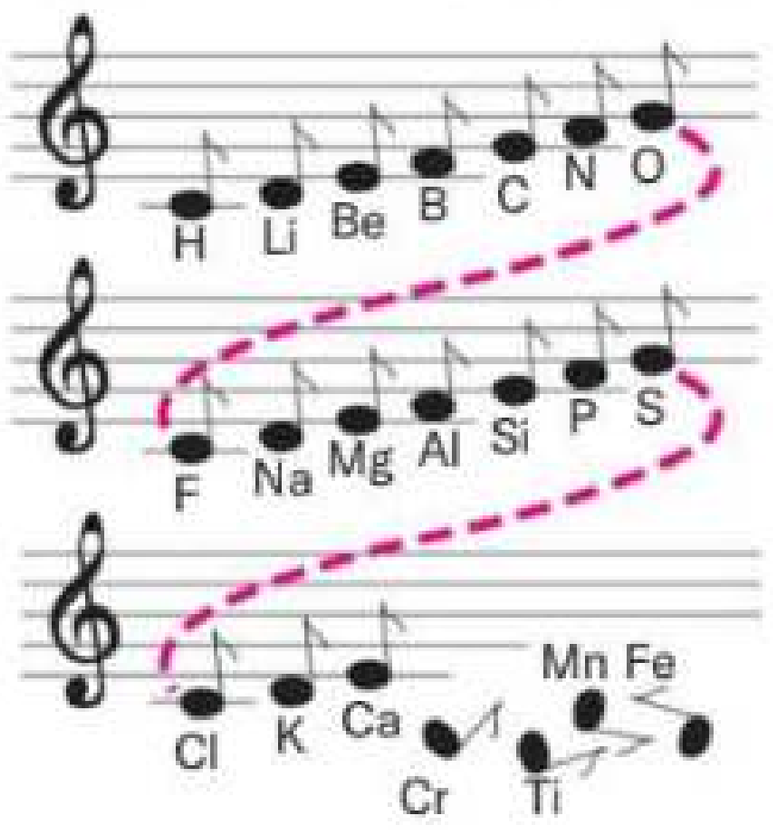
Він помітив, що в багатьох випадках кожний восьмий елемент подібний до обраного за перший. Подібними були й відповідні прості речовини. Цікаво, що таку особливість має звуковий ряд у музиці: кожна перша і восьма ноти мають однакові назви, а їх звучання людина сприймає як майже однакове.



Укажіть у наведеному ряду хімічні елементи, подібні до Калію.

Закономірність, виявлену Ньюлендсом, назвали *правилом октав*. Вона спостерігалася на початку ряду елементів, але далі порушувалася (мал. 61). Наприклад, Манган не був подібним до Фосфору, а Ферум — до Сульфуру. Число 8, як свідчить історія хімічної науки, спочатку вважали якимось магічним, але після з'ясування будови атома воно отримало наукове обґрунтування (розділ 3).

Ще одну спробу класифікації хімічних елементів здійснив у 1862 р. німецький хімік Лотар-Юліус Маєр. Він оприлюднив таблицю, у якій розмістив 28 елементів (значно менше, ніж було відомо тоді) за збільшенням відносних атомних мас (табл. 3). У кожному стовпчику таблиці були розміщені подібні елементи.



Мал. 61. «Октави» хімічних елементів

Таблиця 3

Таблиця хімічних елементів Маєра*

Значення валентності**					
IV	**III**	**II**	**I**	**I**	**II**
...	...	...	...	Li 7,03	(Be 9,3?)
C 12,0	N 14,04	O 16,00	Fl 19,0	Na 23,05	Mg 24,0
Si 28,5	P 31,0	S 32,07	Cl 35,46	K 39,13	Ca 40,0
...	As 75,0	Se 78,8	Br 79,97	Rb 85,4	Sr 87,6
Sn 117,6	Sb 120,6	Te 128,3	I 126,8	Cs 133,0	Ba 137,1
Pb 207,0	Bi 208,0	...	...	(Tl 204?)	...

* У клітинках наведено використані Маєром відносні атомні маси.
** Про валентність хімічних елементів ітиметься в розділі 3.



Укажіть стовпчики з елементами-галогенами і лужними елементами.

Розглянуті спроби науковців здійснити класифікацію хімічних елементів охоплювали лише їх частину, але створили передумови для відкриття періодичного закону.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про спроби класифікації хімічних елементів*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Що раніше вважали хімічним елементом і як його визначають нині?
2. Укажіть серед наведених ознак ті, які використали Лавуазьє, Деберайнер, Ньюлендс і Маєр для класифікації простих речовин та

хімічних елементів: властивості простих речовин, поширеність елементів у природі, склад характерних сполук, значення відносних атомних мас.

3. Проаналізуйте твердження.

I. Є хімічні елементи, які утворюють лише прості речовини.

II. Галогени — загальна назва кількох хімічних елементів, а також кількох неметалів.

Чи є з-поміж них правильні?

А. Правильне лише I
Б. Правильне лише II
В. Обидва правильні
Г. Немає правильних

Аналізуймо

4. Порівняйте ряд елементів Ньюлендса з їх послідовністю в періодичній таблиці та вкажіть відмінності.

5.* Відкоригуйте речення, наведене у Вікіпедії: *Лужні метали — елементи I групи періодичної системи за винятком водню.*

У команді

6. Чому, на ваш погляд, не запропоновано впорядкувати хімічні елементи за алфавітом? Чи можна отримати в такий спосіб варіант класифікації елементів?

Шанс для творчості

7. Створіть проєкт «Неонові реклами».

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 23. Періодичний закон

Ви вже ознайомилися із законами, дія яких поширюється на гази (закон Авогадро), хімічні реакції (закон збереження маси речовин, закон об'ємних відношень газів). А чи існує закон, якому підпорядковані хімічні елементи? Так, це — періодичний закон. Він є спільним для хімічних елементів і утворених ними речовин — простих і складних.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Який ряд хімічних елементів є природним, незалежним від людини?
- У чому полягає зміст періодичного закону?

Відкриття періодичного закону. Проблема класифікації хімічних елементів зацікавила в 60-ті роки XIX ст. дослідника Дмитра Менделєєва. Його пошуки були спрямовані на виявлення закономірностей і взаємозв'язків, які охоплювали б усі елементи, а не лише їх частину. Узявши за основу, як Ньюлендс і Маєр, маси атомів, дослідник розмістив усі відомі на той час 63 хімічні елементи в ряд за збільшенням відносних атомних мас. Наводимо початок ряду елементів[1] (Гелію і Неону в ньому немає; обидва елементи було відкрито пізніше):

H	Li	Be	B	C	N	O	F	Na	Mg	Al	…
1	7	9	11	12	14	16	19	23	24	27	

У цьому ряду за неметалічним елементом Гідрогеном перебувають два металічних елементи (їхні клітинки темніші), потім — п'ять неметалічних елементів, після них — знову металічні елементи і т. д. Отже, *хімічний характер елементів у ряду періодично повторюється.*



Які зміни в природі можна охарактеризувати словом «періодичність»? Порівняйте за змістом це слово зі словами «неперервність», «сталість», «поступовість».

Складений ряд містив подібні фрагменти (їх називають *періодами*). Першим у кожному фрагменті був типовий металічний елемент (лужний), а останнім — типовий неметалічний елемент (галоген). Наводимо два сусідні фрагменти ряду, які містять по 7 елементів:

Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

Хімічний характер елементів, властивості простих речовин, склад і властивості сполук елементів змінюються у фрагментах *поступово*. Переконаємося в цьому, розглянувши другий фрагмент (під символами елементів наведено формули їх оксидів):

Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	Cl_2O_7

[1] Під символами елементів розміщено округлені значення відносних атомних мас.

Першим у цьому фрагменті є лужний елемент Натрій, який утворює дуже активні в реакціях метал натрій і оксид Na_2O. За Натрієм розміщений Магній, проста речовина якого — метал магній — і оксид MgO виявляють меншу хімічну активність. Третій елемент у фрагменті також металічний, це — Алюміній. Його оксид за хімічними властивостями відрізняється від оксиду Магнію. Силіцій, Фосфор, Сульфур і Хлор — неметалічні елементи. Хімічна активність неметалів, утворених цими елементами, зростає; найактивнішим серед них є хлор.



Відшукайте в інтернеті інформацію про взаємодію натрію і магнію з водою, а також сірки і хлору з воднем. Переконайтеся, що натрій хімічно активніший за магній, а хлор хімічно активніший за сірку.

Один із висновків зі щойно викладеного такий: *металічний характер елементів у кожному фрагменті їхнього ряду посилюється справа наліво, а неметалічний характер — зліва направо*:

металічний характер елементів		неметалічний характер елементів			
←					→
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

Ряд хімічних елементів, складений за збільшенням відносних атомних мас, було названо *природним рядом*, тобто таким, що існує незалежно від людини в природі.

Закономірності, виявлені в природному ряду хімічних елементів, зумовили відкриття в 1869 р. *періодичного закону*, або *закону періодичності*. Наводимо перше формулювання закону: *властивості хімічних елементів, простих речовин, а також склад і властивості сполук перебувають у періодичній залежності від значень атомних мас*.

Періодичність у хімії — це повторення (але не копіювання) хімічного характеру елементів, особливостей будови атомів, складу, будови і властивостей речовин через певну кількість елементів у їхньому природному ряду.

Причину періодичності у світі хімічних елементів на той час не вдалося розкрити, оскільки наука ще не набула достатнього розвитку. Однак хімічна спільнота була переконана, що згодом це обов'язково станеться.



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, які хімічні елементи дослідники відкрили в 70—80-ті роки XIX ст., спираючись на періодичний закон.

Сучасне формулювання періодичного закону. Наприкінці XIX ст. фізики виявили, що атом має складну будову. Це допомогло встановити, що фундаментальною характеристикою кожного елемента є *заряд*

ядра атома, а не маса атома. Тому нині періодичний закон формулюють так:

властивості хімічних елементів, простих речовин, а також склад і властивості сполук перебувають у періодичній залежності від значень зарядів ядер атомів.

Періодичний закон — один з основних законів природи. Він розкриває єдність хімічних елементів, взаємозв'язок між ними і становить фундамент хімічної науки. Вивчаючи хімію, ви часто звертатиметеся до цього закону, знайдете нові факти, які підтверджують його, зможете передбачати хімічні властивості простих і складних речовин, імовірність перебігу реакцій за їх участю.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про періодичний закон і його сучасне формулювання*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. У фрагменті природного ряду елементів, який починається з Літію (с. 123), укажіть хімічний характер кожного елемента і тип його простої речовини. Який метал і який неметал серед простих речовин цих елементів найактивніші в хімічних реакціях?
2. Укажіть відмінність між сучасним і першим формулюваннями періодичного закону.
3. Які місця зайняли в природному ряду інертні елементи Гелій і Неон після їх відкриття? Використайте значення відносних атомних мас цих елементів.

Порівняйте

4. За відомостями з інтернету з'ясуйте, однаковою чи різною є хімічна активність літію і натрію — металів, утворених першими хімічними елементами сусідніх фрагментів природного ряду (с. 123).

Аналізуймо

5. Запишіть формули оксидів Літію, Берилію і Бору, взявши до уваги, що ці сполуки подібні за складом до оксидів Натрію, Магнію та Алюмінію (с. 123).

Формуймо словничок

6. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

7. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 24. Періодична таблиця хімічних елементів

Суть закону збереження маси речовин під час хімічної реакції можна проілюструвати математичною формулою. Ви записали її, виконавши завдання 1 на с. 25. Математичні формули (такі, як на с. 92) зазвичай додають до формулювання закону об'ємних відношень газів у хімічних реакціях і використовують у розв'язуванні задач. Періодичний закон не має математичної підтримки. Його зміст унаочнює загальновідома таблиця, яка є в цьому та інших підручниках з хімії, шкільних хімічних кабінетах/лабораторіях, аудиторіях і лабораторіях хімічних факультетів університетів.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яку структуру має періодична таблиця?
- Як користуватися коротким і довгим варіантами періодичної таблиці?

Періодична таблиця — джерело відомостей про хімічні елементи. Періодичною таблицею користуються всі, хто вивчає або викладає хімію, одержує чи досліджує речовини. За розміщенням хімічного елемента в ній можна з'ясувати склад і будову його атома, передбачити хімічні властивості утворених елементом простої (простих) і складних речовин.

Періодичну таблицю називають *табличним виразом періодичного закону*. Вона має два основних варіанти — *короткий* (форзац I) і *довгий* (форзац II).

Вам уже відомо, що в кожній клітинці періодичної таблиці містяться:

- символ хімічного елемента;
- його порядковий (атомний) номер;

• назва елемента;

• назва простої речовини, якщо вона відрізняється від назви елемента.

У клітинках короткого варіанта таблиці наведено ще й значення відносних атомних мас і відомості про електронну будову атомів.

Структура періодичної таблиці. Періодична таблиця хімічних елементів складається з рядків (періодів) і стовпчиків (груп).

Період — фрагмент природного ряду елементів від лужного елемента[1] до інертного.

Кожний варіант періодичної таблиці має сім періодів. У довгому варіанті періодом є один рядок таблиці, а в короткому — один чи два сусідні рядки. Перший період, другий і третій називають малими періодами, а четвертий, п'ятий, шостий і сьомий — великими. Періоди нумерують арабськими цифрами.

Група — стовпчик хімічних елементів у періодичній таблиці.

Короткий варіант періодичної таблиці містить вісім груп елементів (форзац I). Їх прийнято нумерувати римськими цифрами. Кожна група складається з двох *підгруп* — *головної* та *побічної*. Головні підгрупи позначено в періодичній таблиці латинською літерою *a*, побічні — літерою *b*. Символи елементів головних підгруп зміщені вліво від центра клітинок, а символи елементів побічних підгруп — управо. Розпізнати підгрупи можна й так: клітинки елементів головних підгруп забарвлені в рожевий або жовтий колір, а клітинки елементів побічних підгруп — у синій або зелений колір.



Назвіть хімічні елементи I групи, які належать: а) до головної підгрупи; б) до побічної підгрупи.

Довгий варіант періодичної таблиці містить 18 груп елементів; їх нумерують арабськими цифрами (форзац II). Кольори клітинок хімічних елементів у ньому такі самі, що й у короткому варіанті таблиці.

Частини обох варіантів періодичної таблиці подано на малюнку 62.

У нижніх частинах обох варіантів періодичної таблиці є два окремі рядки, у кожному з яких розміщені 14 елементів (форзаци I і II). У верхньому рядку — елементи із загальною назвою «лантаноїди» (тобто подібні до Лантану), а в нижньому — «актиноїди» (подібні до Актинію). Біль-

[1] Перший період започатковує Гідроген.

шість цих елементів було відкрито у XX ст. Вони належать побічній підгрупі III групи. Лантаноїди — елементи 6-го періоду, актиноїди — 7-го. Для зручності ці елементи винесено за межі основного поля періодичної таблиці.

Періоди \ Групи	*a* I *b*	*a* II *b*	*a* III *b*	*a* IV *b*
1	H			
2	Li	Be	B	C
3	Na	Mg	Al	Si
4	K	Ca	Sc	Ti
	Cu	Zn	Ga	Ge

а

Періоди \ Групи	1	2	3	4
1	H			
2	Li	Be		
3	Na	Mg		
4	K	Ca	Sc	Ti

11	12	13	14	15	16	17	18
							He
		B	C	N	O	F	Ne
		Al	Si	P	S	Cl	Ar
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr

б

Мал. 62.
Періоди і групи в короткому (*а*) й довгому (*б*) варіантах періодичної таблиці

За місцем хімічного елемента в періодичній таблиці можна робити різні передбачення. У довгому варіанті таблиці від Бору до Астату є ламана лінія (форзац II). Ліворуч від неї перебувають металічні елементи, а праворуч — неметалічні. Елементи Германій, Стибій і Полоній, що розміщені поблизу цієї лінії, утворюють прості речовини, які за одними властивостями подібні до металів, а за іншими — до неметалів. У головних підгрупах (форзац I) містяться як металічні елементи, так і неметалічні, а в побічних підгрупах — лише металічні елементи[1].



Елементи яких типів розміщені в підгрупах I*a*, I*b*, IV*a*, IV*b*?

Найбільш подібними між собою є хімічні елементи однієї підгрупи, а між елементами головної та побічної підгруп кожної групи бувають суттєві відмінності.

Періодичну таблицю хімічних елементів завдяки її науковій цінності та естетичній довершеності використовують в оформленні закладів і

[1] Елементи побічних підгруп називають перехідними.



Мал. 63.
Один із корпусів університету UNAM, м. Мехіко



Мал. 64.
Текстильний виріб

наукових установ (мал. 63). Нею іноді прикрашають вироби побутового призначення (мал. 64).

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про періодичну таблицю хімічних елементів та її структуру*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Які частини періодичної таблиці називають періодом і групою хімічних елементів?
2. Порівняйте періоди за кількістю хімічних елементів.
3. Назвіть групу, яка містить найбільше елементів.
4. Укажіть номери груп, у яких перебувають лужні елементи, галогени, інертні елементи.

Дізнаваймося

5. Запишіть у зошит інформацію про хімічний елемент № 9, яка є в періодичній таблиці.

Виконаймо вправу

6. Заповніть таблицю:

Хімічний елемент		Порядковий номер	Розміщення в короткому варіанті періодичної таблиці		
символ	назва		період	група	підгрупа
C					
			4	V	*a*
		26			

7. Назвіть хімічні елементи, які розміщені: а) у 2-му періоді, V групі; б) у 5-му періоді, IV групі, головній підгрупі; в) у 6-му періоді, VIII групі, побічній підгрупі. Для кожного елемента вкажіть порядковий номер. У яких групах перебувають ці елементи в довгому варіанті періодичної таблиці?

Аналізуймо

8. Серед наведених чисел укажіть ті, які є порядковими номерами металічних елементів і неметалічних елементів: 1, 6, 11, 16, 20, 30, 35.
9. За розміщенням Брому, Магнію, Мангану і Селену в періодичній таблиці визначте, металічним чи неметалічним є кожний елемент.

У команді

10. Порівняйте періодичну таблицю, яка є в хімічному кабінеті/лабораторії, де ви навчаєтесь, із таким самим варіантом таблиці на форзаці підручника. Якщо є відмінності між ними, укажіть їх.
11. Назвіть два елементи, найбільш подібні до: а) Стронцію; б) Фосфору; в) Стануму; г) Хлору.

Формуймо словничок

12. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
13. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень, виписаних вами з параграфів 22—24.

Оцінюймо свої знання

14. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
15. Скориставшись набутими знаннями, розв'яжіть розміщений за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=p2ym31xon25) кросворд.
16. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=pvis58non24) завдання за матеріалом параграфів 22—24.

crossword

test

§ 25. Склад атомів

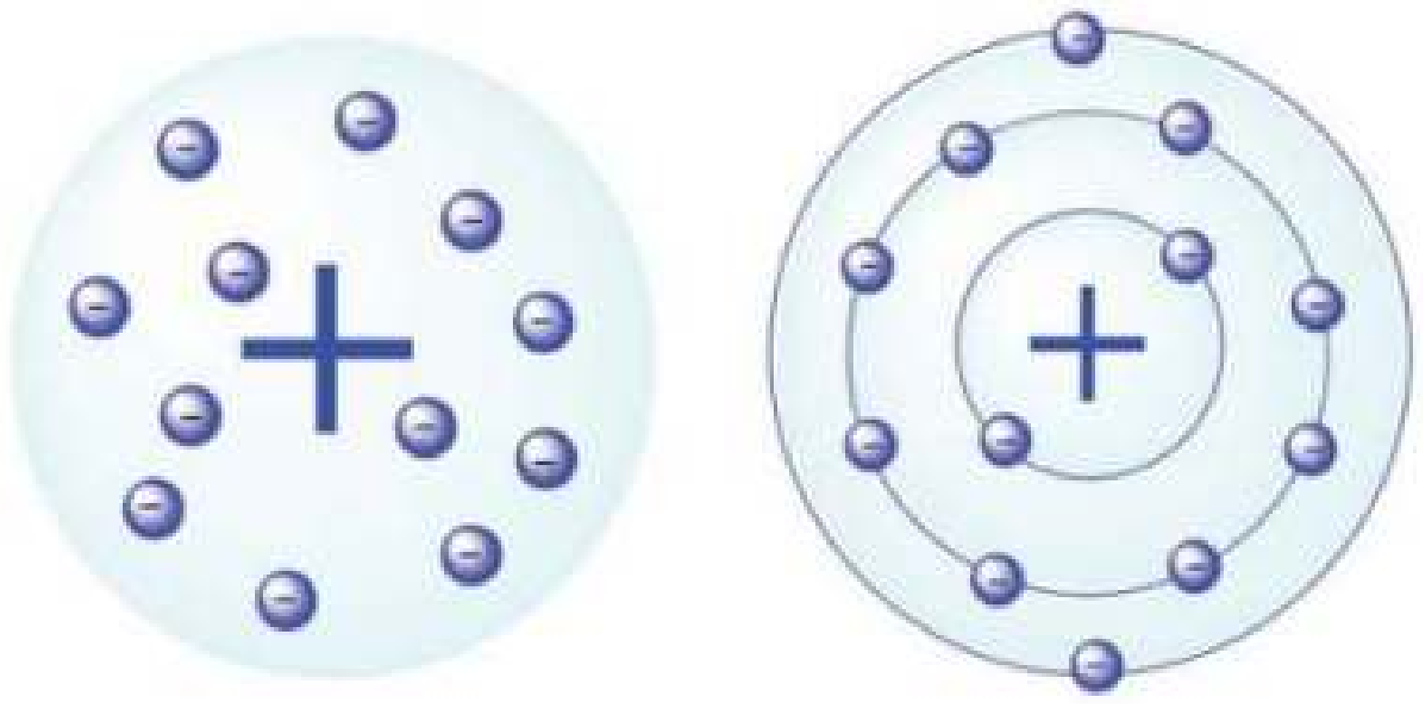
Уявлення давніх філософів про атом як найменшу, однорідну й неподільну частинку речовини не змінювалися протягом багатьох століть. Таким сприймали атом і дослідники, закладаючи основи хімічної науки. Вони вважали атоми монолітними невидимими частинками, які не можна зруйнувати. Наприкінці XIX ст. і в першій третині XX ст. під час складних фізичних експериментів було встановлено, що атом є сукупністю ще дрібніших частинок.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які моделі атома відображають його будову?
- Як визначають кількісний склад атома?

Еволюція моделей атома. У 1897 р. англійський фізик Джозеф-Джон Томсон відкрив *електрон*[1]. Маса електрона виявилася майже у 2000 разів меншою за масу найлегшого з атомів — атома Гідрогену. Заряд електрона становить −1 (в одиницях вимірювання заряду елементарних частинок).

Оскільки атом електронейтральний, то в ньому, крім негативно заряджених електронів, має бути «щось» із позитивним зарядом. Узявши це до уваги, Томсон у 1904 р. припустив, що атом є суцільною однорідною субстанцією з позитивним зарядом, у якій розподілені електрони (мал. 65, *а*).



а *б*

Мал. 65. Перші моделі атома: *а* — модель Томсона; *б* — модель Резерфорда



За матеріалами з інтернету з'ясуйте, яку назву отримала модель атома Томсона.

[1] Термін походить від грецького слова «електрон» — бурштин; під час тертя на поверхні бурштину виникають електричні заряди.

Англійський фізик Ернест Резерфорд, здійснивши низку дослідів, установив, що атом не є монолітним. У 1911 р. він запропонував іншу модель, згідно з якою в центрі атома перебуває позитивно заряджене ядро, а навколо ядра обертаються електрони (мал. 65, *б*)[1]. Оскільки така модель нагадувала Сонячну систему, її назвали *планетарною* (інша назва моделі — *ядерна*).

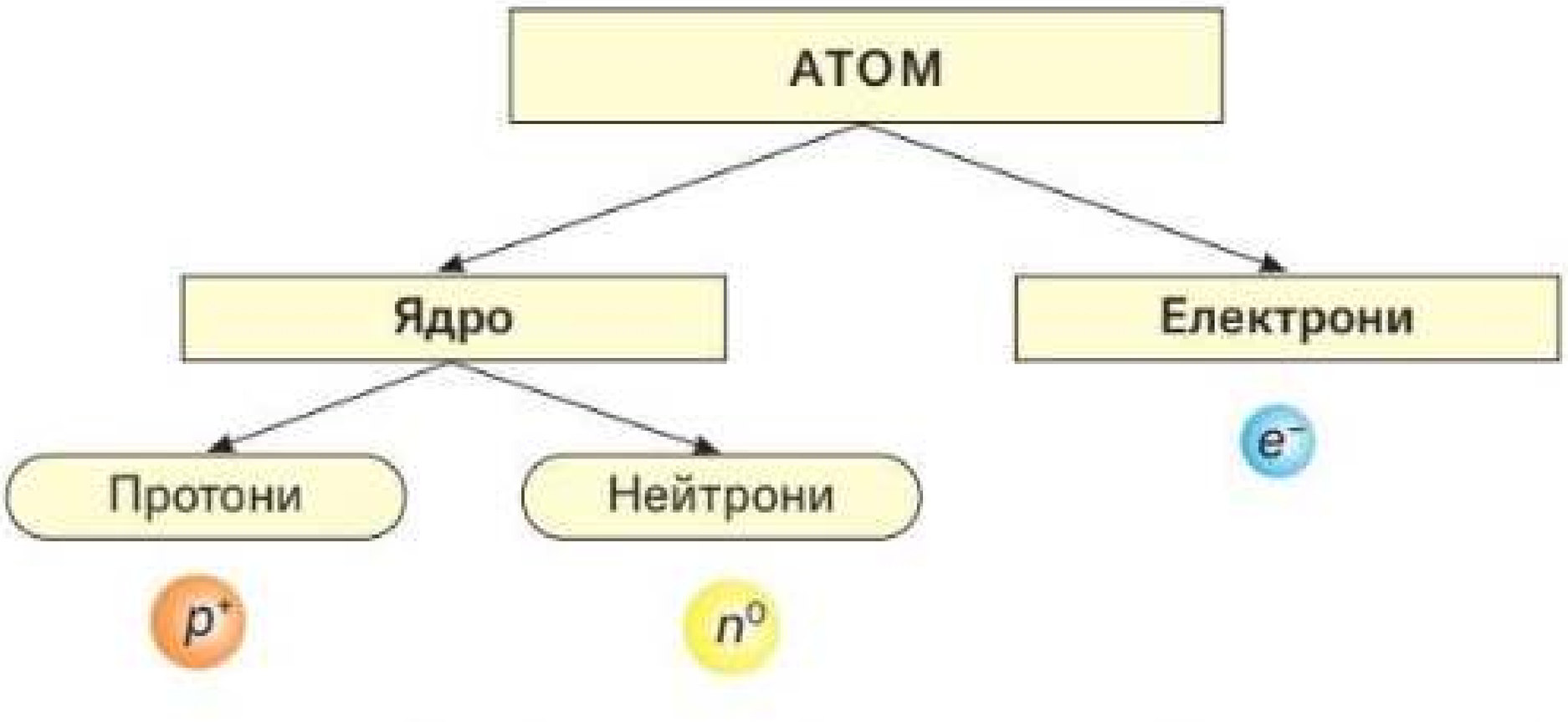
Сумарний заряд електронів такий самий, що й заряд ядра. Радіус ядра в десятки тисяч разів менший від радіуса атома. Відоме таке порівняння: якщо атом збільшити до розмірів стадіону, то ядро за розмірами нагадуватиме зернину.

Електрони утримуються в атомі електростатичними силами; маючи негативний заряд, вони притягуються до позитивно зарядженого ядра. Проте електрони не падають на ядро, бо рухаються на певних відстанях від нього з високою швидкістю, не втрачаючи енергії. Таку гіпотезу висунув данський науковець Нільс Бор у 1913 р., удосконаливши планетарну модель атома.

У 1919 р. було відкрито *протон*[2], а в 1932 р. — *нейтрон*[3]. Загальна назва протонів і нейтронів — *нуклони*[4]. Протон має заряд за значенням такий самий, як і заряд електрона, але позитивний, а нейтрон — незаряджена частинка. Тепер ми знаємо, що ці частинки є складниками ядер атомів (схема 3).

Схема 3

Складники атома



Маси протона і нейтрона приблизно однакові й майже у дві тисячі разів перевищують масу електрона. Отже, у ядрі зосереджена практично вся маса атома.

---

[1] Цікаво, що фізик Е. Резерфорд став лауреатом Нобелівської премії з хімії (1908 р.).

[2] Термін походить від грецького слова «протос» — перший, найпростіший.

[3] Термін походить від латинського слова neutrum — ні те, ні інше.

[4] Термін походить від латинського слова nucleus — ядро.

Щодо протона, нейтрона та електрона, як і щодо самих атомів, використовують не абсолютні, а відносні маси (табл. 4).

Таблиця 4

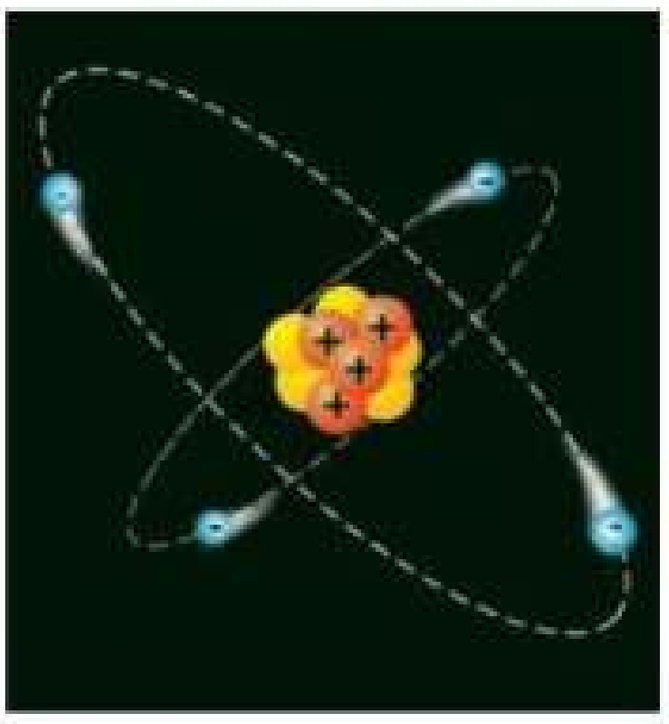
Характеристики частинок — складників атома

Частинка		Відносна маса*	Електричний заряд
назва	позначення		
Протон	p^+	1,0073	+1
Нейтрон	n^0	1,0087	0
Електрон	e^-	$5{,}485 \cdot 10^{-4}$	−1

Примітка. *Відношення маси частинки до 1/12 маси атома Карбону.

Протони і нейтрони сполучені між собою в ядрі атома особливими силами, природу яких остаточно з'ясувати ще не вдалося. Ці сили певною мірою нагадують гравітаційні, завдяки яким кожний предмет на Землі має певну вагу, тобто зазнає земного тяжіння.

Кількісний склад атомів. Оскільки атом електронейтральний, то кількість протонів у ньому дорівнює кількості електронів (мал. 66). Ця кількість збігається з порядковим номером хімічного елемента.



Мал. 66. Модель атома хімічного елемента № 4 Берилію

1. Укажіть кількість протонів та електронів в атомах Гідрогену і Карбону.
2. Модель атома якого хімічного елемента зображено на малюнку 65, *б*?
3. Назвіть хімічний елемент, атом якого має стільки електронів, скільки планет у Сонячній системі.

Кількість протонів в атомі називають *протонним числом*. Його вказують нижнім індексом зліва від символу елемента: $_4$Be.

Назвіть значення протонних чисел атомів Флуору і Натрію.

Зважаючи на будову атома, можна дати таке означення хімічного елемента:

хімічний елемент — вид атомів із певним протонним числом.

Сумарну кількість протонів і нейтронів в атомі називають *нуклонним числом*. Його позначають літерою A (не плутайте з позначенням відносної атомної маси A_r):

$$A = N(p^+) + N(n^0).$$

Нуклонне число → $^{9}_{4}Be$ ← Протонне число

Значення нуклонного числа записують верхнім індексом ліворуч від символу хімічного елемента: ^{9}Be.

Кількість нейтронів в атомі дорівнює різниці між нуклонним і протонним числами.



Скільки нейтронів в атомі Берилію?

Берилій є серед двадцяти хімічних елементів, атоми кожного з яких мають однакові нуклонні числа (вони майже збігаються з відносними атомними масами):

Be, F, Na, Al, P, Sc, Mn, Co, As, Y, Nb, Rh, I, Cs, Pr, Tb, Ho, Tm, Au, Bi.

Для 20 елементів

$A \approx A_r$

В атомах будь-якого іншого елемента може бути різна кількість нейтронів; ці атоми різняться нуклонними числами, а отже, й масою.



Визначте кількості нейтронів в атомах Флуору і Натрію.

Підсумуємо все викладене і запишемо відповідні математичні вирази.

- Атом містить однакову кількість протонів і електронів, яка дорівнює порядковому номеру хімічного елемента:

$$\underset{\text{кількість протонів}}{N(p^+)} = \underset{\text{кількість електронів}}{N(e^-)} = \underset{\text{порядковий номер елемента}}{Z}.$$

- Кількість нейтронів у будь-якому атомі становить різницю між нуклонним числом і кількістю протонів (або електронів):

$$\underset{\text{кількість нейтронів}}{N(n^0)} = \underset{\text{нуклонне число}}{A} - \underset{\text{кількість протонів}}{N(p^+)}.$$



Запишіть формулу, за якою можна обчислити кількість нейтронів в атомі хімічного елемента з двадцяти зазначених вище, використавши його відносну атомну масу.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про моделі атома і склад атомів*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Які частинки є складниками атомів? Чим вони різняться? Який склад атомного ядра?
2. Яких частинок у будь-якому атомі однакова кількість?
3. Чи існують атоми, у яких немає: а) протонів; б) електронів; в) нейтронів?

Виконаймо вправу

4. Заповніть порожні клітинки в таблиці:

Хімічний елемент				Кількість в атомі		
назва	символ	протонне число	нуклонне число	протонів	електронів	нейтронів
Цезій						
					13	
		27				

5. Запишіть символи елементів Мангану, Ауруму і Бісмуту разом із відповідними протонними та нуклонними числами.

Аналізуймо

6. Розмістіть символи хімічних елементів Si, B, N, Cl за збільшенням кількості електронів у їхніх атомах.

Поміркуймо

7. Укажіть у переліку хімічний елемент, в атомі якого міститься найменша кількість протонів: C, Mg, K, Ar.

8*. Укажіть у переліку хімічний елемент, атом якого має найбільшу кількість нейтронів: Sc, As, Mn.

9. Назвіть хімічний елемент, в атомі якого містяться 42 заряджені частинки.

Розв'язуймо задачу

10. Обчисліть кількість електронів, які містяться в маленькому шматочку графіту масою 12 мг.

Формуймо словничок

11. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 26. Ізотопи

Нині відомо 118 хімічних елементів. А скільки ж є видів атомів? Можемо почути відповідь: «Теж 118, бо хімічний елемент — вид атомів з певною кількістю протонів. Наприклад, в атомі елемента № 1 Гідрогену міститься один протон, а в атомі елемента № 118 Оганесона — 118 протонів». Насправді ж *видів атомів значно більше, ніж хімічних елементів*. Чому більше — зараз з'ясуємо.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

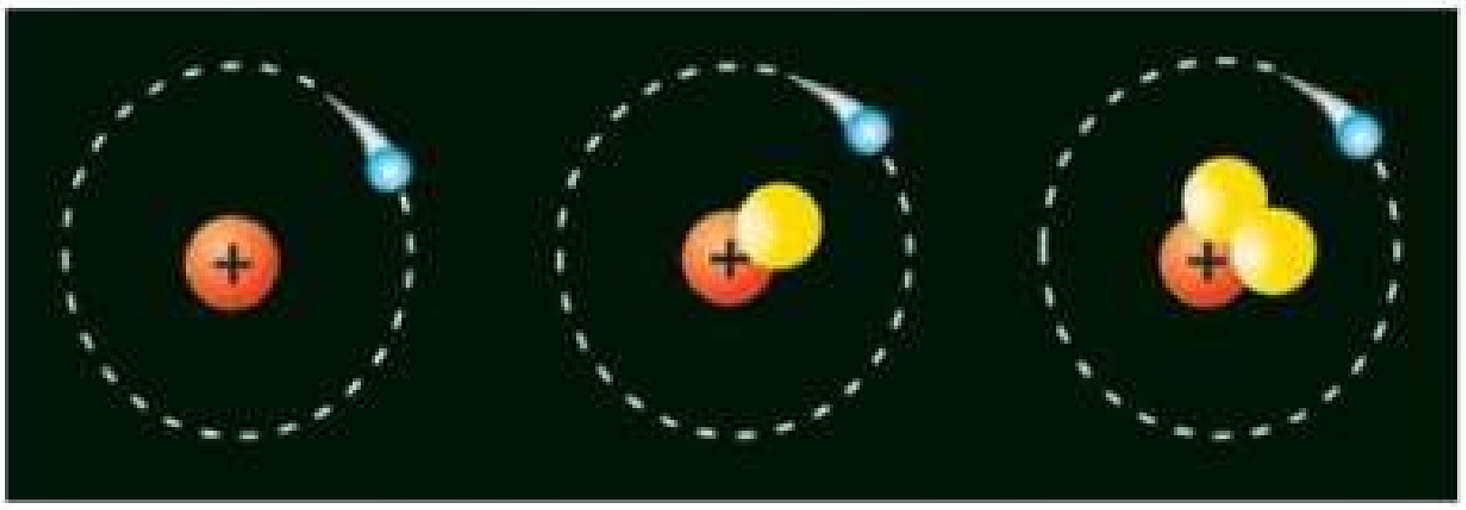
- Який зміст термінів «ізотопи» і «нукліди»?
- Як обчислюють відносну атомну масу за ізотопним складом хімічного елемента?
- Чому поняття «відносна атомна маса» і «відносна молекулярна маса» потребують уточнення?

Ізотопи. Атоми хімічного елемента можуть різнитися кількістю нейтронів, тому видів його атомів може бути два, три і більше.

Види атомів хімічного елемента з різною кількістю нейтронів називають ізотопами[1].

[1] Термін походить від грецьких слів «ізос» — однаковий і «топос» — місце. Ізотопам як видам атомів хімічного елемента «належить» одна клітинка періодичної таблиці.

Відомо три ізотопи Гідрогену; кожний ізотоп має назву і позначення (мал. 67).



Мал. 67.
Ізотопи Гідрогену

Протій H Дейтерій D Тритій T

У природі найбільше атомів Гідрогену, ядра яких складаються лише з протону. Однак поряд із кількома тисячами таких атомів є атом, у ядрі якого, крім протону, міститься й нейтрон. Ці два види атомів — Протій і Дейтерій — є природними ізотопами Гідрогену.

Фізикам удалося одержати в лабораторії атоми цього хімічного елемента з двома нейтронами в ядрах. Такий, штучний, вид атомів Гідрогену названо Тритієм.



За відомостями з інтернету з'ясуйте походження назв ізотопів Гідрогену.

Нуклонні числа (суми кількості протонів і нейтронів) ізотопів Гідрогену становлять 1, 2 і 3. Отже, *ізотопи — це види атомів хімічного елемента з різними нуклонними числами*.

Речовини, утворені ізотопами хімічного елемента, незначною мірою різняться фізичними властивостями. Густина «важкої» води, яка складається з молекул D_2O, становить 1,104 г/см^3, а температура кипіння (за нормального тиску) — +101,43 °С. Аналогічні фізичні характеристики звичайної води H_2O вам добре відомі — 1,000 г/см^3 і +100 °С. Хімічні властивості обох речовин однакові; важка вода і звичайна вода взаємодіють з одними й тими самими речовинами.

У природі більшість хімічних елементів представлені кількома ізотопами, а кожний із двадцяти елементів, згаданих у попередньому параграфі (с. 134), — лише одним видом атомів.

Ізотопи позначають за допомогою символів або назв хімічних елементів із зазначенням нуклонного числа. Його записують верхнім індексом ліворуч від символу елемента (^{1}H, ^{2}H, ^{3}H) або після назви елемента через дефіс (Хлор-35, Хлор-37). Часто ви-

Ізотопи
^{1}H, ^{2}H, ^{3}H

користовують повні позначення ізотопів — $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, $^{3}_{1}H$; $^{35}_{17}Cl$, $^{37}_{17}Cl$ (нижній індекс — заряд ядра, або протонне число).

Будь-який вид атомів називають *нуклідом*.

Нуклідами є ^{1}H, D, ^{16}O, ^{23}Na, ^{238}U, ^{35}Cl, ^{37}Cl та ін. Загальна кількість відомих нині нуклідів становить майже 2300.

Нукліди
^{1}H, ^{12}C, ^{40}K

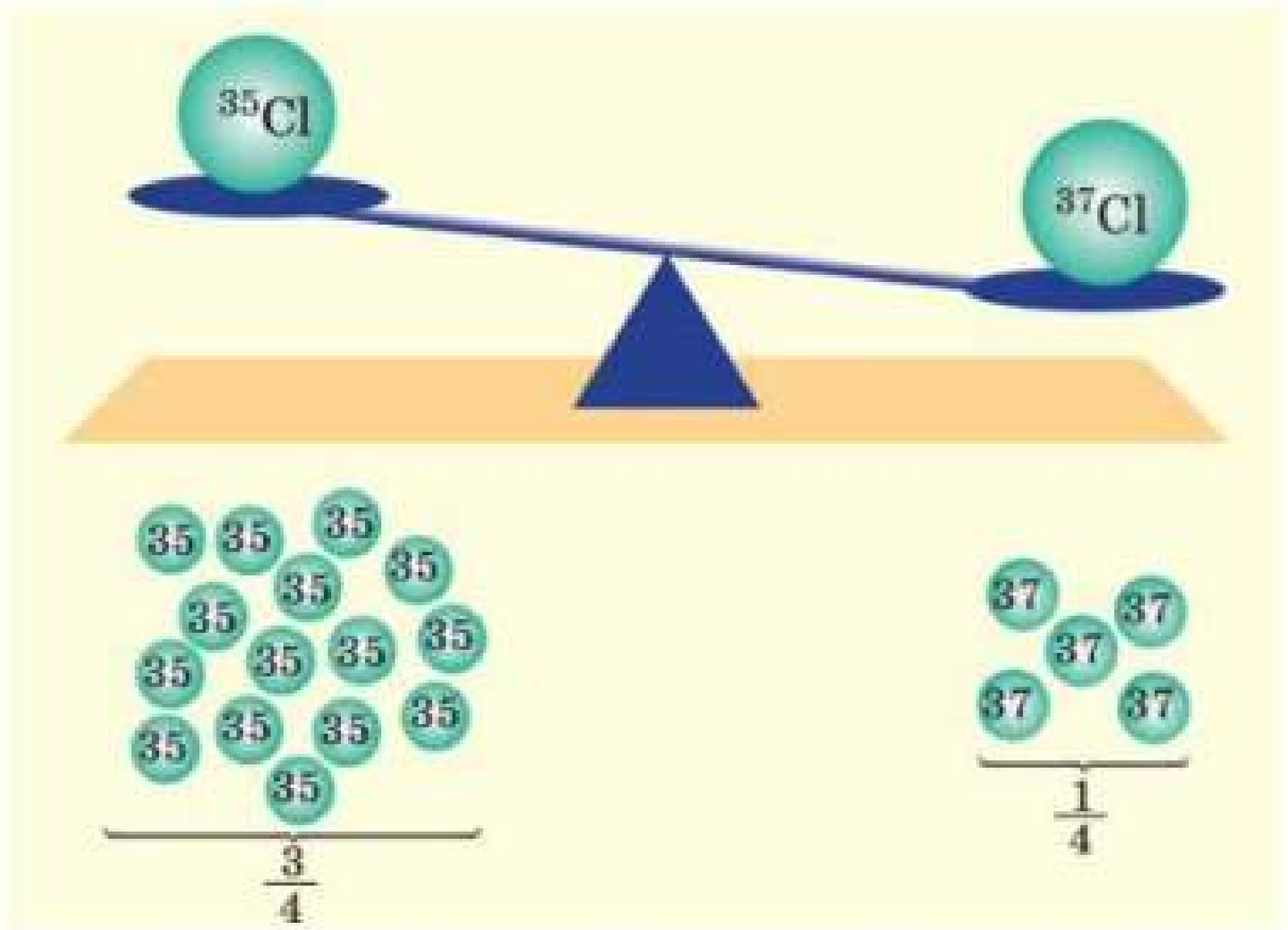


Запишіть повні позначення нуклідів Нітроген-14 і Ферум-56.

Ізотопи — це нукліди одного хімічного елемента.

Обчислення відносної атомної маси хімічного елемента, який має ізотопи. У природі є два нукліди Хлору. Для одного виду атомів цього елемента нуклонне число (відносна атомна маса) становить 35, для другого — 37. Дослідники виявили, що три атоми Хлору з кожних чотирьох — «легкі», а четвертий — «важкий» (мал. 68). За цими даними можна обчислити відносну атомну масу Хлору:

$$A_r(Cl) = \frac{3}{4} \cdot 35 + \frac{1}{4} \cdot 37 = 35{,}5.$$



Мал. 68.
Ізотопи Хлору

Числа $\frac{3}{4}$ і $\frac{1}{4}$ є *атомними частками* ізотопів Хлору — відношеннями кількості атомів кожного нукліда до загальної кількості атомів елемента. Ці частки можна виражати у відсотках: 75 %, 25 %.

Атомну частку позначають грецькою літерою χ (потрібно читати «хі»). Знаючи атомні частки ізотопів хімічного елемента (χ_1, χ_2 і т. д.) у їх природній суміші та відповідні нуклонні числа (A_1, A_2 і т. д.), можна обчислити відносну атомну масу елемента:

$$A_r = \chi_1 \cdot A_1 + \chi_2 \cdot A_2 + \ldots + \chi_n \cdot A_n.$$



Обчисліть відносну атомну масу Бору з точністю до десятих, якщо цей елемент має ізотопи ^{10}B і ^{11}B, а важких атомів Бору вчетверо більше, ніж легких.

Помітне відхилення значення відносної атомної маси хімічного елемента від цілого числа вказує на наявність у нього кількох природних ізотопів. Наприклад, Купрум ($A_r = 63{,}546$) має два ізотопи (^{63}Cu і ^{65}Cu), Цинк ($A_r = 65{,}38$) — п'ять (^{64}Zn, ^{66}Zn, ^{67}Zn, ^{68}Zn і ^{70}Zn), а Станум ($A_r = 118{,}71$) — десять (найлегший ізотоп серед них — ^{112}Sn, а найважчий — ^{124}Sn).



За відомостями з інтернету дізнайтеся, які ізотопи має Літій. Узявши до уваги значення відносної атомної маси цього елемента, визначте, якого ізотопу Літію більше в природі — важкого чи легкого.

Уточнення важливих хімічних понять. Вам відомо, що відносні атомна і молекулярна маси є відношеннями мас атома й молекули до 1/12 маси атома Карбону. Але Карбон має три нукліди — ^{12}C (таких атомів — 98,89 % від загальної кількості атомів Карбону), ^{13}C і ^{14}C. За атомну одиницю маси обрано 1/12 маси атома Карбону-12. Наводимо уточнене означення вказаних фізичних величин:

відносні атомна і молекулярна маси є відношеннями маси атома й молекули до 1/12 маси атома ^{12}C.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про ізотопи та їх урахування в обчисленнях і означеннях фізичних величин*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Які види атомів називають ізотопами і нуклідами? Наведіть приклади позначень цих видів атомів.
2. Укажіть пропущене словосполучення в реченні «Нуклідів хімічного елемента ... його ізотопів»:
   а) більше, ніж;
   б) стільки, скільки;
   в) менше, ніж.
3. Скільки протонів, нейтронів і електронів міститься в нуклідах ^{20}Ne, ^{21}Ne, ^{40}K, ^{40}Ca, ^{192}Pt?

Аналізуймо

4. У природі існують два нукліди Гідрогену (^{1}H, ^{2}H) і три нукліди Оксигену (^{16}O, ^{17}O, ^{18}O). Визначте, скільки є різновидів молекули води. Напишіть їхні хімічні формули з позначенням нуклідів (на зразок $^{1}H^{2}H^{16}O$). Скільки значень маси можуть мати молекули води?
5. Узявши до уваги розміщену в інтернеті інформацію про ізотопи Аргону і Калію та їх поширеність у природі, поясніть, чому відносна атомна маса Аргону (елемент № 18) більша, ніж Калію (елемент № 19).
6. Учень з огляду на значення $A_r(Br) = 79,9$ стверджував, що Бром повинен мати лише один природний нуклід ^{80}Br. Однокласниця припустила наявність ізотопів у Брому. З чиєю думкою ви погоджуєтеся? Для перевірки висловлених гіпотез відшукайте відповідну інформацію в інтернеті.

Розв'язуймо задачу

7. Ізотопи Магнію, які є в природі, — ^{24}Mg, ^{25}Mg та ^{26}Mg. Атомна частка першого нукліда становить 78,7 %, а другого — 10,1 %. Обчисліть відносну атомну масу Магнію з точністю до десятих.
8.* Галій має два природних нукліди. Атомна частка нукліда ^{69}Ga становить 60,4 %. Використавши точне значення відносної атомної маси Галію, наведене в періодичній таблиці, визначте другий нуклід цього хімічного елемента.

Формуймо словничок

9. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

10. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

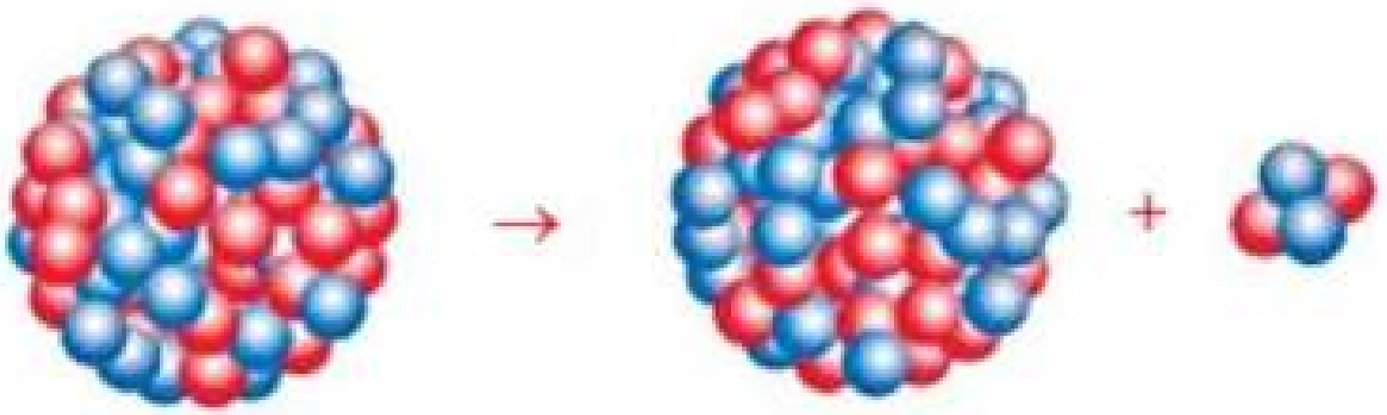
§ 27. Радіоактивність. Радіонукліди

Якщо ви уважно розглянете нижню частину періодичної таблиці, то помітите, що значення відносних атомних мас понад 30-ти хімічних елементів містяться в дужках. Такі записи означають, що всі нукліди цих елементів є нестійкими. Наявне в дужках значення відносної атомної маси елемента є нуклонним числом його ізотопу, який розпадається найповільніше.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які види атомів називають радіонуклідами?
- Де використовують радіонукліди і яку небезпеку вони становлять?

Радіоактивність. Ядра атомів деяких хімічних елементів можуть мимовільно розпадатися на менші ядра (стійкі або нестійкі) та окремі частинки — складники атомів (мал. 69). Це супроводжується виділенням енергії та виникненням особливого електромагнітного випромінення.



Мал. 69. Розпад ядра нукліда Радію

Порівняйте протонне та нуклонне числа нукліда Радію із сумами цих чисел продуктів його розпаду (мал. 69) і зробіть висновок.

Явище самочинного перетворення атомів хімічного елемента на атоми іншого елемента називають радіоактивністю.

Радіонукліди. Нукліди поділяють на стабільні та радіоактивні (їх називають радіонуклідами). Для кожного хімічного елемента відомі ізотопи обох типів. Наприклад, нукліди Літію ^{6}Li і ^{7}Li є стабільними, а ^{9}Li — радіоактивний. Елементи з порядковими номерами 43, 61, а також 83 і більше мають лише радіоактивні ізотопи.

Нестійкість великих ядер атомів зумовлена тим, що зі збільшенням порядкового номера хімічного елемента збільшується кількість протонів у ядрі й водночас — їх взаємне відштовхування. Відкриття радіоактивних елементів відбувалося з використанням унікального експериментального обладнання і приладів, які давали змогу виявляти частинки, тривалість «життя» яких становила частки секунди.

Очевидно, існує межа стійкості атомів. Але коли її буде досягнуто? І чи станеться це взагалі? Скільки хімічних елементів ще буде відкрито? Дослідники/дослідниці не знають відповідей на ці запитання.



Хімічного елемента № 43 Технецію немає на Землі; його ізотопи радіоактивні. Чому, на вашу думку, елементу дали таку назву?

Деякі радіоактивні ізотопи трапляються в природі (наприклад, Карбон-14 — у живих організмах, Калій-40 — у мінералах і гірських породах), але в мізерній кількості. Вони дуже повільно розпадаються і не шкодять рослинам, тваринам, людині.

Використання радіонуклідів. Радіоактивні ізотопи застосовують у хімії, біології, археології, сучасній техніці, а також у фізичних експериментах з метою одержання атомів нових хімічних елементів. У медицині за допомогою радіонуклідів опромінюють злоякісні пухлини, здійснюють діагностику організму.



У медичній практиці використовують радіонуклід, атом якого містить 54 заряджені й 33 незаряджені частинки. Визначте цей нуклід і назвіть його.

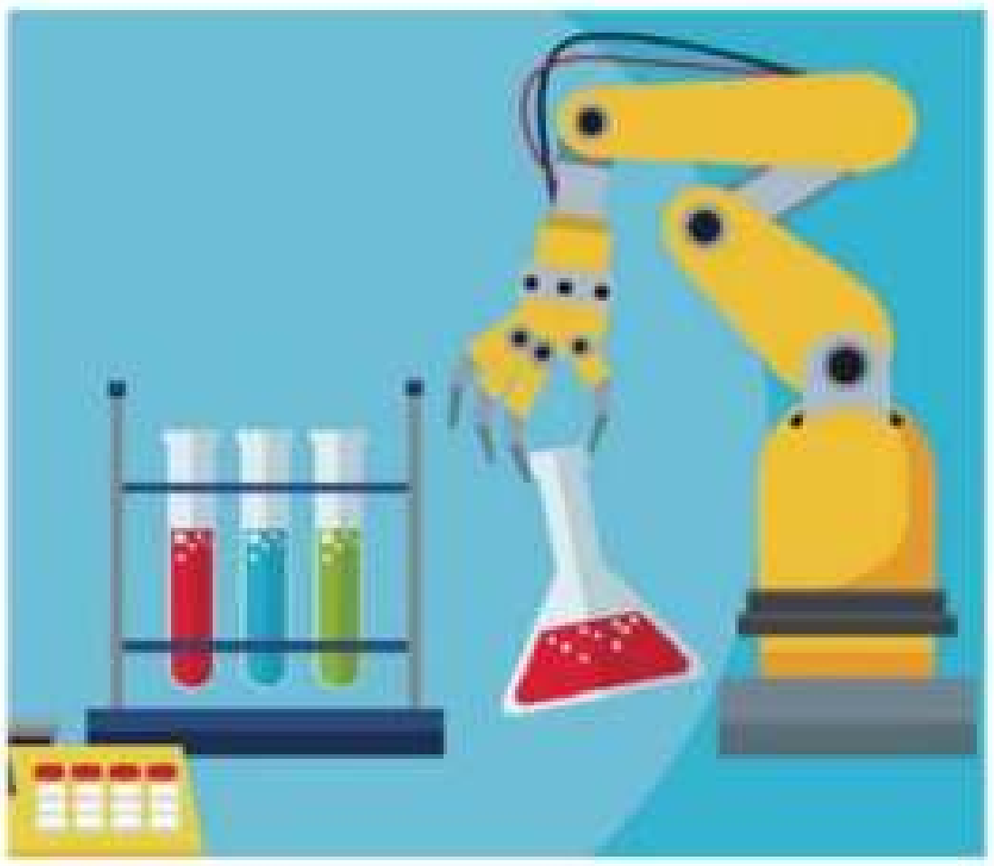
Самочинне перетворення ядер атомів супроводжується виділенням великої кількості енергії. Важливою сферою використання радіоактивних ізотопів є атомна енергетика. Необхідні умови її розвитку — надійність реакторів та обладнання на атомних електростанціях, а також максимальна безпека людей.

Атомні електростанції в Україні виробляють майже половину всієї електроенергії (мал. 70). Сировиною у виробництві палива для атомних електростанцій є сполуки Урану. Україна посідає перше місце в Європі за розвіданими запасами уранових руд; їх поклади розташовані на Кіровоградщині.

Під час розпаду нестійких ядер атомів виникає випромінення, невеликі дози якого спричиняють серйозні захворювання, передусім онкологічні, а значні дози — загибель усього живого. Тому робота з радіоактивними речовинами потребує від науковців/науковиць особливої уваги, обережності, використання засобів захисту від випромінення, а також маніпуляторів і спеціального устаткування (мал. 71).



Мал. 70.
Найбільша в Європі Запорізька АЕС



Мал. 71.
Робот замість людини виконує хімічний експеримент



Про що попереджає знак небезпеки  ? За необхідності відшукайте відповідну інформацію в інтернеті.

Атомні катастрофи. Явище радіоактивного розпаду атомів Урану і Плутонію було використано для створення атомної (ядерної) зброї. Сполучені Штати Америки застосували таку зброю в 1945 р. проти мирного населення Японії — на міста Хіросіма і Нагасакі було скинуто дві атомні бомби. В одну мить загинули тисячі людей, а на великій території зруйновано всі будівлі. Людство дізналося про променеву хворобу, від якої померло протягом кількох десятиліть багато мешканців цих міст.

Світовою спільнотою у другій половині XX ст. було укладено договори про нерозповсюдження ядерної зброї та заборону її випробувань[1]. Україна відмовилася від ядерного статусу в 1996 р. Сьогодні зразки літаків-носіїв ядерної зброї можна побачити лише в музеї важкої бомбардувальної авіації м. Полтави. У 2000 р. наша країна ратифікувала Договір про всеосяжну заборону ядерних випробувань. Увесь світ має об'єднатися, щоб не допустити ядерної війни. В іншому разі життя на нашій планеті може зникнути назавжди (мал. 72).

У квітні 1986 р. в Україні сталася аварія на Чорнобильській атомній електростанції (ЧАЕС). Вона призвела до зруйнування 4-го блоку станції та викиду в довкілля значних мас радіоактивних речовин. Протягом кількох днів загинули десятки людей — ті, хто гасив пожежу, що виникла, фахівці, які працювали поблизу атомного реактора. Згодом по-

[1] Кілька країн не підписали або не ратифікували ці договори.



Мал. 72. Пам'ятаймо про загрозу використання ядерної зброї

мерли або втратили здоров'я тисячі людей, які брали участь у ліквідації наслідків аварії.

Серед радіонуклідів, які потрапили в повітря внаслідок аварії на ЧАЕС, був нуклід ^{131}I. Науковці/науковиці тоді рекомендували людям уживати невелику кількість розведеного розчину сполуки Йоду (така сполука міститься в йодованій солі). За відомостями з інтернету з'ясуйте:

1) яку функцію виконує Йод в організмі;
2) якому процесу запобігає надходження в організм Йоду з рекомендованого препарату.

Дотепер у зоні, прилеглій до ЧАЕС, заборонено проживати людям. Над зруйнованим реактором зведено захисну споруду, за станом якої здійснюють постійний контроль. Частина території України, яка була забруднена радіонуклідами, поступово відновлюється природним шляхом.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про види нуклідів, явище радіоактивного розпаду, використання і небезпеку радіонуклідів*.

Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чому хімічних елементів, відкритих протягом останніх майже 90 років, немає в природі нашої планети?
2. Які частинки називають радіонуклідами?
3. У чому суть радіоактивного розпаду атомів?

Дізнаваймося

4. За відомостями з інтернету з'ясуйте, які радіоактивні ізотопи виконують функцію палива в атомних електростанціях.

Поміркуймо

5. Дехто після аварії на ЧАЕС замість рекомендованого препарату — розчину сполуки Йоду — вжив трохи розведеної йодної настоянки й одразу пожалкував про це. Як ви думаєте, чому?

У команді

6. За інформацією з інтернету дізнайтеся, у якому місті Японії і коли трапилася аварія на атомній електростанції, а також про причини та наслідки цієї аварії.

Шанс для творчості

7. Підготуйте повідомлення про застосування радіонукліда ^{14}C для визначення віку викопних залишків живих істот.

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 28. Електрон. Атомні орбіталі. Енергія електронів в атомі

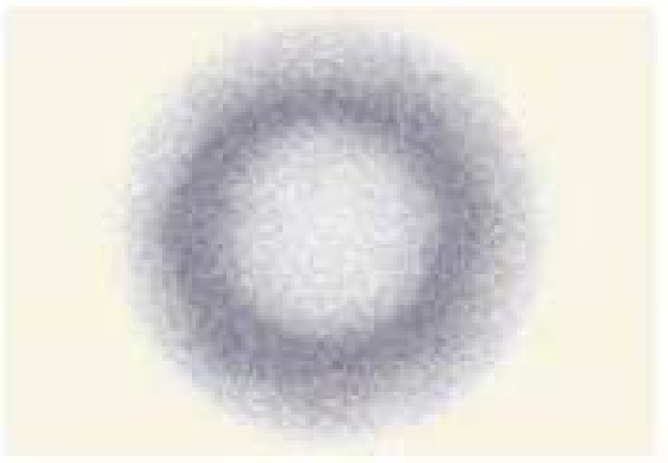
Мікросвіт — це світ атомів та інших найменших частинок, які містяться в речовинах, а також виділяються під час розпаду радіонуклідів. Результати досліджень електронів, здійснених у 20-ті роки XX ст., свід-

чили про те, що ці частинки відрізняються від фізичних тіл — об'єктів макросвіту. Науковцям/науковицям довелося знову змінювати підходи до вивчення атомів і їхньої будови.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чому планетарна модель атома потребувала коригування?
- Однакову чи різну енергію мають електрони в атомі?
- Який запис називають електронною формулою атома?

Особлива природа електрона. Атомні орбіталі. Електрон має електричний заряд, масу, енергію, а потік електронів, що виділяються з радіоактивної речовини, подібний за своїми характеристиками до світлових променів. Визначити траєкторію руху електрона, його координати у просторі неможливо. Він може перебувати в атомі будь-де з різною ймовірністю (мал. 73).

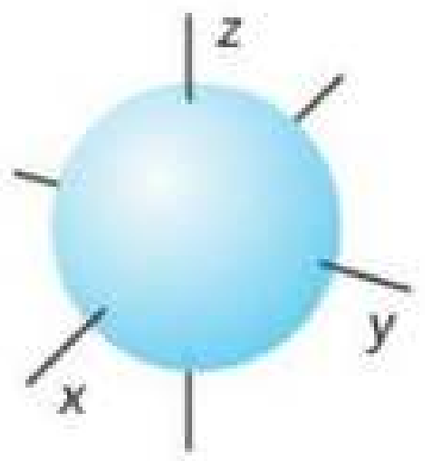


Мал. 73. Місця перебування електрона в атомі Гідрогена

Частину простору в атомі, де перебування електрона є найбільш імовірним, називають *орбіталлю*.

Орбіталь з електроном подібна до мікроскопічної хмари (іноді використовують термін «електронна хмара»), у якій розподілений негативний заряд частинки.

Орбіталі різняться своєю формою[1]. Найпростіша серед них — *сферична* форма (мал. 74); у центрі такої орбіталі розміщене ядро атома. Цю орбіталь позначають літерою *s*. Другий різновид форми — *гантелеподібна* (мал. 75). Її має *p*-орбіталь. Такі орбіталі зорієнтовані в атомі перпендикулярно одна до одної вздовж осей координат x (позначення — p_x-орбіталь), y (p_y-орбіталь) і z (p_z-орбіталь). Є ще d- і f-орбіталі складніших форм.

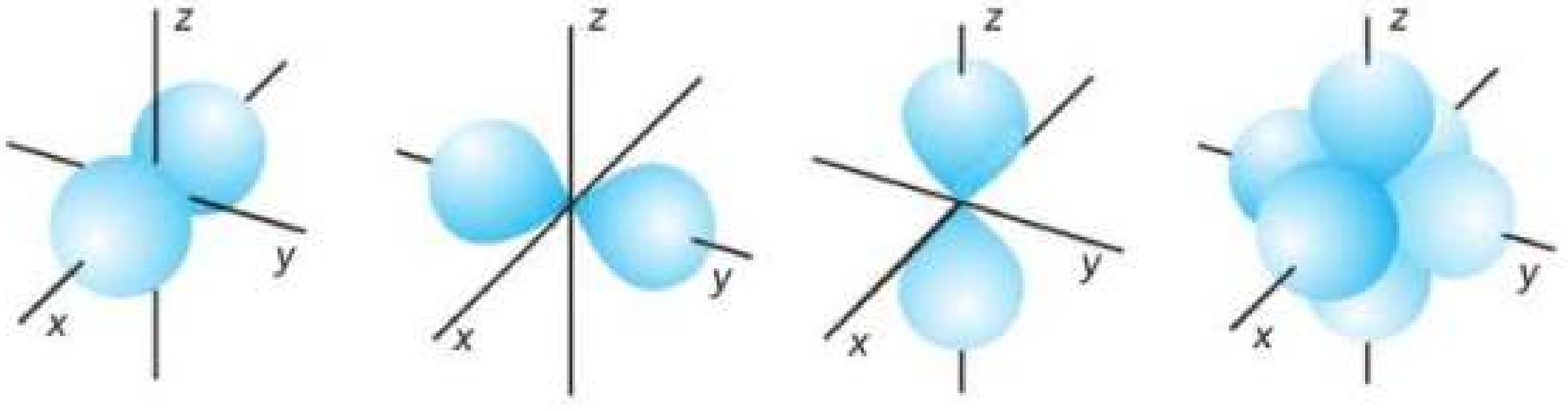


Мал. 74. Сферична орбіталь (*s*-орбіталь)



Чим орбіталь відрізняється від орбіти?

[1] Форми орбіталей визначено за допомогою обчислень.



а *б* *в* *г*

Мал. 75.
Гантелеподібні орбіталі (*p*-орбіталі):
а, *б*, *в* — *p*-орбіталі з різною орієнтацією в просторі;
г — три *p*-орбіталі в одному атомі

Будь-яку орбіталь спрощено зображують маленьким квадратом $\square$, а електрон у ній — стрілкою: $\boxed{\uparrow}$. У кожній орбіталі може перебувати один або два електрони. Ці два електрони різняться *спіном*[1]; їх позначають протилежно спрямованими стрілками: $\boxed{\uparrow\downarrow}$.

Орбіталь, у якій містяться два електрони, є заповненою. Якщо в орбіталі один електрон, його називають неспареним, а якщо їх два — спареними.

Енергія електронів в атомі. Найважливішою характеристикою електрона, яку можна визначити майже точно, є його енергія. Електрони розподіляються в атомі так, щоб їхня енергія була найменшою. Це — принцип «мінімальної енергії»; він визначає електронну будову атомів.

Що компактніша орбіталь і що ближче до ядра атома перебуває електрон, то менша його енергія.

Крім відомих вам моделей атома, є ще й інша модель. У ній електрони розподілені за *енергетичними рівнями*[2] (схема 4). На кожному енергетичному рівні перебувають електрони з однаковою чи майже однаковою енергією. Електрони першого рівня мають найменшу енергію, другий рівень займають електрони з більшою енергією, третій —

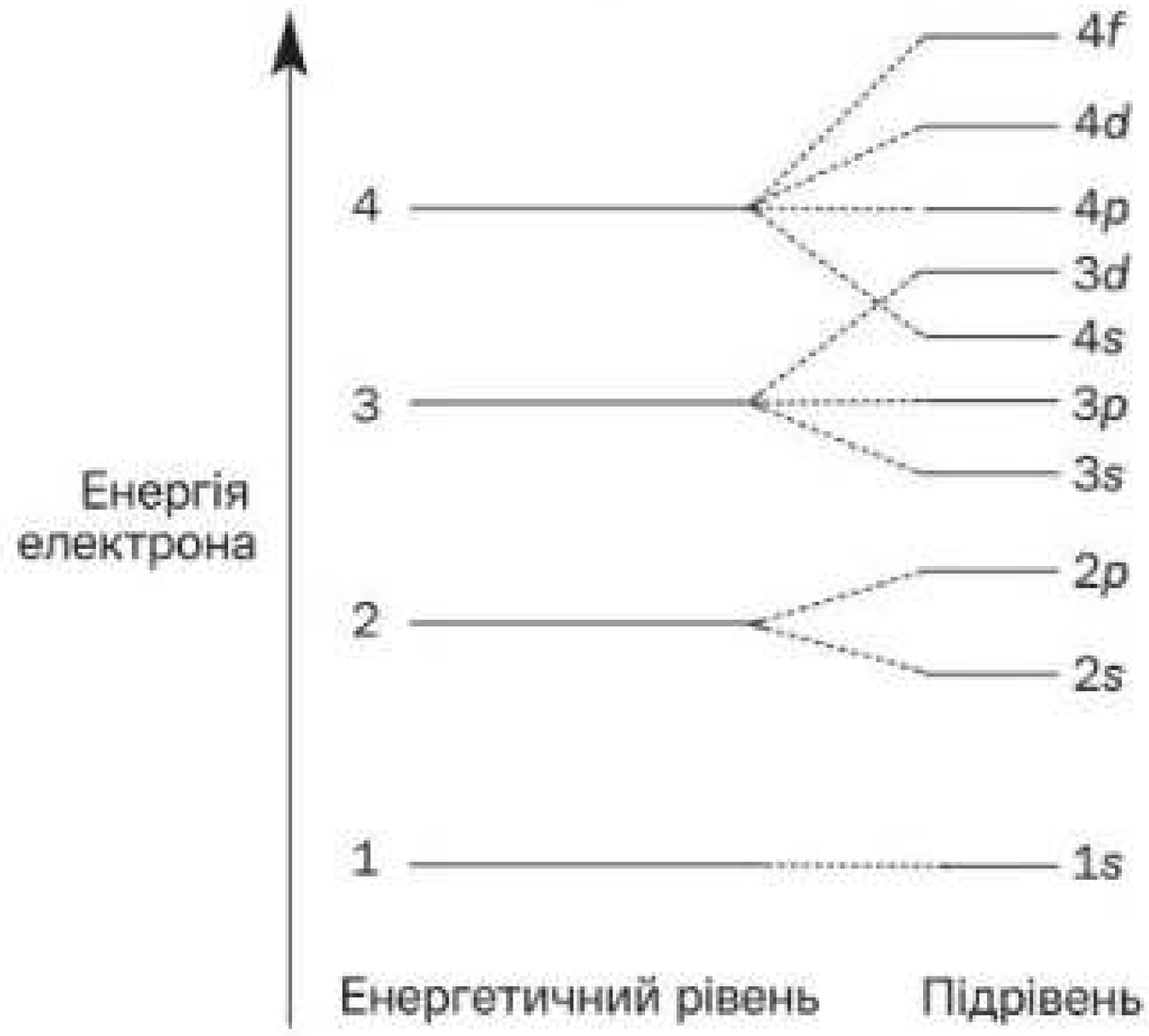
---

[1] Цю властивість електрона пояснюють засобами квантової фізики.

[2] Замість терміна «енергетичний рівень» іноді використовують інший — «електронна оболонка».

Схема 4

Енергетичні рівні



зі ще більшою і т. д. Аналогічною моделлю можна проілюструвати однакові й різні потенціальні енергії таких фізичних тіл, як книжки, що зберігаються на полицях у шафі (мал. 76).



Мал. 76. Книжкова шафа

Енергетичні рівні складаються з *підрівнів*; номер рівня вказує на кількість підрівнів. Так, перший рівень має один підрівень, другий — два, третій — три і т. д. (схема 4).

Розподіл електронів за енергетичними рівнями. Кожний енергетичний рівень містить обмежену кількість електронів. Їхню максимальну кількість визначають за формулою

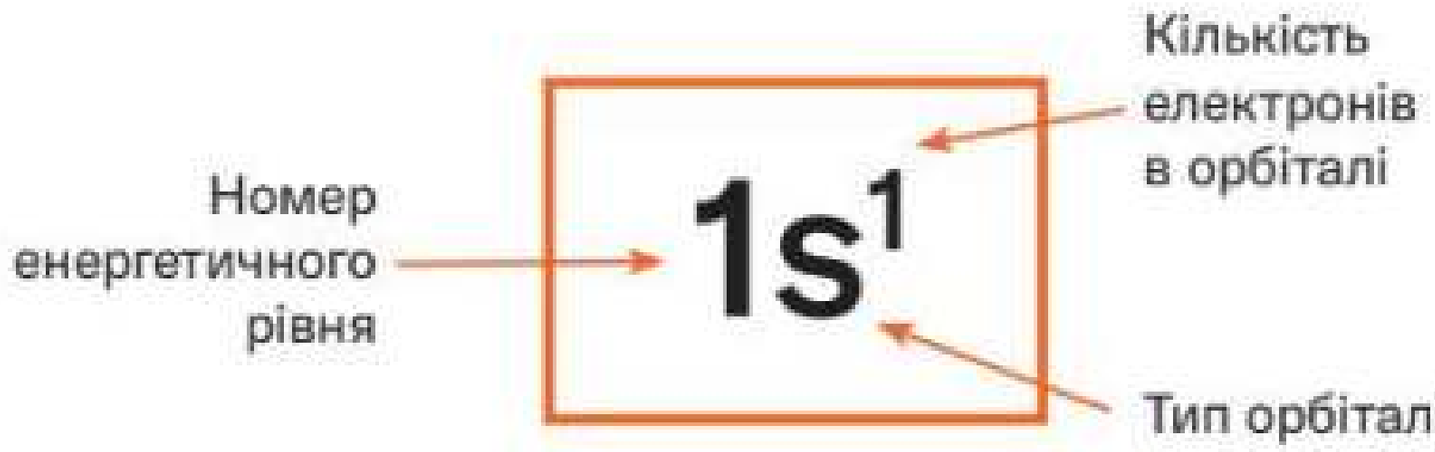
$$N_{max}(e^-) = 2n^2,$$

де n — номер рівня.

На першому енергетичному рівні може перебувати не більше $2 \cdot 1^2 = 2$ електронів. Вони розміщуються в одній орбіталі (сферичній), мають однакову енергію, але різняться спінами.

Заповнення електронами першого енергетичного рівня проілюструємо *електронними формулами* (мал. 77) та їхніми графічними варіантами:

$1s^1$ $\boxed{\uparrow}$ (1s) $\qquad$ $1s^2$ $\boxed{\uparrow\downarrow}$ (1s)



Мал. 77. Електронна формула атома



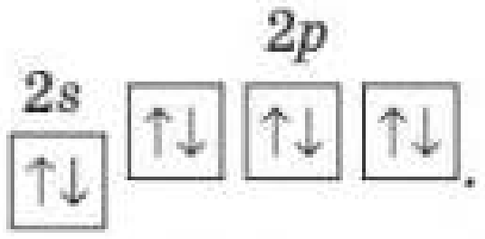
Атом якого хімічного елемента має електронну формулу, наведену на малюнку 77?

Другий енергетичний рівень може вмістити максимум $2 \cdot 2^2 = 8$ електронів. Два з них займають одну *s*-орбіталь, але більшого об'єму, ніж та, що належить першому рівню. Ці електрони мають різні спіни. Решта (шість) електронів другого рівня перебуває в *p*-орбіталях. Оскільки кожна орбіталь може містити не більше двох електронів, то кількість *p*-орбіталей — 6 : 2 = 3. Це орбіталі одного енергетичного рівня; вони мають однаковий об'єм і розміщені вздовж осей координат (мал. 75).

Електронна формула заповненого другого енергетичного рівня —

$$2s^2 2p^6.$$

Сферична орбіталь для електрона вигідніша за гантелеподібну. Тому електрони в *s*-орбіталі другого енергетичного рівня мають трохи меншу енергію, ніж у *p*-орбіталях. Покажемо це в графічному варіанті електронної формули, розмістивши позначення *p*-орбіталей вище, ніж *s*-орбіталі:



Отже, другий енергетичний рівень складається з двох підрівнів. Їх позначають так само, як і відповідні орбіталі: 2*s*-підрівень, 2*p*-підрівень (схема 4).

Третій енергетичний рівень вміщує не більше $2 \cdot 3^2 = 18$ електронів і має три підрівні — 3*s*, 3*p* і 3*d*.



1. Яка максимальна кількість електронів може перебувати на 3*s*-підрівні, 3*p*-підрівні, 3*d*-підрівні?
2. Скільки *d*-орбіталей належить третьому енергетичному рівню?



Запишіть електронну формулу третього енергетичного рівня, цілком заповненого електронами, а також зобразіть її графічний варіант.

Розглянута модель атома дає змогу відтворити його електронну будову, оцінити здатність атома втрачати чи приєднувати електрони, сполучатися з іншими атомами. Усе це зумовлює хімічні властивості простих і складних речовин.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про електрон, енергію електронів та їх розміщення в атомах*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чим електрон відрізняється від фізичного тіла?
2. Яку частину атома називають орбіталлю? Охарактеризуйте форми *s*- і *p*-орбіталей та їх розміщення в атомі.
3. Узгодьте кожне позначення з його змістом:

1) ☐	а) заповнена орбіталь;
2) ↑	б) спарені електрони;
3) ↑↓	в) неспарений електрон;
	г) порожня (вакантна) орбіталь;
	д) електрони з протилежними спінами.

4. Енергія якого електрона менша — розміщеного в *p*-орбіталі 2-го енергетичного рівня чи в *s*-орбіталі 3-го енергетичного рівня?

Порівняймо

5. Назвіть характеристики, за якими один електрон може відрізнятися від іншого.

Аналізуймо

6. Чому в позначенні *s*-орбіталі немає індексу (наприклад, s_x)?
7. Проаналізуйте твердження. Чи є з-поміж них правильні?
   I. Електрони атома, які перебувають в орбіталях однакової форми та об'єму, мають однакову енергію.

II. Максимальна кількість електронів на кожному енергетичному рівні та підрівні є парною.

А. Правильне лише I.
Б. Правильне лише II.
В. Обидва правильні.
Г. Немає правильних.

Поміркуймо

8. Який запис, на вашу думку, надає більше інформації про електрони, що містяться в атомі — електронна формула чи її графічний варіант? Чому?
9. Серед указаних підрівнів назвіть ті, які в атомі неможливі: $6p$, $2d$, $1p$, $5s$.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 29. Електронна будова атомів

Будь-які моделі дають змогу уявити та характеризувати різні об'єкти, передусім важкодоступні для спостереження, а також явища, які потребують пояснення. Розглядаючи електронну будову атомів хімічних елементів, ми використаємо модель атома, у якій електрони розподілені в атомі за своєю енергією. Ця модель знадобиться і тоді, коли ви дізнаєтеся, що атоми можуть втрачати електрони або приєднувати їх під час хімічних реакцій і перетворюватися на частинки іншого типу — йони.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чому розміщення електронів в атомі не безладне, а впорядковане?
- Як заповнювати енергетичні рівні та підрівні електронами в атомах хімічних елементів і складати електронні формули атомів?
- Як класифікують хімічні елементи за електронною будовою атомів?

Розміщення електронів в атомах. Чому екзотермічні реакції відбуваються мимовільно? Тому що сумарна внутрішня енергія їх продуктів

менша, ніж реагентів, і продукти є стійкішими за реагенти. Це — приклад дії принципу «мінімальної енергії». Керуючись ним, розглянемо, як електрони заповнюють енергетичні рівні та підрівні в атомах хімічних елементів.

В атомі елемента № 1 Гідрогену міститься лише один електрон. Він має перебувати якомога ближче до ядра, тобто належати першому енергетичному рівню і займати 1*s*-орбіталь.

Електронна формула атома Гідрогену[1] та її графічний варіант:

$_1$**H** $1s^1$; $1s$ ↑ .

Атом елемента № 2 Гелію містить два електрони. Чи може другий електрон надійти на перший енергетичний рівень? Так, бо максимальна ємність першого рівня — 2 електрони. Ці частинки перебуватимуть в одній орбіталі й матимуть різні спіни.

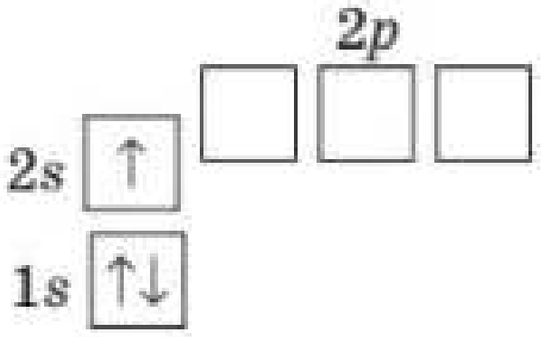
Запишемо електронну формулу атома Гелію та її графічний варіант:

$_2$**He** $1s^2$; $1s$ ↑↓ .

В атомі елемента № 3 Літію — 3 електрони. Два електрони займають 1*s*-орбіталь (заповнюється перший енергетичний рівень), а третій електрон надходить на другий рівень (схема 4, с. 148). Із 2*s*- і 2*p*-орбіталей він «обирає» ту, у якій матиме нижчу енергію, тобто 2*s*-орбіталь.

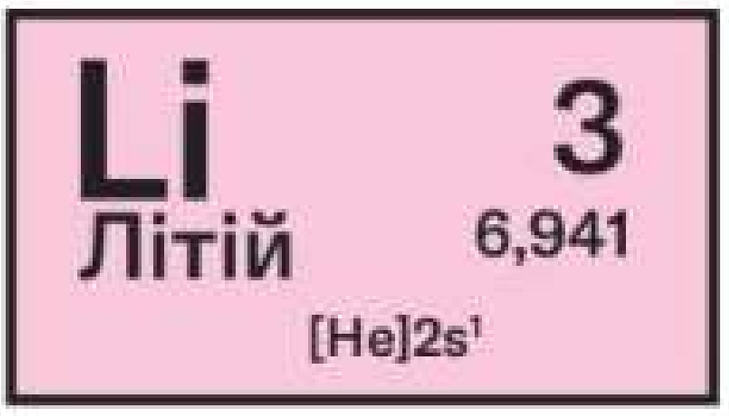
Електронна формула атома Літію та її графічний варіант:

$_3$**Li** $1s^2 2s^1$;



Електрони на останньому енергетичному рівні атома називають *зовнішніми*. В атомі Літію — один зовнішній електрон; він перебуває у 2*s*-орбіталі.

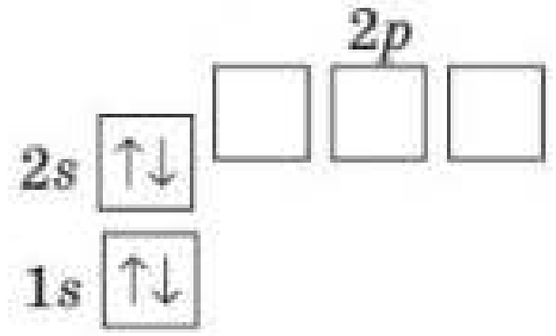
Щоб виокремити в атомі зовнішні електрони, використовують скорочений запис електронної формули. Такий запис формули атома Літію: [He]$2s^1$. Символ елемента Гелію у квадратних дужках означає, що внутрішня електронна оболонка атома Літію така сама, як і в атома Гелію ($1s^2$). Скорочені записи електронних формул атомів містяться в короткому варіанті періодичної таблиці (мал. 78, форзац I підручника).



Мал. 78. Клітинка Літію в періодичній таблиці

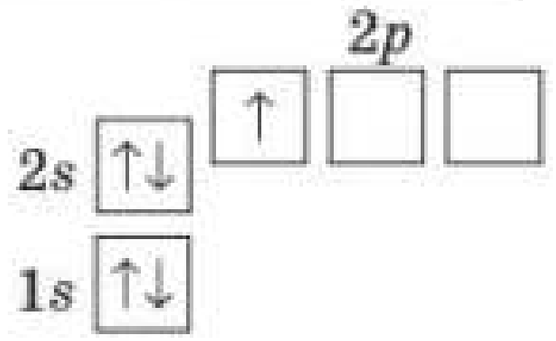
[1] Запис електронної формули атома ще називають електронною конфігурацією.

Атом елемента № 4 Берилію містить 4 електрони. Четвертий електрон разом із третім розміщується у 2*s*-орбіталі:



$_4$**Be** $1s^2 2s^2$, або $[He]2s^2$

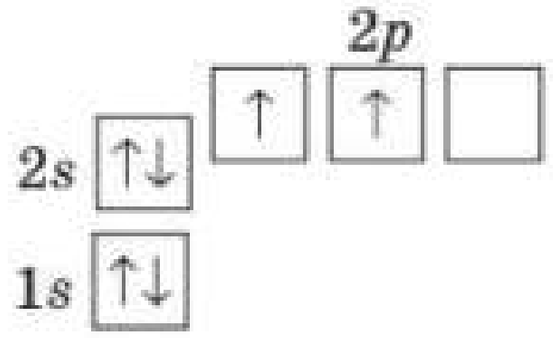
Атом елемента № 5 Бор має 5 електронів. П'ятий електрон перебуває на другому енергетичному рівні і займає одну із 2*p*-орбіталей:



$_5$**B** $1s^2 2s^2 2p^1$, або $[He]2s^2 2p^1$;

В атомі елемента № 6 Карбону з'являється шостий електрон. Він може розміститися разом із п'ятим електроном у *p*-орбіталі або зайняти вільну *p*-орбіталь. Реалізується друга можливість: електрони, маючи однойменні заряди, відштовхуються один від одного; їм вигідніше перебувати в різних орбіталях.

Електронна формула атома Карбону та її графічний варіант:



$_6$**C** $1s^2 2s^2 2p^2$, або $[He]2s^2 2p^2$;



Узявши до уваги, що кожний електрон намагається зайняти вільну орбіталь підрівня, а в разі її відсутності «підселяється» в орбіталь до іншого електрона, складіть електронні формули атомів Нітрогену, Оксигену, Флуору та Неону, а також зобразіть графічні варіанти цих формул.

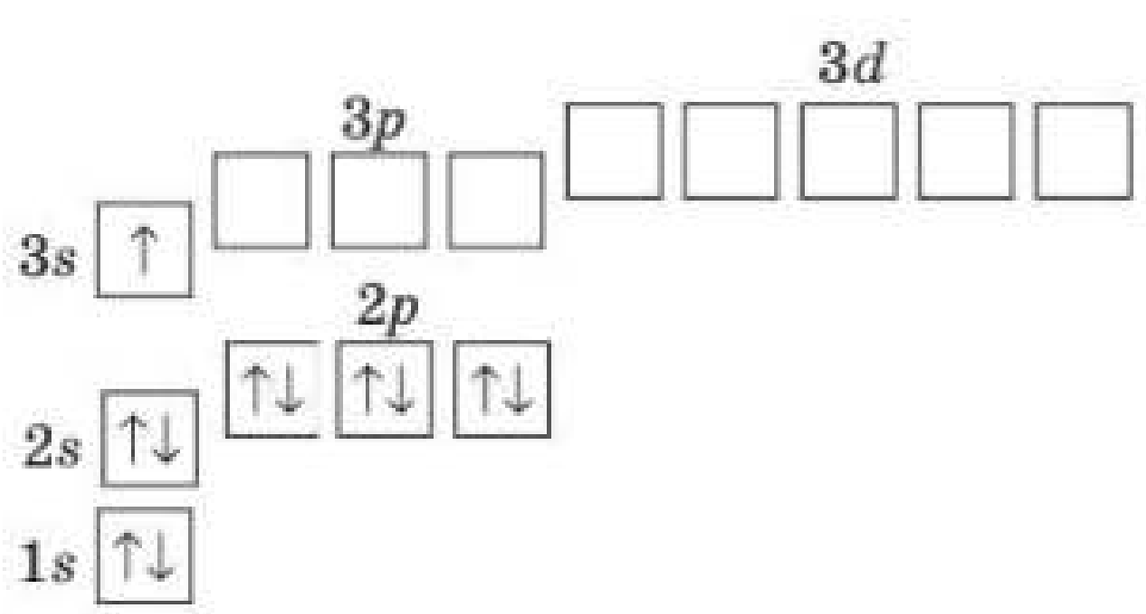
Моделі атомів хімічних елементів 2-го періоду з орбіталями другого енергетичного рівня зображено на малюнку 79 (напівзаповнені орбіталі — світло-сірі, цілком заповнені — темно-сірі).

Мал. 79. Моделі атомів елементів 2-го періоду



Запропонуйте гіпотезу, чому розміри атомів хімічних елементів у періоді зменшуються, а не збільшуються.

В атомі елемента № 11 Натрію починається заповнення третього енергетичного рівня.



$_{11}$Na $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$,
або [Ne]$3s^1$;

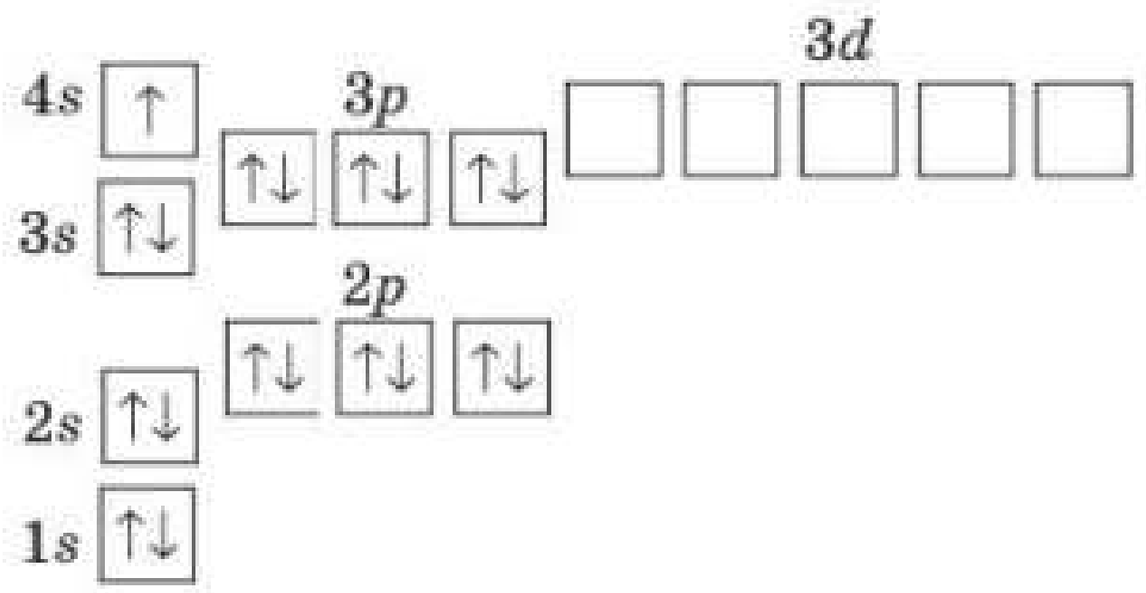


Складіть електронні формули атомів решти хімічних елементів 3-го періоду.



1. **Кількість енергетичних рівнів атома, на яких перебувають електрони, збігається з номером періоду, у якому міститься хімічний елемент.**
2. **Кількість зовнішніх електронів в атомі така сама, що й номер групи, у якій перебуває хімічний елемент у короткому варіанті періодичної таблиці[1].**

Елемент № 19 Калій започатковує 4-й період. Електронна формула його атома, а також графічний варіант цієї формули:



$_{19}$K $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$,
або [Ar]$4s^1$;



Запишіть електронну формулу атома елемента № 20 Кальцію.

---

[1] Атом Гелію є винятком.

Розглянувши графічний варіант електронної формули будь-якого атома, ви дійдете висновку, що *в атомі не буває навіть двох електронів з однаковими характеристиками*. Ці частинки розміщуються в різних орбіталях або в одній, але з різними спінами.

Якщо забажаєте складати електронні формули атомів решти елементів 4-го періоду, візьміть до уваги, що енергія електронів на підрівнях зростає в такому порядку (схема 4, с. 148):

$$4s \rightarrow 3d \rightarrow 4p.$$

В атомах Хрому і Купруму послідовність заповнення орбіталей електронами дещо порушується: один електрон переходить із 4*s*-орбіталі в 3*d*-орбіталь (форзац 1).

Електронна будова атомів і класифікація хімічних елементів. Залежно від типу орбіталі, у якій перебувають електрони з найбільшою енергією, розрізняють *s*-елементи, *p*-елементи, *d*-елементи і *f*-елементи[1].

s-Елементи (крім Гелію) перебувають у головних підгрупах I та II груп короткого варіанта періодичної таблиці, а *p*-елементи — у головних підгрупах III—VIII груп.



До *s*- чи *p*-елементів належать Сульфур, Барій, Калій, Неон, Йод?

В усіх побічних підгрупах містяться *d*-елементи. Лантаноїди та актиноїди, які належать до III групи, є *f*-елементами; їх винесено за межі основного поля періодичної таблиці.

За кількістю електронів на зовнішньому енергетичному рівні атома можна визначити характер хімічного елемента. Атоми металічних елементів мають зазвичай 1—3 таких електрони, атоми неметалічних елементів — від 4-х до 8-ми електронів.



Назвіть неметалічні елементи 1—2-го періодів, які є винятками.

Наводимо винятки серед металічних елементів: атоми Стануму та Плюмбуму містять по чотири зовнішніх електрони, а атом Бісмуту — п'ять.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про особливості електронної будови атомів хі-*

[1] Клітинки з хімічними елементами кожного типу в періодичній таблиці забарвлено в однаковий колір.

мічних елементів № 1—20 і послідовність заповнення електронами орбіталей у цих атомах.



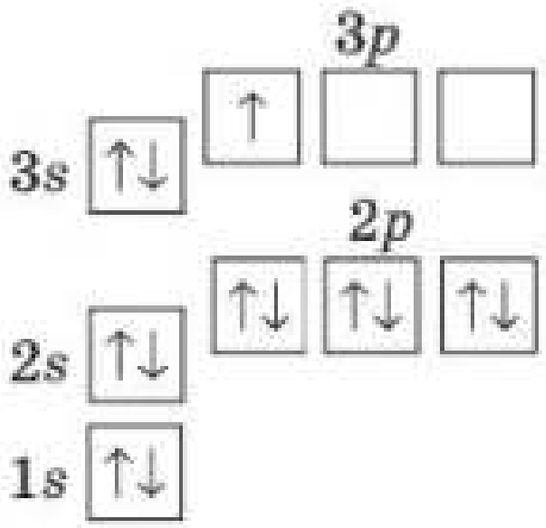
Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

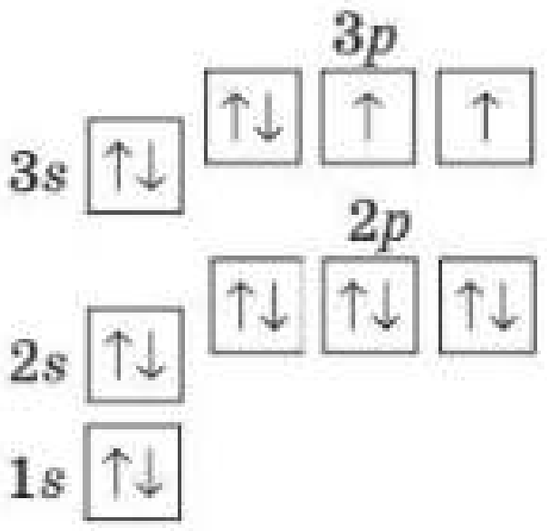
Перевірмо себе

1. Назвіть елемент, атом якого має таку електронну формулу:
   а) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$;
   б) $[He]2s^2 2p^5$;
   в) $[Ar]4s^2$.
2. Атом на другому енергетичному рівні має 6 електронів. Скільки серед них спарених, а скільки — неспарених?
3. Атоми яких елементів 2-го періоду мають один неспарений електрон, два неспарені електрони?
4. Укажіть хімічний елемент, електронну будову атома якого описує така графічна формула:

а)



б)



Аналізуймо

5. Укажіть помилки в електронних формулах атомів:
   а) $1s^2 2s^3 2p^1$;
   б) $[Ar]3s^2 3p^2$;
   в) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 3p^4$.

У команді

6. Скориставшись періодичною таблицею, з'ясуйте:
   а) яких елементів більше — *p*-елементів чи *d*-елементів;
   б) які елементи — металічні чи неметалічні — переважають серед *s*-елементів, *p*-елементів.

Поміркуймо

7.* Назвіть два елементи, в атомах яких кількість електронів у всіх *s*-орбіталях така сама, що й у *p*-орбіталях.

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 30. Радіуси атомів

Кожний атом має масу. А чи можна оцінити його розміри або порівняти за розмірами різні атоми, не вдаючись до складних обчислень? Виявляється, що можна. Для цього достатньо знати, у якому періоді та групі періодичної таблиці розміщений хімічний елемент або елементи.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які чинники впливають на величину радіусів атомів і як саме?
- Як змінюються радіуси атомів хімічних елементів у періодах і групах періодичної таблиці?

Атом — найдрібніша частинка багатьох речовин. Науковці ототожнюють атоми з мікроскопічними сферами. Величину сфери визначають за її радіусом. Від радіусів атомів залежить розміщення цих частинок у молекулі, форма кристалів речовини, її властивості.

Розмір атома зумовлюють найбільші за об'ємом і найдовші орбіталі, у яких перебувають електрони (мал. 79).

Радіус атома — відстань від центра ядра до сферичної поверхні, якої «торкаються» орбіталі з електронами останнього енергетичного рівня.

Радіуси атомів у кілька разів менші за 1 нм, або 10^{-9} м. Їх виміряти неможливо; значення радіусів цих частинок обчислюють різними методами[1].

[1] Радіуси окремого атома і такого, який міститься в речовині, неоднакові.

Радіуси атомів залежать від кількості енергетичних рівнів, на яких перебувають електрони, і від зарядів атомних ядер.

Розглянемо, як змінюються радіуси атомів хімічних елементів у *періодах*. Вам відомо, що атоми елементів одного періоду мають однакову кількість енергетичних рівнів з електронами. Заряди ядер атомів у періоді збільшуються. Що більший заряд ядра, то ближче до нього перебувають електрони і радіус атома менший. Таку залежність пояснює закон фізики, згідно з яким частинка з більшим зарядом сильніше притягує протилежно заряджену частинку.

Радіуси атомів хімічних елементів у періоді зменшуються зі збільшенням заряду атомних ядер.

Зміну радіусів атомів хімічних елементів у 3-му періоді ілюструє малюнок 80.



Мал. 80.
Відносні розміри атомів хімічних елементів 3-го періоду



Порівняйте радіуси атомів металічних елементів і атомів неметалічних елементів 3-го періоду та зробіть висновок.

Якщо порівняємо розміри атомів хімічних елементів у головній підгрупі періодичної таблиці, то виявимо таку залежність: що більше енергетичних рівнів з електронами має атом, то більшим є його радіус (мал. 81).

Радіуси атомів хімічних елементів у головній підгрупі збільшуються зі збільшенням кількості енергетичних рівнів з електронами.



Мал. 81.
Відносні розміри атомів елементів головної підгрупи I групи

Пояснимо, чому радіуси атомів елементів однієї підгрупи залежать від кількості енергетичних рівнів

з електронами, а не від зарядів атомних ядер. Для прикладу візьмемо лужні елементи Літій, Натрій і Калій. Заряди ядер атомів від Літію до Калію різко збільшуються: +3 (Li); +11 (Na); +19 (K). Це мало би посилити притягання електронів до ядра і спричинити зменшення радіусів атомів. Однак позитивні заряди ядер значною мірою екрануються (ніби нейтралізуються) негативними зарядами «внутрішніх» електронів, кількість яких в атомах від Літію до Калію істотно збільшується. Унаслідок цього розміри атомів елементів однієї підгрупи визначаються тим, якою є кількість енергетичних рівнів, на яких перебувають електрони.



Розмістіть символи хімічних елементів N, P і F за збільшенням радіусів атомів.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про радіус атома та зміни радіусів атомів елементів у періодах і групах періодичної таблиці*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Охарактеризуйте термін «радіус атома». Від яких чинників залежать значення радіусів атомів?
2. Визначте в кожній парі хімічний елемент, атом якого має більший радіус:
   а) C — N; в) He — Ne;
   б) F — Br; г) H — He.
   Поясніть свій вибір.
3. Розмістіть символи хімічних елементів Mg, K, C, B за зменшенням радіусів атомів.

Поміркуймо

4.* Назвіть хімічний елемент, атом якого, на вашу думку, має: а) найменший радіус; б) найбільший радіус. Відповіді обґрунтуйте.

Аналізуймо

5. Проаналізуйте зміни радіусів атомів у рядах хімічних елементів Na — K — Ca, Na — Mg — Ca і вкажіть правильну відповідь:
   а) радіус атома Натрію більший, ніж атома Кальцію;
   б) радіуси атомів Натрію та Кальцію майже однакові;
   в) радіус атома Кальцію більший, ніж атома Натрію.

Формуймо словничок

6. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
7. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень до розділу 2, виписаних вами з усіх параграфів цього розділу.

Оцінюймо свої знання

8. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
9. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=pi8wokkcn24) завдання за матеріалом параграфів 25—30.

test

Розділ 3

Досліджуємо зв'язки між атомами, молекулами, йонами

Навколо кожного з нас — багато речовин. Є речовини, у яких містяться атоми — однакові або різні. Чимало речовин утворені молекулами. Третій тип найменших частинок, з яких складаються речовини, — йони. На відміну від атомів і молекул це заряджені частинки; одні йони мають позитивний заряд, інші — негативний. Кожна речовина йонної будови містить протилежно заряджені йони.

Як і чому сполучаються в речовинах найменші частинки різних типів, ви дізнаєтеся з матеріалу, вміщеного в цьому розділі. З'ясуємо, як впливає будова речовин на їхні фізичні властивості, а також особливості будови твердих речовин у кристалічному стані.

З'єднаймо місточками мікросвіт атомів, молекул і йонів із макросвітом речовин.

§ 31. Будова молекул простих речовин. Ковалентний зв'язок

Електрони утримуються в атомі, оскільки, маючи негативний заряд, притягуються до позитивно зарядженого атомного ядра. Атоми є незарядженими частинками, але чому тоді вони сполучаються в молекули? Як уявити і пояснити перебіг такого процесу? Наскільки міцними є «об'єднання» однакових або різних атомів?

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чому електронні оболонки атомів кількох хімічних елементів є найстійкішими?
- Як однакові атоми сполучаються в молекули?

- Який зв'язок між атомами називають простим, подвійним, потрійним?
- Як складають електронні та графічні формули молекул?

Електронна будова атомів інертних елементів. Серед усіх простих речовин лише інертні гази — гелій, неон, аргон, криптон, ксенон, радон — складаються з окремих атомів. Протягом тривалого часу не вдавалося здійснити хімічні реакції за участю інертних газів; їхні атоми не сполучалися з атомами інших елементів. Причина хімічної пасивності цих речовин стала зрозумілою після з'ясування будови атомів.

Звернімо увагу на електронну будову атомів інертних елементів 1—3 періодів:

He — $1s^2$; $\overset{1s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}$.

Ne — $1s^2 2s^2 2p^6$; $\overset{2s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \overset{2p}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \boxed{\uparrow\downarrow}\ \boxed{\uparrow\downarrow}$ (зовнішні електрони)

Ar — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$; $\overset{3s}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \overset{3p}{\boxed{\uparrow\downarrow}}\ \boxed{\uparrow\downarrow}\ \boxed{\uparrow\downarrow}$ (зовнішні електрони)

Два електрони в атомі Гелію заповнюють перший енергетичний рівень. Електронна оболонка атома Неону складається вже з двох заповнених рівнів: перший містить 2 електрони, а другий — 8. В атомі Аргону, крім цих рівнів, є третій, незавершений; на ньому розміщуються 8 електронів, які заповнюють $3s$- і $3p$-підрівні.

Атоми Криптону, Ксенону і Радону також мають на останньому (незавершеному) енергетичному рівні по 8 електронів — два електрони в s-орбіталі та шість електронів у трьох p-орбіталях.

Узявши до уваги хімічну пасивність інертних газів і електронну будову атомів інертних елементів, доходимо такого висновку: *зовнішня 8-електронна оболонка для атома є вигідною і стійкою*[1]. Її часто називають *електронним октетом*[2].

Електронний октет
ns^2np^6

Зв'язок у молекулі H_2. Якщо внаслідок хімічної реакції утворюються атоми Гідрогену, то вони швидко сполучаються в молекули H_2.



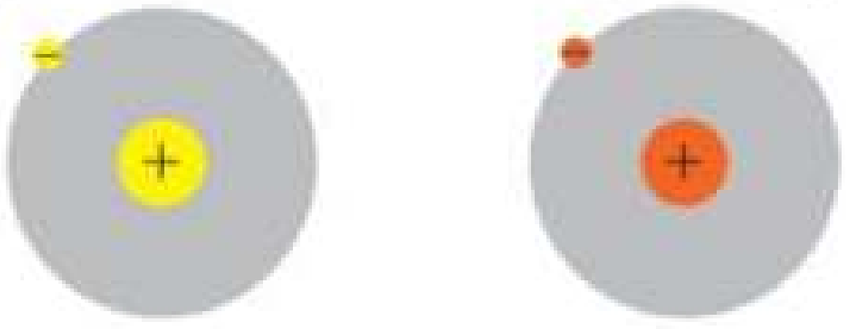
Запишіть електронну формулу атома Гідрогену та зобразіть її графічний варіант.

---

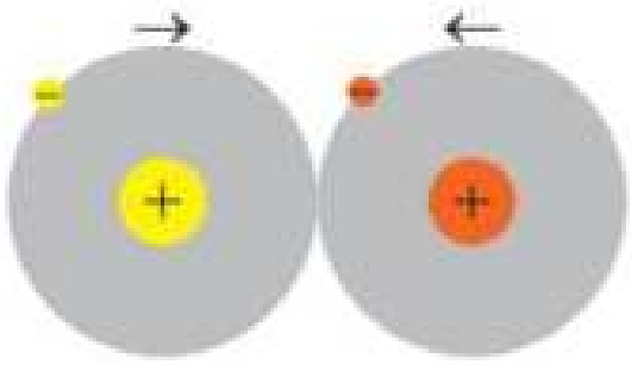
[1] Стійкості атому Гелію надає заповнений електронами єдиний енергетичний рівень.

[2] Слово походить від латинського octo — вісім.

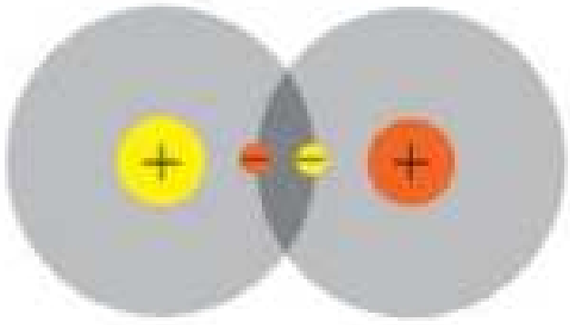
В атомах Гідрогену міститься по одному електрону:



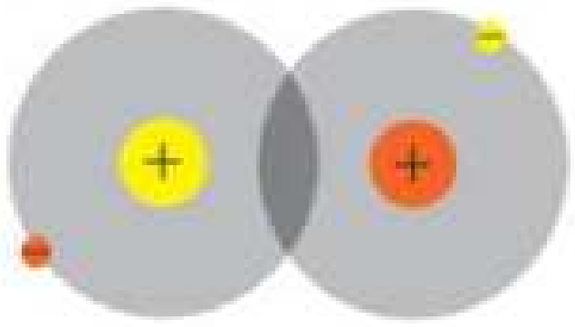
Для того щоб утворилася молекула H_2, двом атомам Гідрогену передусім необхідно зблизитися. Зі зменшенням відстані між ними посилюватиметься притягання негативно зарядженого електрона одного атома до позитивно зарядженого ядра іншого атома. У певний момент орбіталі двох атомів сконтактують



і почнуть проникати одна в одну. Відштовхування між позитивно зарядженими ядрами атомів поступово зростатиме. У якийсь момент сили притягання та відштовхування зрівняються і атоми зупиняться:



Через утворену ділянку перекривання орбіталей електрони постійно переміщатимуться від одного атома до іншого:



Кожен атом Гідрогену отримує додатковий електрон і двоелектронну оболонку (як у атома Гелію); в обох атомів виникає спільна пара електронів.

Зв'язок між атомами, зумовлений утворенням спільних пар електронів, називають *ковалентним*[1] *зв'язком*.



Чому молекула водню складається з двох, а не більшої кількості атомів?

[1] Слово походить від латинського префікса *co* (у перекладі — з, разом) і терміна «валентність».

Ковалентний зв'язок у молекулі водню зображають двома способами: **H:H** або **H–H**. Перший запис називають *електронною формулою молекули*; у ньому кожен електрон позначають крапкою. Другий запис — *графічна формула молекули*[1]. Відтепер ви знатимете, що рискою позначають спільну пару електронів двох атомів.

H:H
H–H

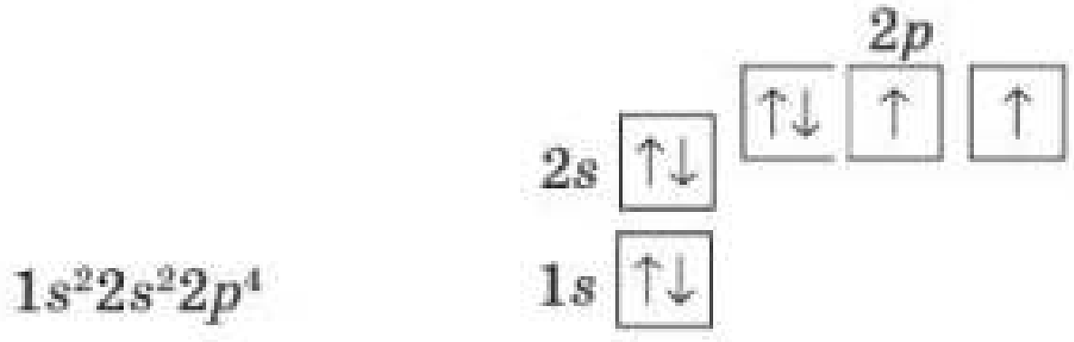
Утворення молекули водню з атомів можна зобразити схемою

$$H^{\cdot} + {\cdot}H \rightarrow H{:}H.$$

Молекула H_2 є достатньо стійкою; вона розпадається на атоми за температури, вищої за 2000 °С.

Зв'язок у молекулах O_2 і N_2. Атоми Оксигену в молекулі кисню O_2 й атоми Нітрогену в молекулі N_2 сполучені ковалентним зв'язком, який відрізняється від зв'язку в молекулі H_2.

Згідно з електронною формулою атома Оксигену та її графічним варіантом



у *p*-орбіталях атома перебувають два неспарені електрони. Під час сполучення двох атомів Оксигену ці електрони утворюють дві спільні пари:

$$\cdot O^{\cdot} + {\cdot}O^{\cdot} \rightarrow O{::}O.$$

Тепер кожний атом має 8 зовнішніх електронів (як і атом інертного елемента Неону). Повна електронна формула молекули кисню $\ddot{O}{::}\ddot{O}$, а графічна формула — O=O.

O::O
O=O



Чим відрізняється повна електронна формула молекули ($\ddot{O}{::}\ddot{O}$) від спрощеної (O::O)?



Складіть електронну формулу атома Нітрогену і зобразіть її графічний варіант. Скільки неспарених електронів у цьому атомі?

З огляду на електронну будову атома Нітрогену легко збагнути, що два таких атоми сполучаються в молекулу азоту N_2 внаслідок утворення трьох спільних пар електронів.

---

[1] Інша назва — структурна формула.



Складіть повну електронну формулу молекули азоту.

Графічна формула молекули азоту — N≡N.

Ковалентний зв'язок, який реалізується за допомогою однієї спільної пари електронів, називають *простим* зв'язком. Якщо атоми мають дві спільні пари електронів, то зв'язок між ними *подвійний*, а якщо таких пар три — *потрійний*. Більшої кількості спільних пар електронів у двох сполучених атомів не буває.

N⁝⁝N
N≡N



Простий зв'язок іноді називають одинарним зв'язком.

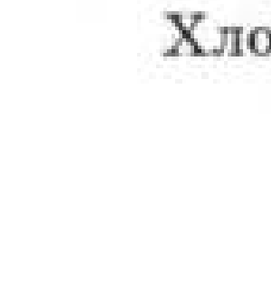
Ковалентним зв'язком сполучені атоми в молекулах інших неметалів — хлору Cl_2, білого фосфору P_4, сірки S_8 тощо. Необхідною умовою для утворення зв'язку цього виду є наявність у кожного з атомів одного або кількох неспарених електронів.



Ковалентним зв'язком сполучаються між собою атоми переважно неметалічних елементів.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про те, електронні оболонки якого складу забезпечують стійкість атомів і як сполучені атоми в молекулах неметалів.*



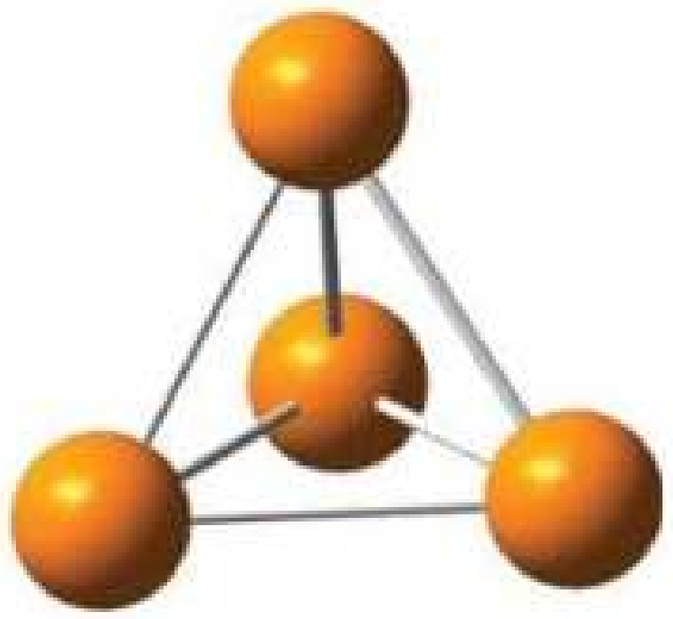
Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Який зв'язок називають ковалентним? Яка особливість електронної будови атомів, між якими утворюється цей зв'язок?
2. Охарактеризуйте зв'язок у молекулі Cl_2. Назвіть орбіталі атомів Хлору, які зазнають перекривання.

3. На малюнку 82 зображено модель молекули білого фосфору P_4. З якою кількістю атомів сполучений кожний атом у цій молекулі? Простими, подвійними чи потрійними є ковалентні зв'язки між атомами в молекулі P_4?



Мал. 82.
Модель молекули P_4

Виконаймо вправу

4. Складіть повну і спрощену електронні формули молекули F_2 та зобразіть графічну формулу цієї молекули.

Поміркуймо

5. У молекулі кисню чи в молекулі азоту зв'язок між атомами, на вашу думку, має бути міцнішим? Правильність відповіді перевірте, відшукавши в інтернеті відомості про умови, за яких кожна молекула розпадається на атоми.

Створюймо

6.* Зобразіть графічну формулу молекули S_8, якщо кожний атом у ній сполучений з двома іншими простими ковалентними зв'язками.

Формуймо словничок

7. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

8. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

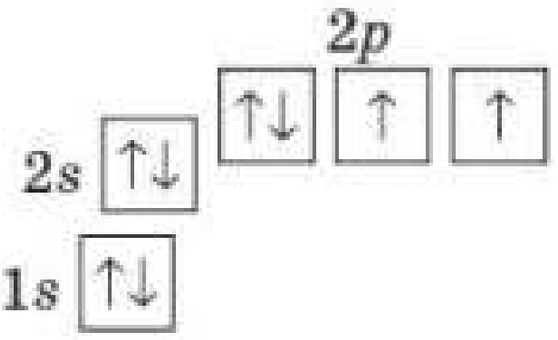
§ 32. Будова молекул складних речовин

Молекули складних речовин, як і простих, утворюються з атомів, що сполучаються ковалентним зв'язком. Форми цих молекул різноманітні — лінійні, кутові, симетричні, несиметричні. Якщо атомів у молекулі багато, її форму описати досить складно. Щоб уявити просторову будову таких молекул, створюють їхні моделі за допомогою комп'ютерних програм, використовуючи відомості про електронну будову атомів.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

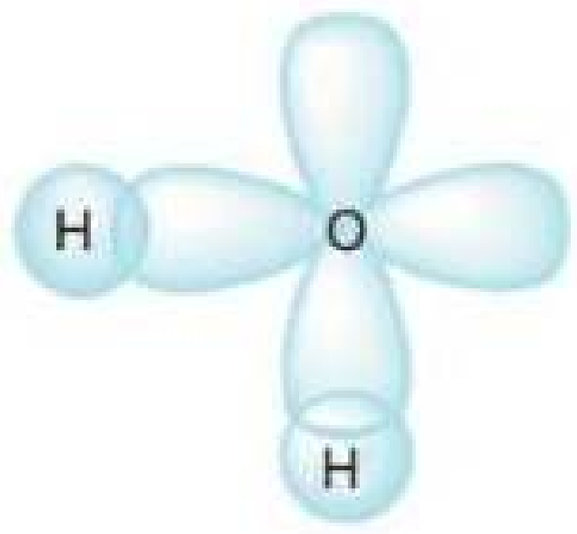
- Як сполучаються атоми в молекулах складних речовин?
- Які види моделей молекул використовують у хімії?

Будова молекули води. Хімічна формула води H_2O відома кожному. Щоб зрозуміти, як сполучається атом Оксигену з двома атомами Гідрогену, пригадаємо електронну будову цих атомів:



$_1$**H** $1s^1$; $_8$**O** $1s^2 2s^2 2p^4$;

У кожному атомі Гідрогену міститься один електрон, а в атомі Оксигену на зовнішньому енергетичному рівні перебуває 6 електронів, серед яких — два неспарених. Атому Гідрогену потрібно отримати додатковий електрон, щоб у ньому був заповнений єдиний енергетичний рівень ($1s^2$). Атому Оксигену треба мати 2 додаткових електрони, щоб другий енергетичний рівень у нього став заповненим ($2s^2 2p^6$). Отже, сполучення атомів Гідрогену та Оксигену, які мають неспарені електрони, цілком реальне.



Мал. 83. Перекривання орбіталей атомів у молекулі води

Унаслідок зближення атомів відбуваються перекривання 1*s*-орбіталей з електронами атомів Гідрогену і 2*p*-орбіталей з неспареними електронами атома Оксигену; утворюються дві спільні пари електронів (мал. 83).

Повна електронна формула молекули води:



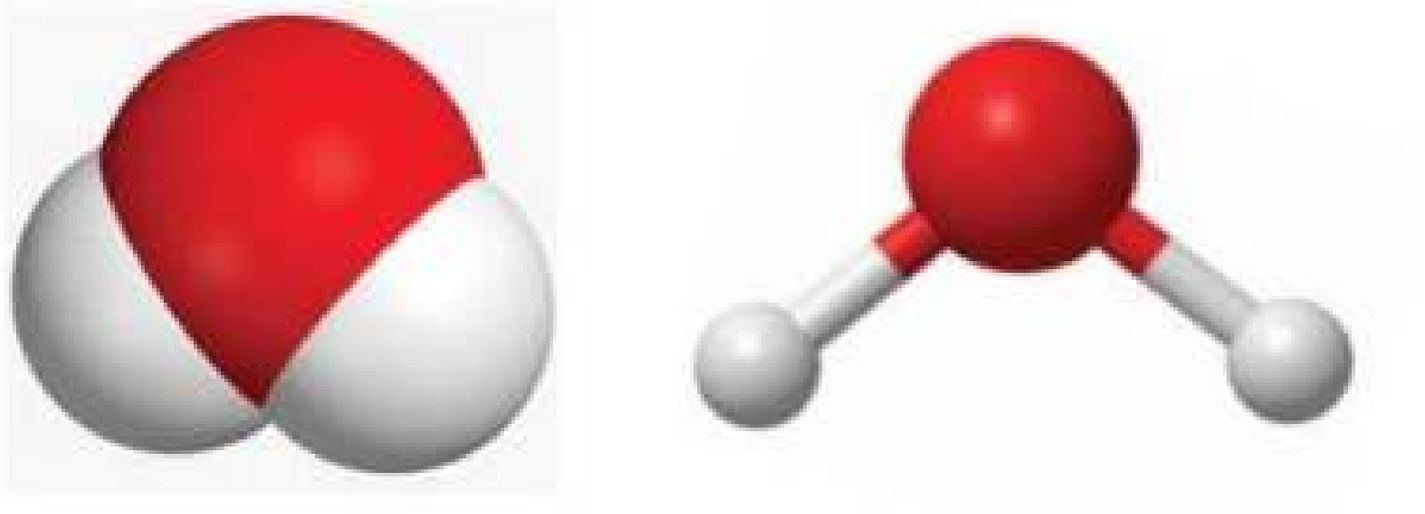


Простим, подвійним чи потрійним ковалентним зв'язком сполучені атоми в молекулі води?

У графічних формулах молекул іноді вказують додаткові відомості щодо просторової будови частинок. Установлено, що кут між прямими лініями, які з'єднують центри атомів Гідрогену та Оксигену в молекулі води, трохи більший від 90° і становить 104,5°:



На малюнку 84 зображено дві моделі молекули H_2O. У *масштабній моделі* розміри кульок пропорційні розмірам атомів; частини об'ємів сполучених атомів є спільними для них. У *кулестержневій моделі* між кульками є стержні, кількість яких така сама, що й спільних пар електронів у атомів.



а *б*

Мал. 84. Моделі молекули води: *а* — масштабна; *б* — кулестержнева

Скориставшись QR-кодом або покликанням (https://h8.academiabook.club/rozdil-3-p-32.html), ви можете дізнатися про види моделей молекул, які використовують дослідники/дослідниці.

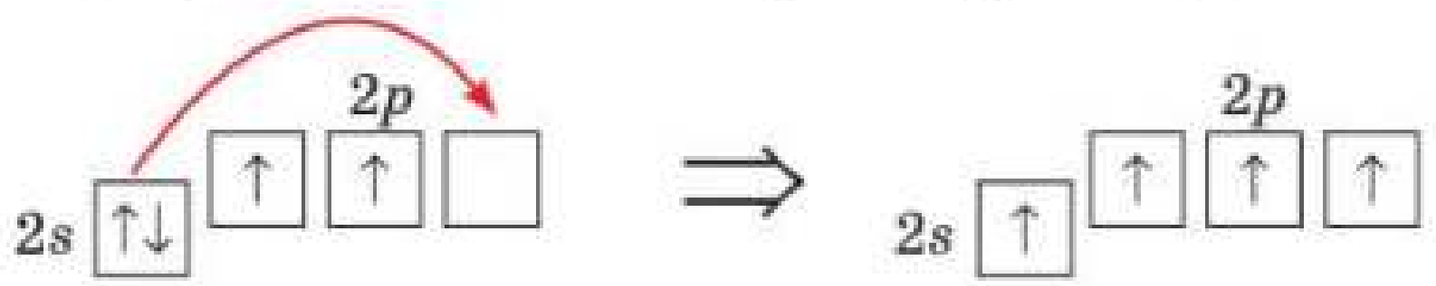
video

Будова молекули вуглекислого газу. У молекулі CO_2 атом Карбону сполучений із двома атомами Оксигену.



Запишіть електронну формулу атома Карбону і зобразіть її графічний варіант. Скільки неспарених електронів в атомі Карбону, атомі Оксигену?

Атом Карбону перед утворенням молекули CO_2 поглинає певну порцію енергії[1] і змінює свою електронну будову. Один електрон переміщується із 2*s*-орбіталі у вільну 2*p*-орбіталь, унаслідок чого кількість неспарених електронів в атомі збільшується до чотирьох:



Ці електрони атома Карбону разом з неспареними електронами двох атомів Оксигену утворюють чотири спільні пари:

O::C::O.



Зобразіть графічну формулу молекули вуглекислого газу. Яким зв'язком — простим, подвійним чи потрійним — сполучений атом Карбону з кожним атомом Оксигену в цій молекулі?

На малюнку 85 зображено моделі молекули CO_2.

Будова молекули сірчистого газу. Формула сірчистого газу SO_2 подібна до формули вуглекислого газу. Чи так само атом Сульфуру сполучається з двома атомами Оксигену, як і атом Карбону?

---

[1] Це відбувається, наприклад, під час горіння вуглецю.



а



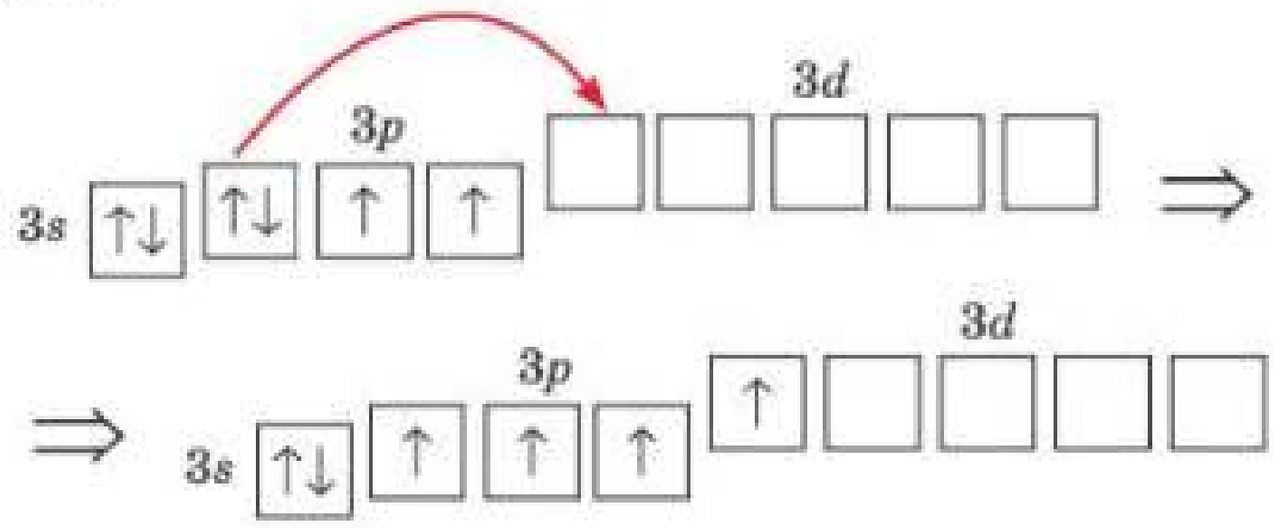
б

Мал. 85. Моделі молекули вуглекислого газу: *а* — масштабна; *б* — кулестержнева



Запишіть електронну формулу атома Сульфуру і зобразіть її графічний варіант.

В атомі Сульфуру, як і в атомі Оксигену, міститься два неспарених електрони. Для того щоб сполучитися з двома атомами Оксигену, йому потрібно мати 4 таких електрони. Атом Сульфур може збільшити кількість неспарених електронів, оскільки на його зовнішньому енергетичному рівні є вільні $3d$-орбіталі. Цей атом, як і атом Карбону, поглинає порцію енергії, і один зі спарених електронів із $3p$-орбіталі переміщується в $3d$-орбіталь:



Кількість неспарених електронів в атомі Сульфуру збільшується до 4-х, і він сполучається з двома атомами Оксигену (мал. 86).



а



б

Мал. 86. Моделі молекули сірчистого газу: *а* — масштабна; *б* — кулестержнева

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про утворення молекул складних речовин з атомів і види моделей молекул.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Поясніть, як відбувається утворення молекули хлороводню HCl з атомів.
2. Чим різняться масштабна і кулестержнева моделі молекули?
3. Зобразіть графічну формулу молекули:
   а) за її спрощеною електронною формулою O::N:Cl;
   б) за її хімічною формулою Cl_2O.

Аналізуймо

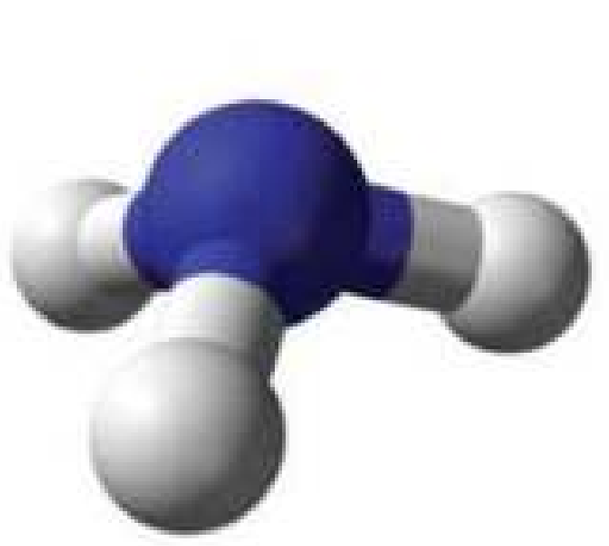
4. Укажіть правильне закінчення речення «У молекулі HCN між атомами є ...»:
   а) один простий і один потрійний зв'язок;
   б) два подвійних зв'язки;
   в) один простий і один подвійний зв'язок;
   г) два простих зв'язки.
5.* Запишіть повну електронну формулу молекули амоніаку NH_3 і зобразіть графічну формулу цієї молекули. Поясніть, чому всі атоми молекули NH_3 не розміщені на одній площині (мал. 87, *а*).

Шанс для творчості

6. На малюнку 87, *б* зображено масштабну модель молекули сірчаної кислоти H_2SO_4. Використавши її, складіть графічну формулу молекули кислоти. Опишіть електронну будову атома Сульфуру, яка зумовлює утворення цієї молекули.

У команді

7. З'ясуйте, у який колір забарвлені кульки-атоми кожного хімічного елемента в моделях молекул, наведених у підручнику. Складіть таблицю, указавши в ній символи елементів і кольори кульок.



а



б

Мал. 87. Масштабні моделі молекул: *а* — амоніаку; *б* — сірчаної кислоти

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо після уроків

ВИГОТОВЛЯЄМО МОДЕЛІ МОЛЕКУЛ

За графічними формулами молекул можна виготовляти моделі цих частинок. У хімічному кабінеті/лабораторії для цього використовують набір для складання моделей молекул, у якому є різнокольорові пластмасові кульки і стержні. Для атомів різних елементів обирають кульки різного кольору. Стержень імітує риску в графічній формулі молекули.

Пропонуємо вам виготовити кулестержневі моделі молекул O_2, NH_3 і HCN (молекула має лінійну форму). У моделях молекул складних речовин бажано дотримуватися відносних розмірів атомів.

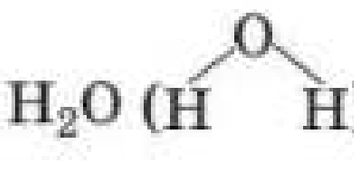
§ 33. Валентність хімічних елементів

Хімічна формула складної речовини вказує на відношення атомів хімічних елементів у ній. Склад речовини не залежить від реакції, унаслідок якої вона утворилася. Якщо хімічні елементи *А* і *Б* утворюють декілька сполук, то їхній склад найчастіше відповідає «простим» формулам — $АБ$, $А_2Б$, $АБ_2$, $АБ_3$ тощо. Чому кожній речовині притаманний певний і сталий склад?

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яку властивість атома називають валентністю?
- Як визначають валентність хімічного елемента?
- Як складають хімічну формулу сполуки двох елементів за їхніми валентностями?

Валентність хімічного елемента. У період становлення науки хімії було виявлено, що атом Гідрогену завжди сполучається з одним атомом іншого елемента. Таку властивість атома назвали *валентністю*[1] і стверджували, що атом Гідрогену *одновалентний*. Справді, у молекулі хлороводню HCl атом Гідрогену сполучений з атомом Хлору, у молекулі води



H_2O — з атомом Оксигену, у молекулі метану CH_4



— з атомом Карбону.

А якою є валентність Оксигену? З огляду на графічну формулу води Оксиген *двовалентний*, оскільки його атом сполучений з двома одновалентними атомами Гідрогену.

Валентність — властивість атомів сполучатися з певною кількістю таких самих або інших атомів.

Визначимо валентність Карбону у вуглекислому газі CO_2. Атом Карбону сполучений з двома двовалентними атомами Оксигену (O=C=O) й тому є *чотиривалентним*.

Сподіваємося, ви здогадалися, що *значення валентності атома відповідає кількості спільних пар електронів, які має цей атом з іншими атомами*. Отже, прогнозувати валентність хімічного елемента можна, узявши до уваги кількість неспарених електронів у його атомі.

Валентність Гідрогену та Оксигену є сталою (як і кількох інших хімічних елементів), а більшість елементів виявляє змінну валентність. У § 32 йшлося про здатність атома Сульфуру змінювати електронну будову, що спричиняє зміну кількості неспарених електронів у ньому. Отже, валентність цього елемента змінна. Так, у сірководні H_2S Сульфур двовалентний, а в сірчистому газі SO_2 — чотиривалентний.



Доведіть валентність Сульфуру в оксиді SO_2, склавши спрощену електронну формулу молекули речовини та її графічну формулу.

Значення валентності елемента, який має змінну валентність, указують у хімічній назві сполуки римською цифрою в дужках

SO_2 — сульфур(IV) оксид

або у формулі сполуки над символом елемента: $\overset{IV}{S}O_2$. Зауважимо, що в обчисленнях і тексті для цього використовують арабські цифри. Приклад

[1] Термін походить від латинського слова valentia — сила.

відповідного речення: «Значення валентності Сульфуру в речовині становить 4».

Інформацію про валентність кількох хімічних елементів 3-го періоду наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Валентність Фосфору, Сульфуру і Хлору

Символ елемента	Номер групи	Значення валентності
P	V	3, 5
S	VI	2, 4, 6
Cl	VII	1, 3, 5, 7

Звертаємо увагу на те, що максимальні *значення валентності більшості хімічних елементів збігаються з номерами груп короткого варіанта періодичної таблиці, у яких вони перебувають.*



Доведіть, що Фосфор може бути три- і п'ятивалентним, зобразивши зміну будови його атома за допомогою електронних формул.



Чому значення валентності хімічного елемента або парні, або непарні (табл. 5)?

Максимальне значення валентності хімічних елементів дорівнює 8.

Визначення валентності елементів у сполуці двох елементів за її хімічною формулою. Значення валентності елемента в речовині з'ясовують у тому разі, якщо він має змінну валентність. Виконаємо відповідне завдання.

Працюємо разом

Обчислимо значення валентності Йоду в сполуці I_2O_5.

Оксиген — двовалентний елемент. Запишемо значення його валентності над символом елемента в хімічній формулі сполуки: $I_2\overset{II}{O}_5$. На п'ять атомів Оксигену припадають $2 \cdot 5 = 10$ одиниць валентності. Їх «розподіляємо» між двома атомами Йоду ($10 : 2 = 5$). Отже, Йод у сполуці п'ятивалентний: $\overset{V}{I}_2\overset{II}{O}_5$.



Визначте валентність Хлору у сполуках Cl_2O і Cl_2O_7.

Складання хімічних формул сполук, утворених двома елементами, за валентністю елементів. Виконаємо завдання, зворотне попередньому.

Працюємо разом

Складемо хімічну формулу сполуки Сульфуру з Оксигеном, у якій Сульфур шестивалентний.

Запишемо символи елементів, якими утворена сполука, і вкажемо над ними значення валентності елементів: $\overset{VI}{S}...\overset{II}{O}...$. Обираємо найменше число, яке ділиться без залишку на обидва значення валентності, тобто найменше спільне кратне. Це число 6. Ділимо його на значення валентності кожного елемента й отримуємо відповідні індекси в хімічній формулі речовини: $\overset{VI}{S}_{6/6}\overset{II}{O}_{6/2} \Rightarrow \overset{VI\ II}{SO_3}$.

Для перевірки правильності хімічної формули використовують правило: *добутки значення валентності кожного елемента на кількість його атомів у формулі сполуки однакові*. Ці добутки для щойно виведеної формули: $6 \cdot 1 = 2 \cdot 3$.



Бор — тривалентний елемент. Наведіть електронну формулу, яку має його атом, сполучаючись з іншими атомами. Складіть хімічні формули сполук Бору із Флуором та Оксигеном.

Складаючи формули сполук, утворених двома елементами, спочатку записують символи металічних елементів, а потім — неметалічних. Якщо сполука утворена лише неметалічними елементами і серед них є Оксиген або Флуор, то ці хімічні елементи записують останніми.



У формулі сполуки Гідрогену з неметалічним елементом VI або VII групи першим записують Гідроген (H_2Te, HBr), а для інших аналогічних сполук цього хімічного елемента застосовують зворотний порядок запису елементів (PH_3, CH_4).

Хімічні формули сполук, утворених трьома і більше елементами, складають за іншими алгоритмами.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про валентність хімічних елементів, з'ясування її значення за формулою сполуки і складання формули сполуки за валентністю елементів, якими вона утворена.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Як визначити валентність атома в молекулі за її графічною та електронною формулами?
2. Які значення валентності може мати хімічний елемент, якщо електронна формула його атома — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$?
3. Допишіть значення валентності хімічних елементів у формулах сполук:

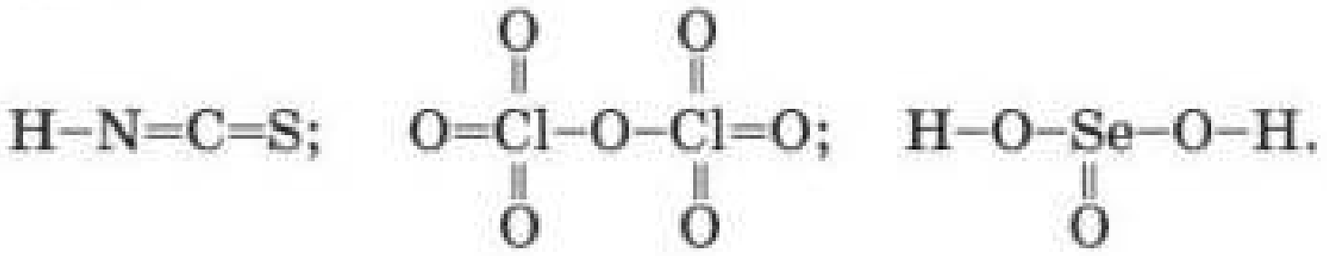
$$\overset{IV}{S}Cl_4;\ \overset{I}{P}Br_5;\ \overset{I}{N}I_3;\ \overset{IV}{C}S_2;\ \overset{III}{P_3}N_5.$$

Виконаймо вправу

4. Визначте валентність елементів у сполуках, що мають такі формули:
   а) V_2O_5, SiF_4, PH_3;
   б) H_2Se, P_2O_3, Mn_2O_7.

5.* Складіть формули сполук:
   а) $\overset{IV}{Si}$...H..., $\overset{VI}{W}$...O...; O...F...;
   б) $\overset{III}{N}$...O..., $\overset{V}{P}$...O..., $\overset{IV}{C}$...$\overset{I}{Cl}$... .

6. Визначте валентність елементів у сполуках за графічними формулами молекул:



Поміркуймо

7. Чому в книжках та інтернеті немає відомостей про валентність Гелію, Неону, Аргону?

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 34. Речовини молекулярної та атомної будови

Інформація про будову речовини та хімічний зв'язок, яким сполучені її найменші частинки, є дуже важливою. Від будови речовин залежить більшість їхніх фізичних властивостей, а також значною мірою і хімічні. На властивості речовин, які складаються з атомів, впливає й те, сполучені всі атоми чи відокремлені один від одного.

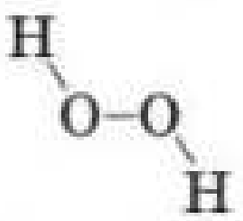
Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які фізичні властивості характерні для речовин молекулярної та атомної будови?
- Як передбачати фізичні властивості речовини за її будовою?

Речовини молекулярної будови. Речовин, які утворені молекулами, — більшість. Ви вже знаєте, що молекулярну будову з-поміж простих речовин мають кисень, азот, водень, сірка, а серед складних — вода, амоніак, вуглекислий і сірчистий гази. З молекул також складаються всі кислоти, зокрема оцтова, лимонна, сірчана, сполуки Карбону з Гідрогеном, вуглеводи, білки, жири тощо.

Хімічні формули деяких молекулярних речовин мають кратні індекси. Це стосується, наприклад, гідроген пероксиду:

H_2O_2 — хімічна формула

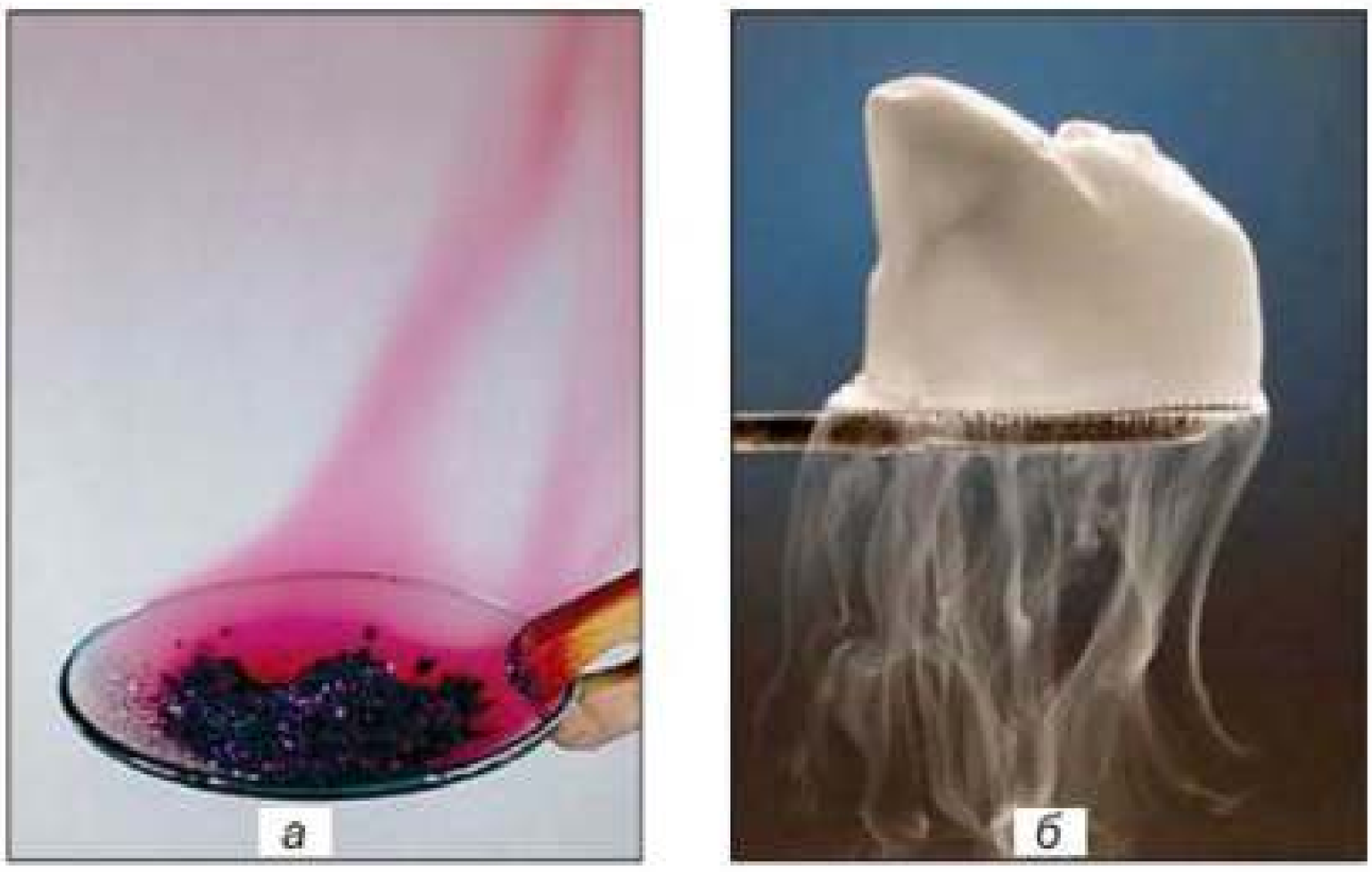


графічна формула

Формулу H_2O_2, яка показує реальний склад молекули речовини, називають *істинною*, а запис HO — *найпростішою формулою*. Трапляється, що одна найпростіша формула відповідає кільком речовинам з різними істинними формулами. Так, ацетилен C_2H_2 (цей газ використовують у процесі зварювання металів) і бензен C_6H_6 (рідину застосовують в органічному синтезі) мають одну й ту саму найпростішу формулу — CH. Але істинні формули більшості молекулярних речовин збігаються з найпростішими.

Властивості речовин молекулярної будови. Частина речовин, які складаються з молекул, перебуває за стандартних умов у твердому стані, а інші є рідинами або газами. Речовини існують у твердому і рідкому станах тому, що молекули притягуються одна до одної, хоча кожна є незарядженою частинкою. Взаємодія між молекулами досить слабка; вона зумовлена, зокрема, притяганням електронів атомів однієї молекули до ядер атомів інших молекул.

Молекулярні речовини плавляться і закипають за невисоких температур. Для них характерні також леткість і низька твердість. Деякі речовини під час нагрівання змінюють свій агрегатний стан із твердого одразу на газуватий, минаючи рідкий. Таке явище називають *сублімацією*[1]. Цю властивість мають, наприклад, йод I_2, карбон(IV) оксид CO_2 (мал. 88)[2]. Лід за температури, нижчої від 0 °С, також перетворюється на пару, щоправда досить повільно. Завдяки цьому випрана білизна висихає навіть на морозі.



Мал. 88. Сублімація йоду (*а*) і карбон(IV) оксиду (*б*)



Дізнайтеся з інтернету про харчові продукти, які називають сублімованими. Який процес покладено в основу їх виробництва? У чому сублімовані продукти мають перевагу порівняно зі «звичайними»?

Чимало молекулярних речовин має запах. Вам добре відомий різкий запах сірчистого газу SO_2. Ця речовина утворюється в момент запалювання сірника (сірка є у складі його голівки). Газ амоніак NH_3 також легко впізнати за запахом. Він виділяється з водного розчину цієї сполуки, відомого під назвою «нашатирний спирт». Не можна сплутати за запахом з іншими речовинами оцтову кислоту CH_3COOH, розчин якої (оцет) використовують у домашньому господарстві.

Молекулярні речовини в будь-якому агрегатному стані не проводять електричного струму.

---

[1] Термін походить від латинського слова sublimare — піднімати вгору.

[2] Твердий карбон(IV) оксид називають «сухим льодом». Він існує за температури нижче –78,5 °С. У разі нагрівання ця тверда речовина не плавиться, а перетворюється на газ (вуглекислий). Сухий лід раніше використовували для зберігання морозива.



Поясніть цю властивість речовин, які складаються з молекул.

Речовини атомної будови та їхні властивості. Є речовини, у яких усі атоми сполучені ковалентним зв'язком. Серед них — прості речовини бор, графіт, алмаз, силіцій, а також невелика кількість складних речовин (наприклад, оксиди SiO_2 і B_2O_3). Їхня будова зумовлена усуспільненням атомами електронів зовнішніх енергетичних рівнів (мал. 89).



Мал. 89.
Речовини атомної будови та їхні кулестержневі моделі



Укажіть атоми Силіцію та Оксигену в моделі будови кварцу (мал. 89). За цією моделлю визначте валентність хімічних елементів у речовині.

Речовина, яка складається зі сполучених атомів, є ніби однією гігантською молекулою. Оскільки ковалентні зв'язки міцні, речовини атомної будови мають високі температури плавлення і кипіння, не розчиняються у воді, інших розчинниках, а деякі вирізняються надзвичайною твердістю (алмаз, бор нітрид BN).



Наведіть приклади використання речовин з високою твердістю.

Інертні гази також мають атомну будову, але атоми в них не сполучені між собою. Унаслідок цього температури плавлення і кипіння речовин дуже низькі. Наприклад, газ гелій перетворюється на рідину за температури −269 °С, близької до «абсолютного нуля».

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про найпростішу та істинну формули речовини, фізичні властивості речовин молекулярної та атомної будови*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Назвіть кілька речовин молекулярної та атомної будови, які ми використовуємо в побуті.
2. У параграфі наведено хімічну формулу оцтової кислоти CH_3COOH. Це — істинна формула речовини. Чи є вона найпростішою? Якщо ні, то запишіть найпростішу формулу цієї кислоти.
3. Сполука *X* за стандартних умов перебуває у твердому стані, має запах, а за помірного нагрівання плавиться. З яких частинок вона складається — атомів чи молекул?

Аналізуймо

4.* Температури кипіння рідких гелію, неону й аргону становлять −269, −246 і −186 °С відповідно. Побудуйте графік залежності температур кипіння цих простих речовин від відносних атомних мас. Спробуйте пояснити виявлену залежність.

Дізнаваймося

5. Графіт і алмаз — прості речовини Карбону, які мають атомну будову, але дуже різняться твердістю. За матеріалами з інтернету з'ясуйте причину такої відмінності.

Поміркуймо

6. Чому сполуки CO_2 і SiO_2 істотно різняться фізичними властивостями, хоча в цих речовинах реалізується один і той самий вид хімічного зв'язку — ковалентний?
7. Карборунд SiC — сполука атомної будови. Спрогнозуйте фізичні властивості речовини та перевірте своє передбачення, відшукавши необхідну інформацію в інтернеті.

У команді

8. Назвіть кілька речовин і сумішей, що мають запах і використовуються в кулінарії. З атомів чи молекул складаються ці речовини та відповідні компоненти сумішей?
9. У м. Брюссель (Бельгія) є монумент «Атоміум» (мал. 90), який було споруджено до відкриття Всесвітньої виставки у 1958 р. Спробуйте пояснити назву цього монумента. (Можливо, запропонуєте для нього іншу назву.)



Мал. 90. Монумент «Атоміум»

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
12. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=puc59o78c24) завдання за матеріалом параграфів 31—34.

test

§ 35. Електронегативність хімічних елементів. Полярний і неполярний ковалентний зв'язок

Уявімо спортивну гру «Перетягування канату», у якій беруть участь двоє хлопців. Якщо вони однаково сильні, то канат залишиться непорушним. Якщо ж один сильніший за іншого, він перетягуватиме канат.

Подібне відбувається з двома атомами, які сполучені ковалентним зв'язком і мають одну або кілька спільних пар електронів. Такі пари електронів у двох різних атомів часто бувають зміщеними в бік одного з них. Це істотно впливає на фізичні та хімічні властивості речовин. Навчимося прогнозувати зміщення спільних пар електронів між атомами або його відсутність.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яку властивість атома називають електронегативністю?
- Як передбачити особливості ковалентного зв'язку між атомами?

Електронегативність хімічних елементів. Атоми різних елементів зазвичай виявляють неоднакову здатність утримувати спільну пару електронів.

Властивість атома хімічного елемента зміщувати у свій бік пару електронів, спільну з іншим атомом, називають *електронегативністю*.

Що менший радіус атома і більший заряд його ядра, то сильніше атом притягує спільну пару електронів.



Атом якого елемента є більш електронегативним — Оксигену чи Карбону?

Електронегативність хімічного елемента можна оцінити кількісно. Відповідні обчислення були здійснені за результатами фізичних досліджень атомів. Найчастіше використовують шкалу електронегативності американського науковця Лайнуса Полінга (табл. 6). За цією та іншими шкалами найбільш електронегативним елементом є Флуор, а найменш електронегативним — Цезій. Значення електронегативності металічних елементів менші, ніж неметалічних.



Чому в таблиці 6 немає значень електронегативності Гелію, Неону й Аргону?

Відомості, наведені в таблиці 6, свідчать про те, що *електронегативність хімічних елементів збільшується в періодах зліва направо, а в групах (головних підгрупах) — знизу догори*.



Складіть ряд усіх неметалічних елементів 1—3 періодів за збільшенням їхньої електронегативності.

Таблиця 6

Значення електронегативності елементів 1—3 періодів

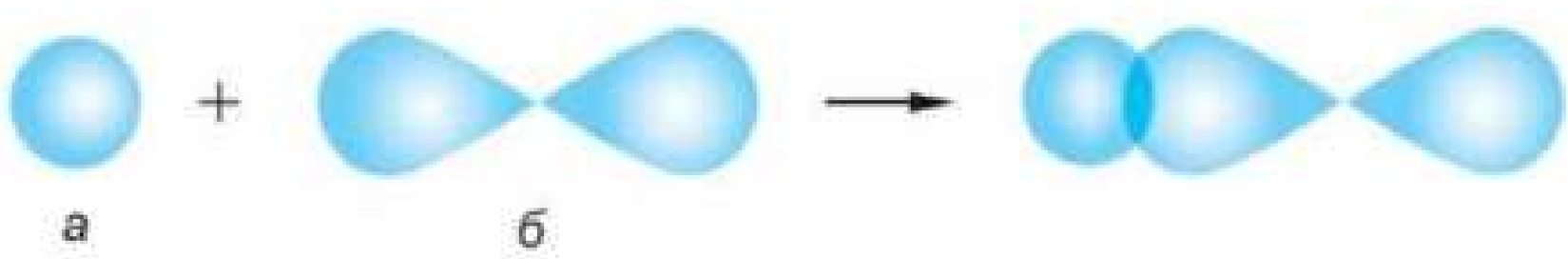
Періоди	Групи							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H 2,1							He —
2	Li 1,0	Be 1,5	B 2,0	C 2,5	N 3,0	O 3,5	F 4,0	Ne —
3	Na 0,9	Mg 1,2	Al 1,5	Si 1,8	P 2,1	S 2,5	Cl 3,0	Ar —

Види ковалентного зв'язку. З'ясуємо, яку особливість має ковалентний зв'язок у молекулі хлороводню HCl. В атомі Гідрогену міститься один електрон, а в атомі Хлору на зовнішньому енергетичному рівні перебуває 7 електронів, серед яких один неспарений.



Запишіть графічний варіант електронної формули атома Хлору.

Атому кожного елемента вигідно отримати додатковий електрон: атом Гідрогену заповнить свій єдиний енергетичний рівень, а атом Хлору матиме вісім електронів на останньому енергетичному рівні ($3s^2 3p^6$). Унаслідок перекривання 1*s*-орбіталі атома Гідрогену і 3*p*-орбіталі атома Хлору (мал. 91) із двох неспарених електронів утворюється спільна пара цих частинок.



Мал. 91.
Перекривання орбіталей атомів під час утворення молекули HCl:
а — 1*s*-орбіталь атома H; *б* — 3*p*-орбіталь атома Cl із неспареним електроном



Запишіть повну електронну і графічну формули молекули хлороводню.

Згідно з результатами досліджень, два електрони, які «забезпечують» ковалентний зв'язок у молекулі HCl, частіше перебувають у

більш електронегативному атомі Хлору, і спільна пара електронів зміщена до нього:

$$H:Cl.$$

Цей атом набуває невеликого негативного заряду, меншого за одиницю (він дорівнює −0,2), а атом Гідрогену — такого самого заряду за значенням, але позитивного (+0,2).

Для загального позначення дробових зарядів атомів використовують грецьку літеру δ («дельта») разом зі знаком «+» або «−». Розглянуту особливість ковалентного зв'язку в молекулі хлороводню зображують

$$H \rightarrow Cl \text{ або } \overset{\delta+}{H} \rightarrow \overset{\delta-}{Cl}.$$

Ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних пар електронів зміщені в бік одного з атомів, називають *полярним зв'язком*, а за відсутності такого зміщення — *неполярним зв'язком*.

Полярний ковалентний зв'язок реалізується в молекулах багатьох складних речовин — HF, NH_3, SO_3, $SiCl_4$, BF_3 та ін. Неполярним ковалентним зв'язком сполучені атоми в молекулах неметалів, у простих речовинах атомної будови — алмазі, графіті, силіції, а також атоми хімічних елементів з однаковою електронегативністю в молекулах складних речовин.



Скориставшись інформацією, наведеною в таблиці 6, укажіть формули молекул з полярним і неполярним ковалентним зв'язком: I_2, CO_2, SF_4, PH_3, Cl_2O_7.

Що більша різниця електронегативності хімічних елементів, то полярніший зв'язок між їхніми атомами.



У якій молекулі ковалентний зв'язок більш полярний — HCl чи HI?

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про електронегативність хімічних елементів, неполярний і полярний ковалентний зв'язок.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Як впливає електронегативність атомів на хімічний зв'язок між ними?
2. Укажіть відмінність між неполярним і полярним ковалентним зв'язком.
3. Чому атоми, сполучені ковалентним зв'язком, можуть набувати невеликих зарядів?
4. Серед наведених формул укажіть ті, що відповідають речовинам з неполярним і полярним ковалентним зв'язком: H_2S, SiO_2, P_4, CF_4, NCl_3. Поясніть ваш вибір.

Поміркуймо

5. Символи хімічних елементів часто розміщені у формулах сполук за збільшенням електронегативності елементів. Укажіть серед наведених формул такі, у яких немає зазначеної послідовності: Na_2CO_3, NH_3, SiO_2, H_2S, $NaOH$, CH_4, HNO_3.

Аналізуймо

6. Позначте часткові заряди атомів, використавши літеру δ, у формулах молекул OF_2, CH_4 і $SiCl_4$. Який зв'язок у цих молекулах найбільш полярний, а який — найменш полярний?
7.* Укажіть правильне закінчення речення «Значення електронегативності Калію та Кальцію становлять відповідно ...»:
   а) 0,8 і 1,0;
   б) 1,0 і 0,8;
   в) 1,0 і 1,2;
   г) 0,8 і 0,6.

   Для цього порівняйте значення електронегативності елементів, подібних до Калію і Кальцію, скориставшись таблицею 6.

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

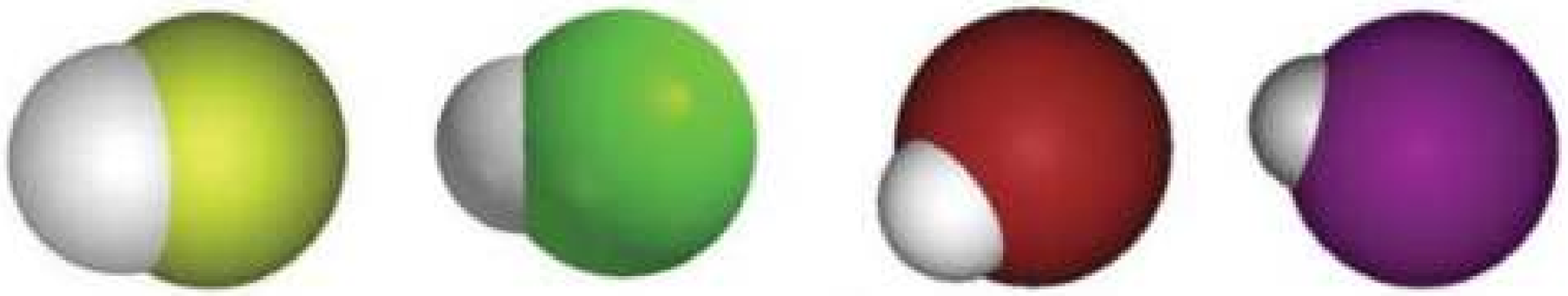
§ 36. Водневий зв'язок

Деякі складні речовини мають аномальні фізичні властивості. Наприклад, вода, яка складається з доволі легких молекул, мала б закипати за температури, значно нижчої від +100 °С. Чи зумовлено це особливостями будови молекул речовини і хімічного зв'язку між атомами в них? Ствердну відповідь та її пояснення ви отримаєте в матеріалі параграфа. Дізнаєтеся про вид хімічного зв'язку, який називають водневим, і його вплив на властивості речовин.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чому молекули певних речовин є полярними?
- Який вид хімічного зв'язку називають водневим зв'язком?
- Чому вода має аномальні фізичні властивості?

Полярність молекул. Ви вже знаєте, що атоми, які різняться електронегативністю, сполучаються ковалентним полярним зв'язком. У молекулах галогеноводнів



HF HCl HBr HI

єдина спільна пара електронів зміщена від атома Гідрогену до більш електронегативного атома галогену:

H :*Hal* H→*Hal*.

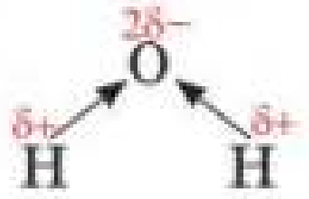
Кожна молекула з боку атома Гідрогену має невеликий позитивний заряд, менший за одиницю, а з протилежного боку, де міститься атом галогену, — такий самий за величиною негативний заряд. Ці молекули є полярними; їх називають диполями. *Диполь*[1] — частинка, що має два різнойменно заряджені полюси. Її умовно зображають еліпсом із вписаними знаками «+» і «−» без зазначення величин зарядів:



Полярною є й молекула води. У ній атом Оксигену сполучений з кожним атомом Гідрогену ковалентним полярним зв'язком. Оскільки Окси-

[1] Термін походить від грецьких префікса «ди» (дис) — двічі та слова «полос» — полюс.

ген має більшу електронегативність (3,5), ніж Гідроген (2,1), то його атом зміщує до себе спільні пари електронів:



Маючи кутову форму, молекула води є диполем. Установлено, що заряд кожного атома Гідрогену в молекулі води становить +0,17, а атома Оксигену −0,34.

> Наявність полярних зв'язків між атомами в молекулі не завжди спричиняє її полярність. Молекула вуглекислого газу є лінійною: O=C=O (§ 32). Подвійні зв'язки між атомами Оксигену і Карбону полярні; спільні пари електронів зміщені в бік більш електронегативних атомів Оксигену. Ці атоми мають невеликі негативні заряди, а атом Карбону — удвічі більший позитивний заряд. Оскільки молекула CO_2 в центрі заряджена позитивно, а по обидва боки — негативно, вона неполярна і не є диполем.

Полярність молекул істотно впливає на властивості речовин.

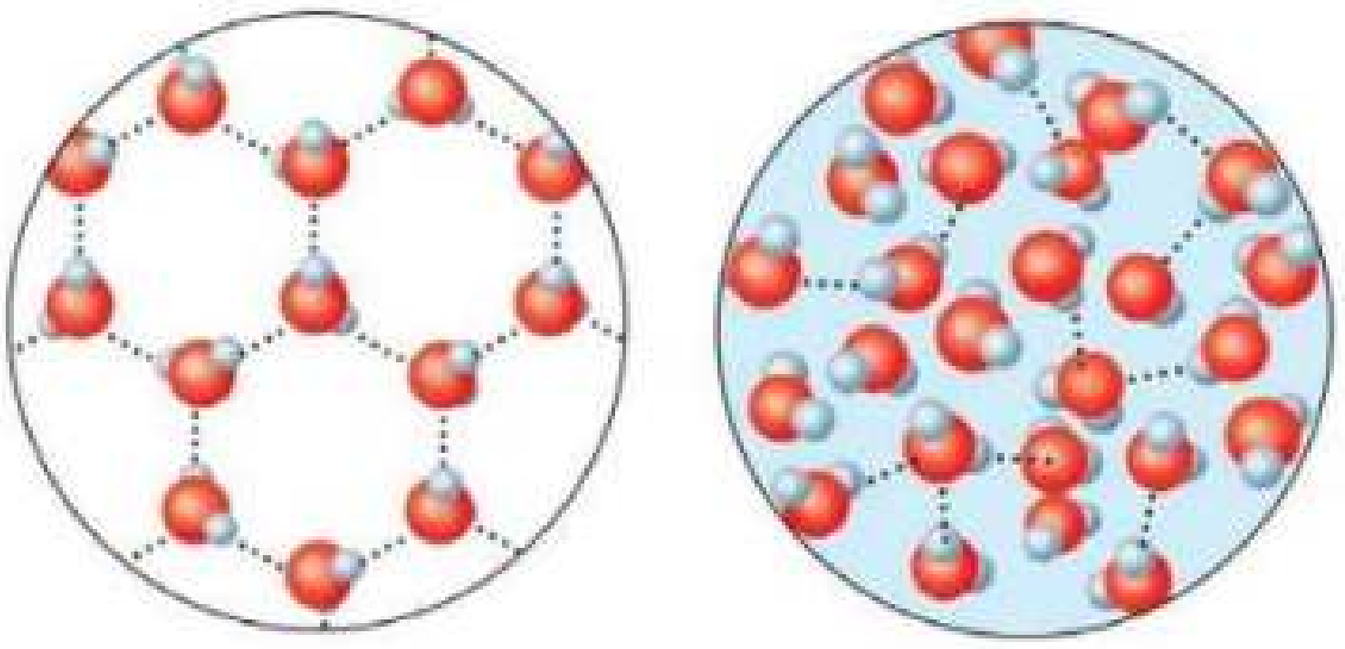
Водневий зв'язок. Молекули-диполі води, амоніаку та багатьох інших речовин можуть притягуватися одна до одної своїми протилежно зарядженими частинами.

Електростатичну взаємодію між молекулами за участю атомів Гідрогену і найбільш електронегативних елементів називають *водневим зв'язком*.

Водневий зв'язок позначатимемо трьома крапками: H···O. Він значно слабший за ковалентний зв'язок. Обов'язкова умова його утворення — наявність у молекулі речовини атома Гідрогену, сполученого з атомом Оксигену, Флуору або Нітрогену.

Водневі зв'язки є у воді (мал. 92, *б*), етиловому спирті, кислотах, білках; вони також утворюються між молекулами цих речовин і води в розчинах. Щомиті частина водневих зв'язків у рідких речовинах і розчинах руйнується, але водночас утворюються нові такі самі зв'язки. У твердих речовинах, зокрема льоді, водневі зв'язки не розриваються (мал. 92, *а*).

> Лід дещо легший за воду; його густина становить 0,917 г/см^3. (Інші речовини у твердому стані мають більшу густину, ніж у рідкому.) Між молекулами H_2O у льоді є порожнини. Частина їх під час танення льоду поступово заповнюється «звільненими» молекулами, і рідина, що утворюється, трохи «ущільнюється». Тому лід у воді не тоне.



а *б*

Мал. 92. Водневі зв'язки у льоді (*а*) та воді (*б*)

Водневі зв'язки виконують важливу функцію в живих організмах. Завдяки їх утворенню в білках ці речовини набувають певної будови і виявляють особливі властивості.

Вплив водневого зв'язку на фізичні властивості речовин. У воді частина молекул сполучена з іншими молекулами водневими зв'язками (мал. 92, *б*). Унаслідок цього вода кипить за значно вищої температури, ніж, наприклад, рідкий метан CH_4, у якому немає водневих зв'язків. Зауважимо, що маси молекул води і метану майже однакові.



Відшукайте в інтернеті температуру кипіння метану та порівняйте її з температурою кипіння води.



Спробуйте пояснити, чому між молекулами метану не утворюються водневі зв'язки, хоча ковалентний зв'язок C–H є полярним. Скористайтеся моделлю молекули CH_4.



У таблиці наведено температури плавлення сполук елементів VI групи з Гідрогеном:

Формула речовини	Температура плавлення, °C
H_2O	0
H_2S	–85,6
H_2Se	–65,7
H_2Te	–51

За даними таблиці побудуйте графік залежності температур плавлення цих сполук від значень їхніх відносних молекулярних мас і прокоментуйте його. Про що свідчить цей графік?

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про особливості будови молекули води, водневий зв'язок і його вплив на фізичні властивості води.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

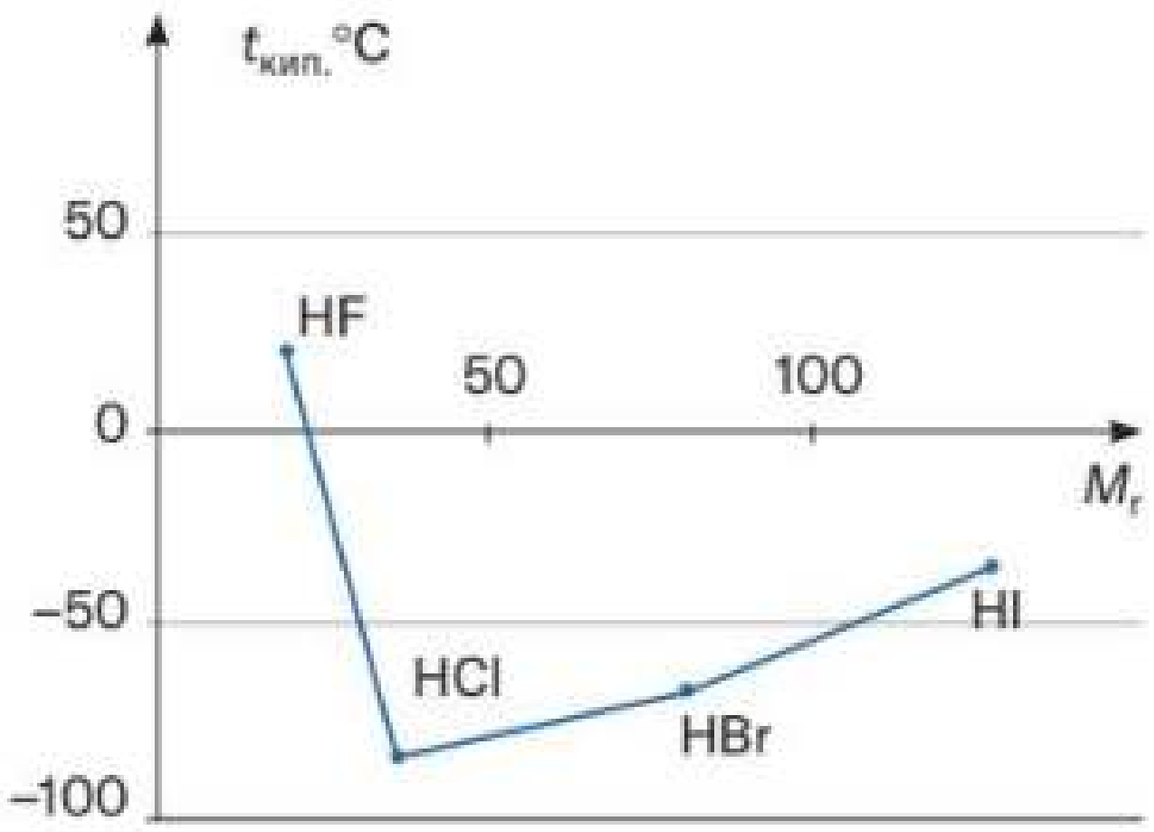
1. Поясніть, чому молекула води є полярною.
2. Прокоментуйте утворення водневого зв'язку у воді та льоді.
3. Іноді кажуть, що водневий зв'язок коректніше називати гідрогеновим зв'язком. На чому ґрунтується ця думка?

Поміркуймо

4.* Молекула амоніаку NH_3 має форму трикутної піраміди (с. 170, мал. 87, *а*). Зобразіть поряд графічні формули двох молекул амоніаку та позначте водневий зв'язок між цими частинками. Чому цей зв'язок є в рідкій і твердій речовині, але не утворюється в газуватому амоніаку?

Аналізуймо

5. Графік, зображений на малюнку 93, свідчить про аномально високу температуру кипіння речовини HF порівняно з речовинами подібного складу і будови. Поясніть цей факт.



Мал. 93. Залежність температур кипіння сполук галогенів з Гідрогеном від значень їхніх відносних молекулярних мас

У команді

6. За відомостями з інтернету з'ясуйте, яку температуру плавлення мав би лід, а яку температуру кипіння — вода в разі відсутності водневого зв'язку між молекулами. Який вигляд мала б тоді наша планета?

Формуймо словничок

7. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

8. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 37. Йони — найменші частинки багатьох речовин

Крім атомів і молекул, існує ще один тип частинок, з яких складаються речовини, — йони. Вони містяться в природній воді, ними утворена більшість мінералів. Слово «йон» є частиною інших слів. Верхній шар атмосфери, у якому, крім молекул і атомів газів, містяться йони (а ще й електрони), називають йоносферою. Йонообмінні смоли використовують для одержання чистої води, а літій-йонні акумулятори є поширеними хімічними джерелами струму.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чим йони відрізняються від атомів?
- Як записати формулу йона?
- Як визначають електронну будову йонів?

Йони. Атоми багатьох елементів можуть зазнавати змін, пов'язаних із формуванням стійкої електронної будови — восьмиелектронного зовнішнього енергетичного рівня, наявного в атомах інертних елементів (або єдиного двоелектронного 1-го рівня, як в атомі Гелію).

Метал літій і неметал фтор мають високу хімічну активність. Під час хімічної реакції між цими речовинами

$$2Li + F_2 = 2LiF$$

кожний атом Літію втрачає електрон і перетворюється на заряджену частинку, а атом Флуору приєднує електрон і також стає зарядженою частинкою.



Запишіть електронні формули частинок, що утворюються, і визначте їхні електричні заряди.

Заряджені частинки обох типів у речовині LiF та багатьох інших речовинах називають *йонами*.

Йон — заряджена частинка, яка утворюється з атома внаслідок втрати або приєднання ним одного чи кількох електронів.

Якщо атом втрачає один електрон, то перетворюється на йон із зарядом +1, а в разі приєднання ним, наприклад, двох електронів — на йон із зарядом −2. Позитивно заряджені йони називають *катіонами*, негативно заряджені — *аніонами*.

Катіони
H^+, Ba^{2+}

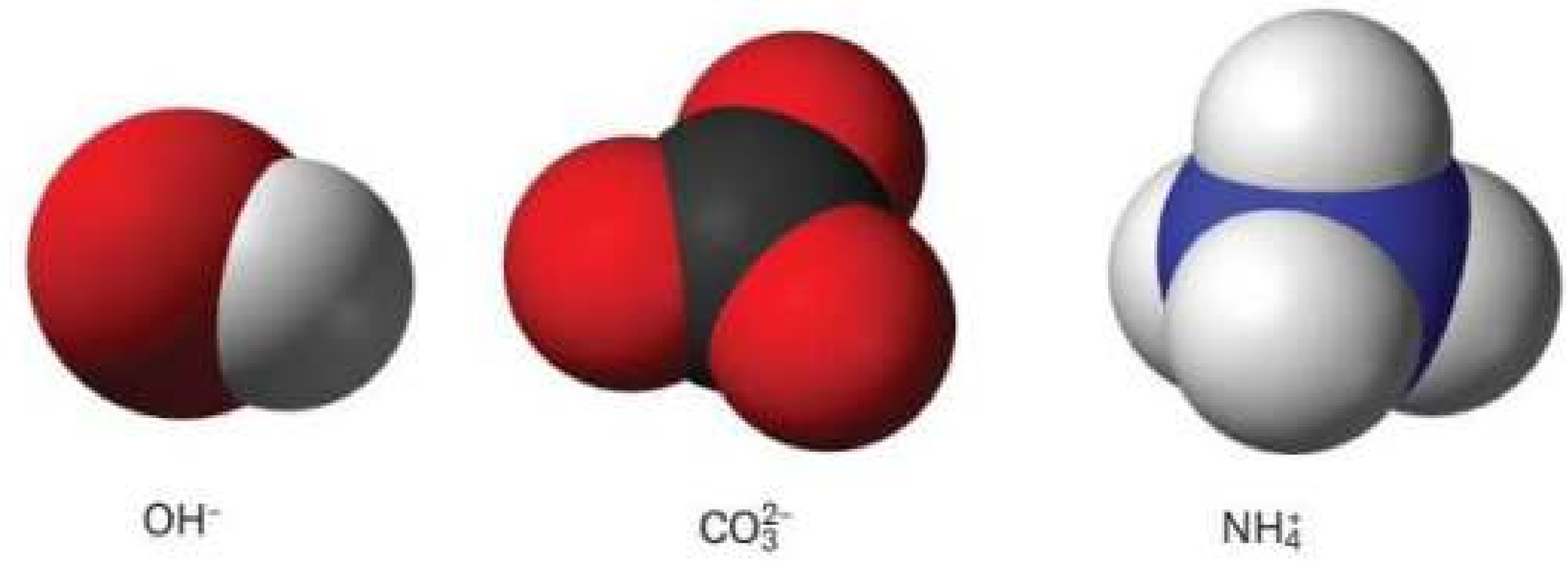


Чим зумовлений позитивний заряд катіона?

Аніони
Cl^-, O^{2-}

У хімічній формулі йона заряд позначають верхнім індексом праворуч від символу елемента; спочатку записують цифру (одиницю не вказують), а потім — знак заряду: Li^+, Ba^{2+}, H^+, F^-, S^{2-}. Хімічну формулу першого йона читають «літій-плюс», останнього — «ес-два-мінус». Ці частинки називатимемо так: йон (або катіон) Літію, йон (або аніон) Сульфуру.

Є також йони, утворені кількома атомами (мал. 94). Наприклад, у складі речовини NaOH містяться, крім катіонів Na^+, аніони OH^-, а в аміачній селітрі (добриво) — катіони NH_4^+ й аніони NO_3^-. Атоми в таких йонах сполучені ковалентним зв'язком.



Мал. 94.
Моделі складних йонів

Із протилежно заряджених йонів складається значна кількість речовин, зокрема кухонна сіль, крейда, гашене й негашене вапно, харчова і кальцинована сода, майже всі мінеральні добрива.

Утворення позитивно заряджених йонів. Елемент № 11 Натрій розміщений у періодичній таблиці після інертного елемента Неону. Ядро атома Натрію містить 11 протонів (заряд ядра становить +11); навколо нього перебуває стільки ж електронів. Серед них один електрон належить зовнішньому (третьому) енергетичному рівню, а вісім — передостанньому рівню ($2s^2 2p^6$).

Під час хімічної реакції за участю металу натрію атом Натрію легко втрачає електрон, який перебував у $3s$-орбіталі, і перетворюється на йон. Заряд цієї частинки визначаємо так: +11 (заряд ядра) − 10 (сумарний заряд електронів) = +1. Оскільки ядро залишається незмінним, то йон, як і атом, належить елементу Натрію.

Електронна будова катіона Na^+ така сама, що й атома Неону (обидві частинки містять по 10 електронів). Цей йон є стійким, оскільки має зовнішній електронний октет.

Схема перетворення атома Натрію на йон та електронні формули частинок:

$$Na - e^- \rightarrow Na^+;$$

атом **Na** — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$, або [Ne]$3s^1$;

йон $\mathbf{Na^+}$ — $1s^2 2s^2 2p^6$, або [Ne].

> Електронний октет міг би утворитися внаслідок надходження на третій енергетичний рівень атома Натрію додаткових 7 електронів. Однак цього не відбувається — атому легше втратити один електрон, ніж приєднати сім.

Катіони Na^+ містяться у складі майже всіх сполук Натрію.



Напишіть схему перетворення атома Магнію на відповідний йон і наведіть електронні формули обох частинок.



Атоми металічних елементів мають на зовнішньому енергетичному рівні невелику кількість електронів (зазвичай від одного до трьох) і здатні втрачати їх, перетворюючись на катіони.

Утворення негативно заряджених йонів. В атомі елемента № 17 Хлору на зовнішньому енергетичному рівні розміщені 7 електронів ($3s^2 3p^5$). Цей атом може приєднати один електрон (який віддасть йому, наприклад, атом Натрію) і перетворитися на йон Cl^-. Електронна будова аніона Хлору така сама, що й атома інертного елемента Аргону.

Схема перетворення атома Хлору на йон та електронні формули цих частинок такі:

$$Cl + e^- \rightarrow Cl^-;$$

атом Cl — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, або $[Ne]3s^2 3p^5$;

йон Cl^- — $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$, або [Ar].

Аніони Cl^- містяться в більшості сполук металічних елементів із Хлором, зокрема в натрій хлориді NaCl.



Напишіть схему перетворення атома Оксигену на відповідний йон і наведіть електронні формули обох частинок.



1. Атоми неметалічних елементів (окрім інертних) мають на зовнішньому енергетичному рівні від чотирьох до семи електронів і здатні приєднувати додаткові електрони, перетворюючись на аніони.
2. Йони елементів головних підгруп містять на зовнішньому енергетичному рівні октет електронів.



Чи пов'язана здатність атома втрачати/приєднувати електрони з його електронегативністю? Відповідь аргументуйте.

Відмінності йонів від атомів. Ви вже знаєте, що йони відрізняються від атомів електронною будовою і наявністю електричного заряду. Різна електронна будова атома і відповідного йона зумовлює різні розміри частинок. Атом Натрію має на 3-му енергетичному рівні один електрон, а в йоні Натрію електрони розміщені лише на двох енергетичних рівнях. Тому радіус йона Na^+ значно менший, ніж атома Натрію. В атомі Хлору і йоні Cl^- електрони перебувають на трьох енергетичних рівнях. Оскільки в йона Cl^- на один електрон більше, то його радіус трохи більший.

Обидва види частинок мають різні властивості. Атоми, з яких складається метал натрій, на відміну від йонів Na^+ реагують з молекулами води. Атоми Хлору легко сполучаються в молекули Cl_2, а з йонами Cl^- цього не відбувається.

Гідроген — єдиний неметалічний елемент, атом якого може перетворитися не лише на аніон H^-, а й на катіон H^+. Йони H^+ містяться у водному розчині будь-якої кислоти, надають йому кислого смаку, змінюють забарвлення особливих речовин — індикаторів. Атоми Гідрогену таких властивостей не мають. На відміну від йонів атоми легко сполучаються в молекули H_2, з яких складається проста речовина водень. Йони H^- відрізняються за властивостями від атомів Гідрогену і йонів H^+. Вони, зокрема, не можуть перебувати у воді, оскільки взаємодіють з її молекулами.

Маси атома і відповідного катіона (аніона) різняться незначною мірою. Тому в обчисленнях, які стосуються йонів, використовують відносні атомні маси

$$A_r(\text{Li}) \approx A_r(\text{Li}^+);$$
$$A_r(\text{F}) \approx A_r(\text{F}^-)$$

або молярні маси:

$$M(\text{OH}^-) \approx 17 \text{ г/моль};$$
$$M(\text{NH}_4^+) \approx 18 \text{ г/моль}.$$

Вміст йонів за масою в питній і мінеральній воді зазначають на етикетках пляшок (мал. 95).



Мал. 95.
Йони в мінеральній воді

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про перетворення атомів на йони, типи йонів і відмінності йонів від атомів.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Яка частинка містить більше електронів:
   а) атом чи відповідний катіон;
   б) атом чи відповідний аніон?
2. Укажіть, який з елементів — Кальцій чи Нітроген — може утворювати катіон, а який — аніон. Визначте заряд кожного йона і напишіть хімічні формули цих частинок.
3. Складіть електронні формули йонів Be^{2+} і S^{2-}.

Поміркуймо

4. Атом якого хімічного елемента має таку саму електронну будову, що і йон Алюмінію? Складіть електронну формулу частинки та зобразіть її графічний варіант.
5. В атомі якого елемента міститься на 2 електрони менше, ніж у йоні Магнію?

6. Укажіть у поданому переліку частинку з найбільшим радіусом і найменшим радіусом: атом Ne, йони Na^+, Mg^{2+}, F^-. Відповідь обґрунтуйте.

Виконаймо вправу

7. Напишіть хімічні формули частинок, у яких електронна будова зовнішнього енергетичного рівня — $3s^2 3p^6$.
8. Складіть електронну формулу частинки, яка має 8 протонів і 10 електронів. Назвіть цю частинку.
9. Допишіть у схеми утворення йонів знаки «плюс» або «мінус» і відповідну кількість електронів: а) I ... $e^- \rightarrow I^-$; б) Al ... $e^- \rightarrow Al^{3+}$.
10. Напишіть схеми утворення катіона та аніона Гідрогену з атома. Яка частинка має найменший радіус — катіон, аніон чи атом Гідрогену? Чому?

У команді

11.* Назвіть три катіони і два аніони, електронна будова яких така сама, що і йона F^-.
12. Слово «йон» походить від грецького *«іон»* (той, що йде). З'ясуйте, чому частинці дали таку назву.

Формуймо словничок

13. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

14. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 38. Йонні речовини

Ви вже ознайомилися з речовинами атомної та молекулярної будови і знаєте, як атоми з'єднуються в молекули. Протилежно заряджені йони також сполучаються один з одним; унаслідок цього утворюються йонні речовини. Вони дуже поширені в природі; їх одержують у лабораторіях, на заводах. Речовини, які складаються з йонів, значно відрізняються від речовин, що мають іншу будову, за фізичними і хімічними властивостями.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Який хімічний зв'язок називають йонним?
- Як складають формули йонних сполук?
- Які фізичні властивості характерні для речовин йонної будови?

Йонний зв'язок. Йонні речовини. Сполучення позитивно заряджених йонів з негативно зарядженими відбувається під дією електростатичних сил. Катіон і аніон притягуються один до одного тим сильніше, чим більший заряд кожної частинки і чим менша відстань між ними, а в разі контакту йонів — чим менші їхні радіуси. Про це свідчить один із законів фізики. Йони після сполучення зберігають свої заряди.

Електростатичну взаємодію між протилежно зарядженими йонами в речовині називають *йонним зв'язком*.

До речовин йонної будови належить більшість оксидів металічних елементів, сполуки лужних елементів із галогенами, Сульфуром тощо. Ці речовини містять катіони металічних елементів (наприклад, Na^+, Ca^{2+}, Al^{3+}). Аніонами в йонних оксидах є йони O^{2-}, в інших сполуках металічних елементів — Cl^-, S^{2-}, NO_3^-, CO_3^{2-}, PO_4^{3-} та ін.



Сполуки двох неметалічних елементів, наприклад хлороводень HCl, вуглекислий газ CO_2, йонів не містять.



У харчовій соді $NaHCO_3$ містяться катіони Na^+. Запишіть формулу аніонів, які є в цій речовині.

Для того щоб скласти формулу йонної сполуки, необхідно знати, якими катіоном та аніоном вона утворена, а також заряди цих частинок. Оскільки кожна речовина є електронейтральною, то *в йонній сполуці сума зарядів усіх катіонів та аніонів дорівнює нулю.*

Працюємо разом

Складемо хімічну формулу сполуки, яка містить йони Fe^{3+} і SO_4^{2-}.

Спочатку записуємо формули катіона та аніона з невеликим проміжком між ними:

$$Fe^{3+} \quad SO_4^{2-}.$$

Потім визначаємо найменше число, яке ділиться без залишку на значення зарядів йонів, тобто найменше спільне кратне чисел 3 і 2. Це — число 6. Після ділення його на 3 і 2 отримуємо відповідні індекси в хімічній формулі сполуки (заряди йонів у формулі не вказуємо):

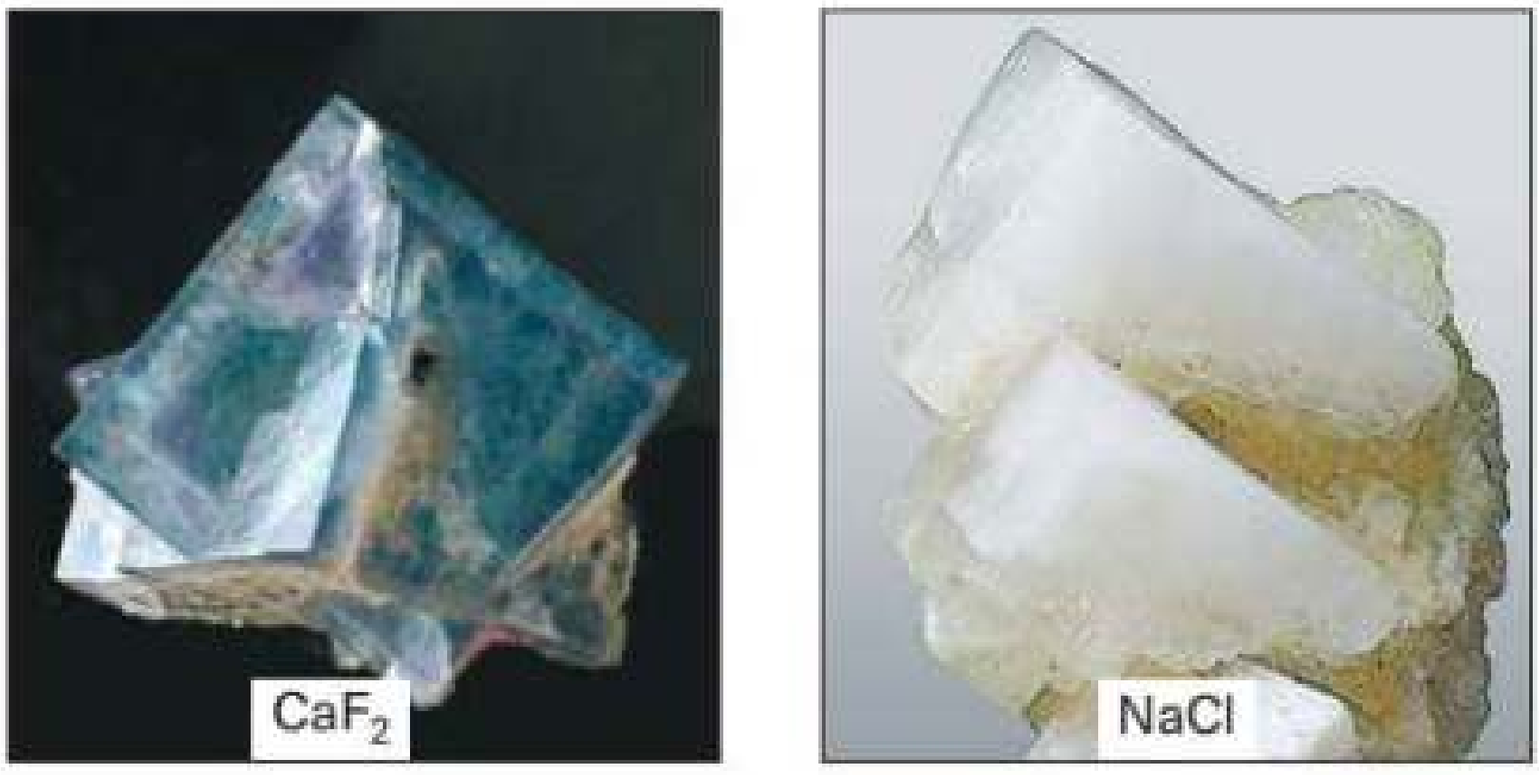
$$Fe_{6/3}(SO_4)_{6/2} \Rightarrow Fe_2(SO_4)_3.$$

1. У мінералі фенакіті містяться йони Be^{2+} і SiO_4^{4-}. Складіть формулу мінералу.
2. Мінерал апатит містить йони Ca^{2+}, PO_4^{3-} і F^-. Катіонів Ca^{2+} у речовині в п'ять разів більше, ніж аніонів F^-. Складіть формулу мінералу.

Графічні формули йонних сполук не використовують, оскільки рисками з'єднують символи хімічних елементів, атоми яких сполучені ковалентним зв'язком.

Фізичні властивості йонних сполук. Усі сполуки, які складаються з йонів, за стандартних умов є твердими, зазвичай кристалічними речовинами (мал. 96). Оскільки йони сполучаються один з одним досить міцно, то руйнування йонного зв'язку потребує витрати чималої енергії. Тому більшість йонних речовин має високі температури плавлення і кипіння. Під час плавлення кристали руйнуються, зв'язки між йонами послаблюються, а під час кипіння розплавленої речовини йони відокремлюються один від одного і «вилітають» з рідини. Натрій хлорид NaCl плавиться за температури 801 °С (її не можна досягти, нагріваючи речовину за допомогою спиртівки чи сухого пального), а кипить за температури 1440 °С. Температури плавлення і кипіння іншої йонної сполуки — магній оксиду MgO — ще вищі: 2825 і 3600 °С.

Спробуйте пояснити відмінність речовин NaCl і MgO за цими властивостями, узявши до уваги матеріал, викладений на початку параграфа, а також наявні в інтернеті відомості про радіуси йонів Na^+, Mg^{2+}, Cl^- і O^{2-}.



Мал. 96. Природні кристали

Більшість речовин, утворених однозарядними катіоном і аніоном (наприклад, NaCl, KOH, $LiNO_3$), розчиняється у воді. Розчинних сполук, у складі яких є йони з більшими зарядами, значно менше. Розгляньте таблицю розчинності речовин, яка є в хімічному кабінеті/лабораторії,

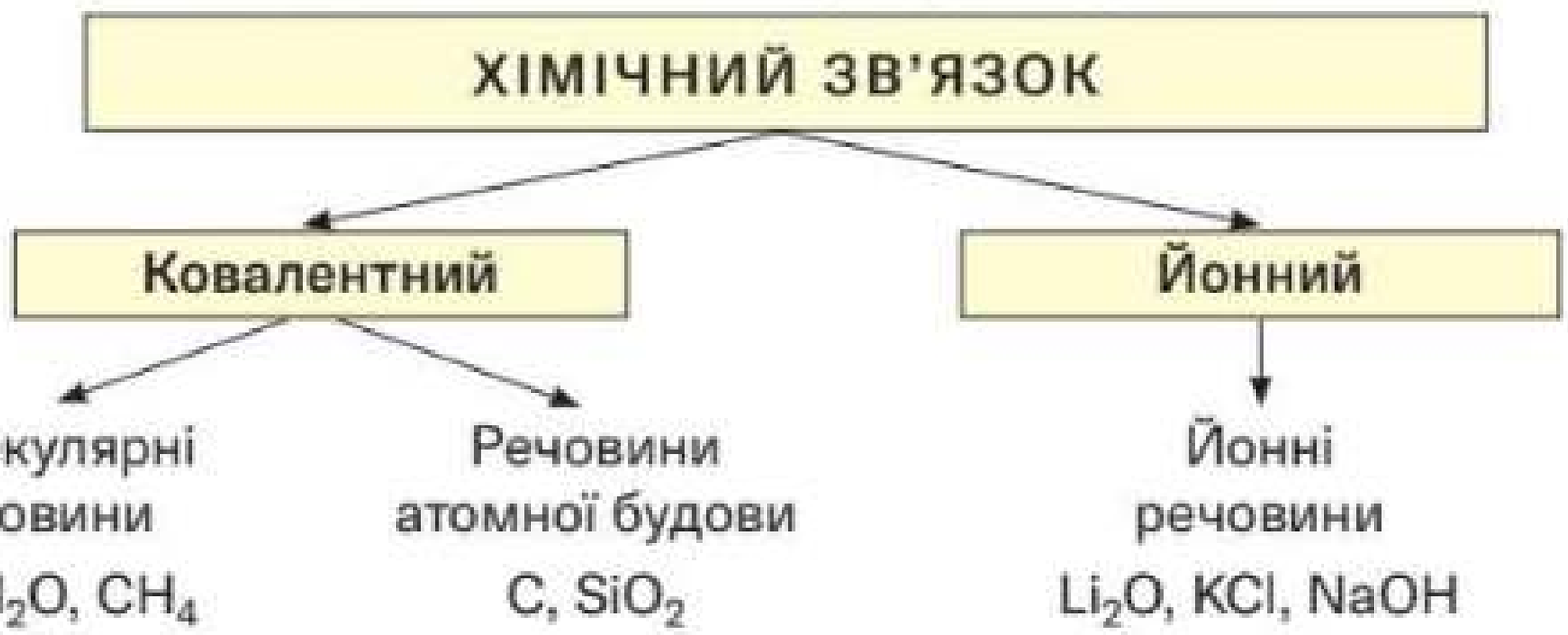
та переконайтеся, що серед сполук, які містять тризарядні аніони PO_4^{3-}, переважають нерозчинні речовини.

Йонні речовини у твердому стані не проводять електричного струму, а в рідкому (розплавленому) стані є електропровідними. Відомо, що електричний струм — це напрямлений рух заряджених частинок (електронів, йонів). У кристалі речовини йони займають фіксовані позиції і переміщуватися не можуть, а в її розплаві ці частинки рухаються в довільних напрямках. У разі занурення в розплав електродів, з'єднаних із джерелом постійного струму (акумулятором), катіони починають рухатися до негативно зарядженого електрода, аніони — до позитивно зарядженого. Так у розплавленій йонній речовині виникає електричний струм.

Викладені в цьому і попередніх параграфах відомості про види хімічного зв'язку підсумовує схема 5.

Схема 5

Види хімічного зв'язку і будова речовин



ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про йонний зв'язок, речовини йонної будови та їхні властивості.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Порівняйте процеси утворення йонного і ковалентного зв'язку.
2. Укажіть з-поміж наведених хімічні формули йонних речовин: CO_2, O_2, Al_2O_3, NH_3, Na_2S, HCl, BaF_2, Fe. Поясніть свій вибір.

3. Напишіть формули йонів, з яких складаються такі речовини: ZnO, Cr_2O_3, CaS, Li_3N, BaH_2.
4. Складіть формули сполук, утворених такими йонами:
   а) Ag^+ і O^{2-};
   б) Sr^{2+} і OH^-;
   в) Al^{3+} і S^{2-};
   г) Na^+ і PO_4^{3-};
   д) NH_4^+ і SO_4^{2-}.

Аналізуймо

5. Яка зі сполук, на вашу думку, має вищу температуру плавлення:
   а) Li_2O чи Na_2O;
   б) CaO чи CaF_2?

   Відповіді обґрунтуйте і перевірте за відомостями, наявними в інтернеті.

Пояснюймо

6. Чому йонні речовини не мають запаху?

У команді

7.* Чи можна назвати пару сполучених йонів (наприклад, Na^+ і Cl^-) молекулою? Відповідь аргументуйте.

Розв'язуймо задачу

8. Обчисліть масові частки йонів у сполуках Mg_3N_2 і $Mg(OH)_2$.

Формуймо словничок

9. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

10. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ДОСЛІДЖУЄМО ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ РЕЧОВИН РІЗНОЇ БУДОВИ

Дотримуйтеся правил безпеки!

Вам видано такі речовини:

варіант I — цукор, кухонна сіль, кварцовий пісок;
варіант II — графіт, сечовина (добриво), калій бромід.

У вашому розпорядженні є штатив із пробірками, шпатель, промивалка з водою, скляна паличка, пробіркотримач, спиртівка або сухе пальне, керамічна підставка, сірники.

Розгляньте кожну речовину. Який колір і характер її часточок?

Визначте, чи розчиняються речовини у воді.

Дослідіть поведінку речовин під час нагрівання. Яку речовину вам удалося розплавити?

Занотуйте в таблиці назву та фізичні властивості кожної речовини — колір, характер часточок, розчинність у воді, здатність до плавлення за помірного нагрівання:

Властивість речовини	Речовини		
	...	...	...
...	...	...	...

Зробіть висновок щодо будови кожної речовини й типу хімічного зв'язку в ній.

МІРКУЄМО, ПОРІВНЮЄМО, АНАЛІЗУЄМО

Довідайтеся з інтернету про хімічні формули цукру і сечовини, а також про будову і температури плавлення цих речовин.

§ 39. Кристалічні речовини

Ви, напевно, бачили на фотографіях чудові кристали рубіну, сапфіру, аметисту, які «подарувала» нам природа. Багаті колекції мінералів зібрано в численних геологічних музеях. Мінерали — кристалічні речовини. Вони утворилися в надрах планети. Кристали різних речовин можна одержати в лабораторії, зокрема «виростити» з водних розчинів.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Чим можуть різнитися тверді речовини за будовою?
- Як моделюють будову кристалів?

Кристалічні речовини. Кожна речовина може перебувати у твердому стані. Для деяких речовин це єдиний агрегатний стан, оскільки внаслідок підвищення температури вони не плавляться, а розкладаються.

Багато твердих речовин складається з кристалів (мал. 97). Кристалічними речовинами серед харчових продуктів є цукор, сіль, харчова сода, лимонна кислота. Часточки інших речовин мають довільну форму;



Мал. 97.
Кристали мінералів

вони не подібні на кристали. Ці речовини називають аморфними[1]. Вони, наприклад, є складниками крохмалю і борошна.

За стандартних умов або низьких температур у кристалічному стані перебуває більшість простих і складних неорганічних речовин, а серед органічних речовин — ті, які складаються з йонів або невеликих молекул.

> Деякі речовини можуть перебувати як у кристалічному, так і в аморфному стані. Серед них — оксид SiO_2. Він утворює мінерал кварц, який є кристалічною речовиною. Якщо охолодити розплав цього оксиду, одержимо аморфну речовину — скло (кварцове). З такого скла виготовляють вогнетривкий лабораторний посуд.

Кристали та їхня будова. Якщо розглянути кухонну сіль крізь збільшувальне скло, то можна побачити кристали-кубики (мал. 98). Інші форми мають кристалики цукру та лимонної кислоти.

Кристал — самоутворене фізичне тіло із пласкими гранями та прямими ребрами. Якщо його розбити, то на уламках помітимо ознаки форми кристала (наприклад, пласкі поверхні). Кристалічний стан речовини зберігається навіть після її ретельного подрібнення.



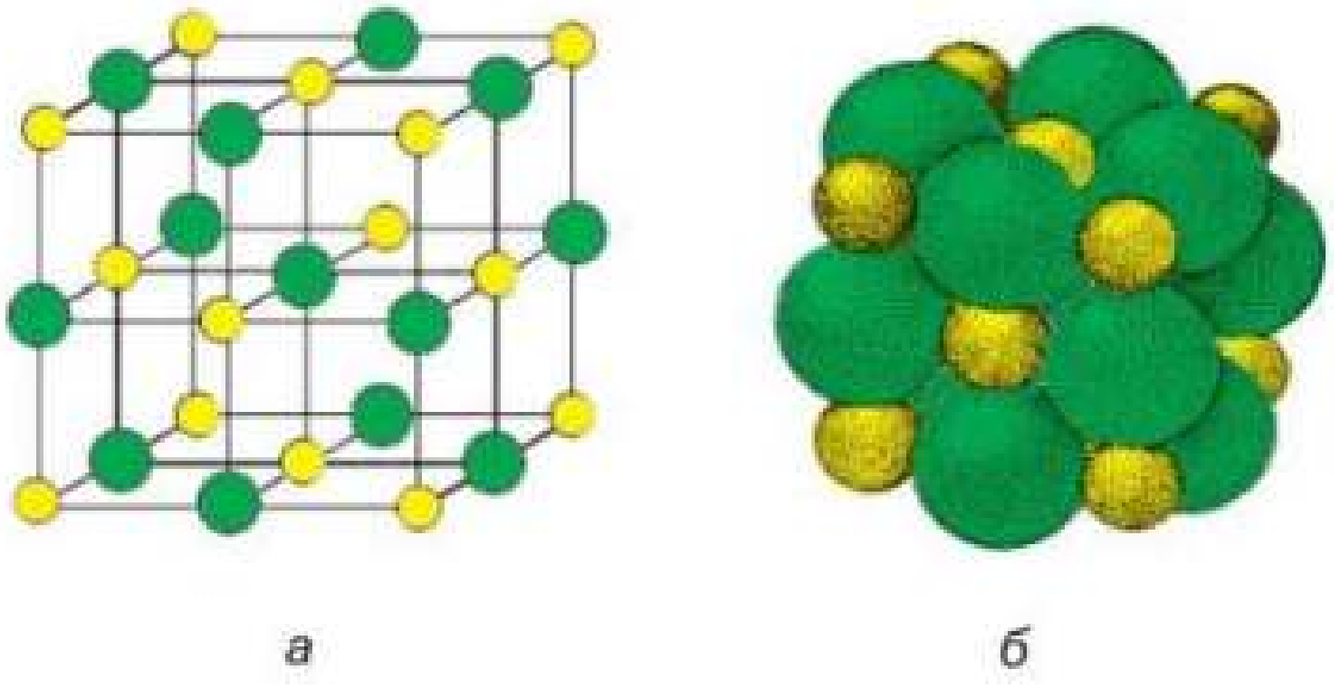
Мал. 98.
Кристали кухонної солі NaCl

Предмет, який подібний до кристала за формою, можна виготовити з аморфної речовини — скла, бурштину або прозорого пластику. Але він не буде кристалом, бо матиме іншу внутрішню будову. Крім того, розбивши, наприклад, скляний кубик, отримаємо безформні уламки.

---

[1] Термін походить від грецьких префікса а- (означає заперечення) і слова «морфе» — форма.

Форма кристала зумовлена впорядкованим розміщенням у твердій речовині атомів, молекул або йонів. Внутрішню будову кристалів описують за допомогою моделі, назва якої — *кристалічні ґратки*. Це схема або тривимірний макет розміщення частинок у маленькому об'ємі кристала (мал. 99).

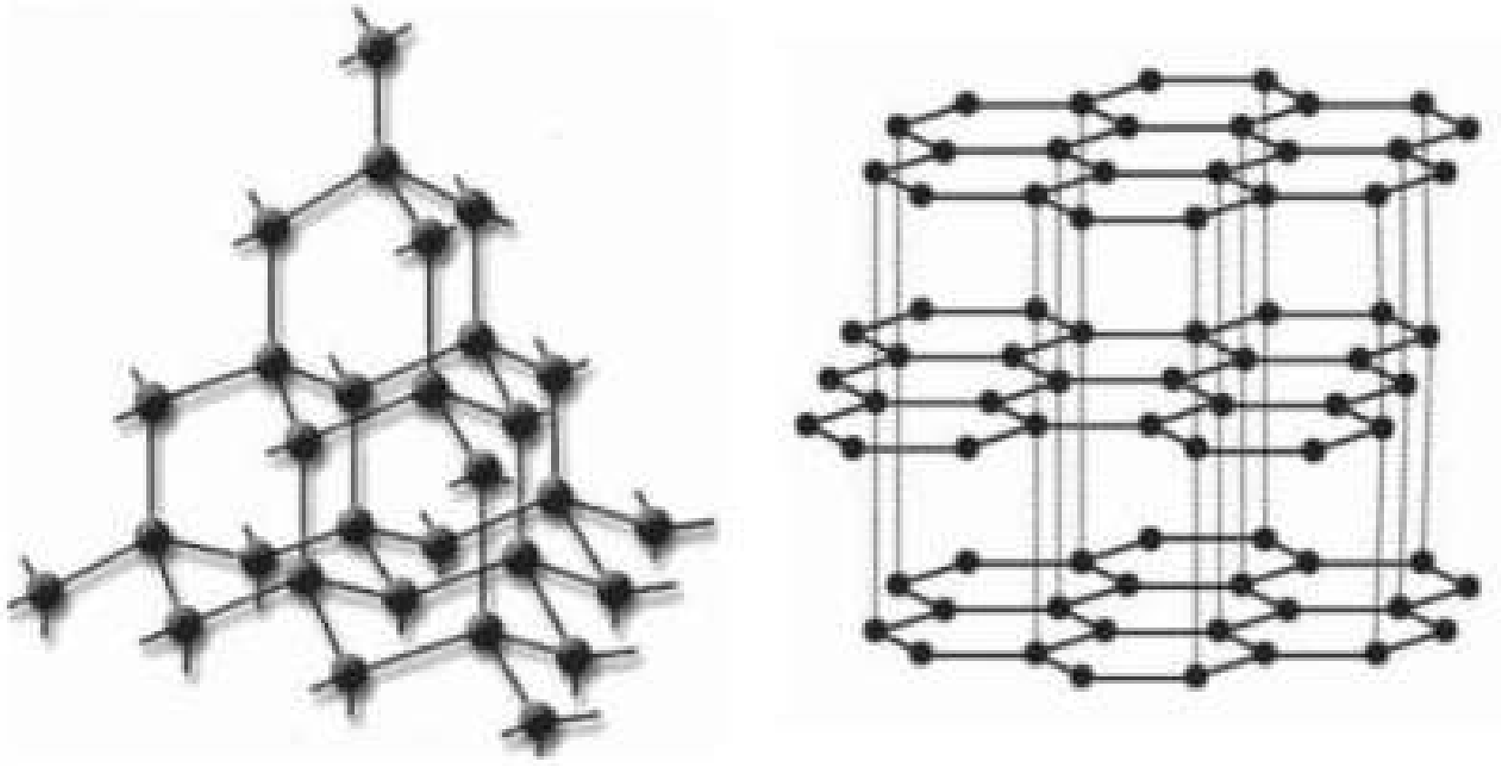


а *б*

Мал. 99. Кристалічні ґратки кухонної солі: *а* — кулестержнева модель; *б* — масштабна модель. Жовті кульки — катіони Na^+, зелені — аніони Cl^-

Кульки в кристалічних ґратках імітують йони, атоми, молекули. Ці частинки перебувають у так званих вузлах кристалічних ґраток. У кулестержневих моделях (мал. 99, *а*) кульки мають довільні розміри й не торкаються одна одної. Використовують ще й масштабні моделі (мал. 99, *б*). У них радіуси кульок пропорційні радіусам частинок, і найближчі кульки контактують одна з одною (атоми, молекули, йони зазвичай щільно «упаковані» в кристалі). Кулестержнева модель є наочнішою, бо кульки в ній не заважають «зазирнути» всередину кристала.

Розглядаючи кристалічні ґратки речовин атомної будови — алмазу і графіту (мал. 100), помічаємо, що в алмазі всі атоми сполучені однаковими міцними ковалентними зв'язками, а у графіті містяться шари атомів Карбону, які слабко сполучені між собою. Тому алмаз має найвищу твердість серед природних речовин, а графіт є м'яким. Коли ми пишемо олівцем, від графіту відокремлюються шари атомів і залишаються на папері.



а *б*

Мал. 100. Кристалічні ґратки простих речовин Карбону — алмазу (*а*) і графіту (*б*)



Скільки атомів найближче розташовані до кожного атома в алмазі та графіті?

Кварц SiO_2 також має атомну будову. Ковалентні зв'язки між атомами Силіцію та Оксигену є однаковими й міцними (мал. 101). Кварц — досить тверда речовина, яка залишає подряпини на склі та більшості металів.

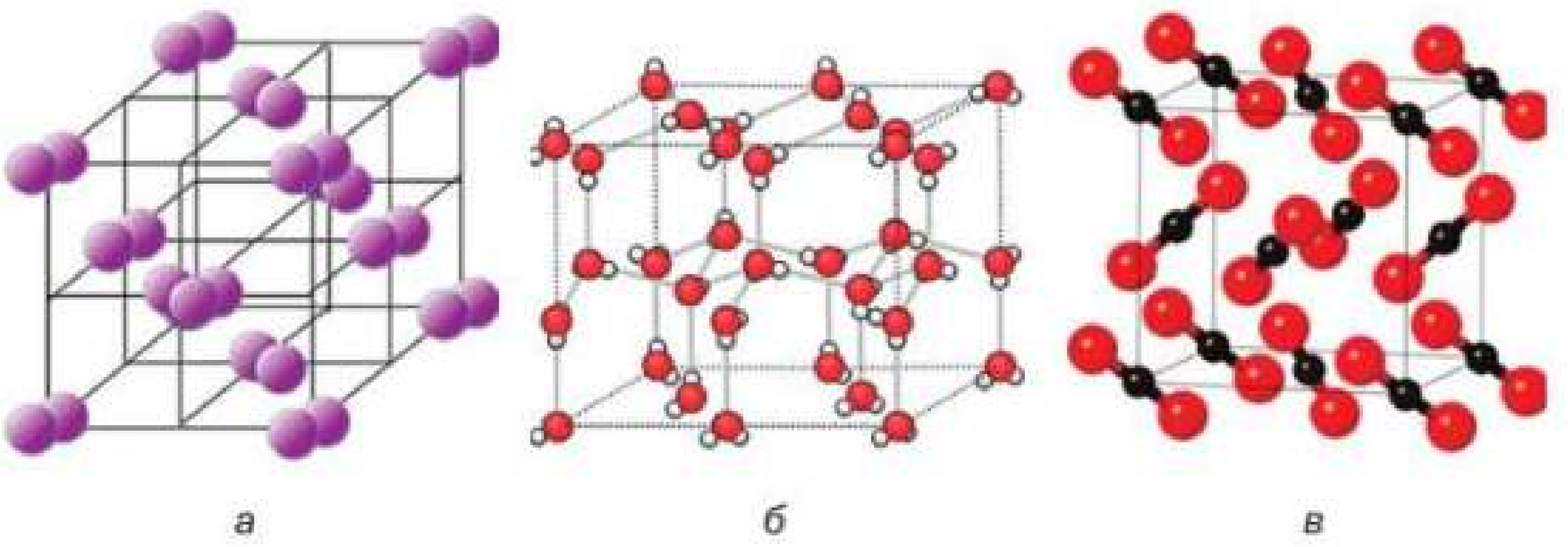


Мал. 101.
Кристалічні ґратки мінералу кварцу



Який ковалентний зв'язок — простий чи подвійний — імітує кожний стержень у кулестержневій моделі кварцу?

Будову йоду I_2, льоду і твердого карбон(IV) оксиду («сухого льоду») CO_2, які складаються з молекул, ілюструє малюнок 102. Слабка міжмолекулярна взаємодія в речовинах (наприклад, водневі зв'язки у льоді) зумовлює низькі температури зміни агрегатних станів — плавлення льоду, сублімації йоду та оксиду CO_2.

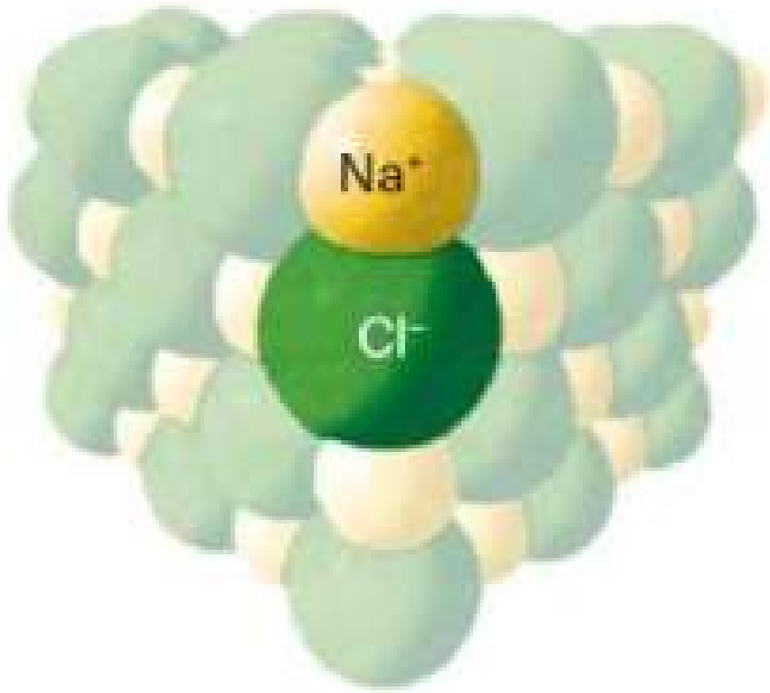


Мал. 102.
Кристалічні ґратки йоду (*а*), льоду (*б*) і карбон(IV) оксиду (*в*)

Речовини, які складаються з йонів, за стандартних умов перебувають переважно у кристалічному стані. Утворення кристала йонної речовини під час твердіння її розплаву відбувається так. Кожний катіон сполучається йонним зв'язком з аніонами, причому з такою їх кількістю, яка може розміститися навколо нього (мал. 99). Кожний аніон так само розміщує навколо себе певну кількість катіонів. У кристалі йонної речовини в будь-якому напрямку є чітке чергування катіонів та аніонів. Послідовність розміщення йонів усередині кристала залежить від складу

речовини, тобто відношення кількості катіонів та аніонів у речовині, а також від відношення радіусів цих частинок.

Якщо в кристалічних ґратках йонної сполуки виокремити найменший фрагмент, який повторюється, то він відповідатиме її хімічній формулі (мал. 103).

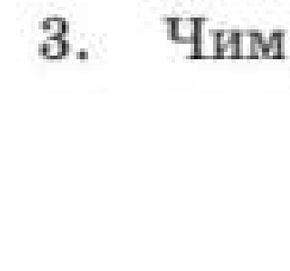


Мал. 103. Найменший повторюваний фрагмент кристалічних ґраток кухонної солі

Фізичні властивості кристалічних речовин. Твердість, оптичні властивості багатьох кристалічних речовин залежать від того, у якому напрямку діє на кристал зовнішня сила або звідки потрапляє на нього промінь світла. Здатність кристалів деяких речовин перетворювати енергію одного виду на іншу зумовлює їх використання в системах запису інформації, приладах нічного бачення, гідрофонах, оптиці, медицині (наприклад, безконтактне вимірювання температури), побутовій техніці (п'єзозапальнички, навушники та ін.). Вагомі здобутки в галузі одержання та дослідження кристалічних речовин з особливими фізичними властивостями мають фахівці Науково-технологічного комплексу «Інститут монокристалів» НАН України (м. Харків).

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про кристалічний та аморфний стани твердих речовин і моделі кристалів (кристалічні ґратки) речовин атомної, молекулярної та йонної будови.*



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Охарактеризуйте будову кристала.
2. Кристалічним чи аморфним є дрібно розмелений цукор (цукрова пудра); скляний пил, який утворюється під час шліфування скляного виробу?
3. Чим різняться кулестержнева і масштабна моделі будови кристала?

Поміркуймо

4.* За зображенням кристалічних ґраток натрій хлориду (мал. 99) визначте:
   а) скільки йонів Cl^- оточує кожний йон Na^+ у кристалі солі;
   б) скільки йонів Na^+ оточує кожний йон Cl^-.

5. Напишіть формули йонів, які містяться у вузлах кристалічних ґраток мінералів флюориту CaF_2 і корунду Al_2O_3.

Аналізуймо

6. У старому підручнику є такий підпис до малюнка: «Модель кристалічної ґратки вуглекислого газу». У чому некоректність цього підпису?

Дізнаваймося

7. Функціонування різноманітних дисплеїв, моніторів, електронних індикаторів забезпечують речовини, які називають рідкими кристалами. Відшукайте в інтернеті відомості про ці речовини і з'ясуйте, чому вони отримали таку назву.

Шанс для творчості

8. Візьміть участь у віртуальній екскурсії до мінералогічного музею. Підготуйте стислий відгук про екскурсію зі своїми враженнями.

Створюймо проєкт

9. Підготуйте за матеріалами з інтернету повідомлення на тему «Шкала твердості мінералів (історія створення, використання)».

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
11. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень, виписаних вами з параграфів 31—39. Отримаєте словничок до розділу 3 підручника.

Оцінюймо свої знання

12. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
13. Скориставшись набутими знаннями, розв'яжіть розміщений за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=px6b7h9j325) кросворд.
14. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=pofxg6gv524) завдання за матеріалом параграфів 35—39.

crossword

test

Розділ 4

Досліджуємо будову та властивості металів і сплавів

Важко уявити наше життя без таких речовин, як метали. Якби їх не було, ми б мешкали в дерев'яних хатинках, нікуди б не їздили, готували б їжу на вогнищі, використовували знаряддя праці з каменю, кісток тварин.

Металів налічується значно більше, ніж неметалів. Вони мають важливе значення в розвитку цивілізації. Метали, а також металеві сплави широко використовують у різних галузях промисловості, сільському господарстві, будівництві, транспорті, теплоенергетиці, техніці, військовій справі тощо.

§ 40. Метали. Металічний зв'язок

Широке застосування металів зумовлене наявністю в них властивостей, важливих для практики. Будову металів уже досліджено. Тому ми можемо пояснити, чому вони проводять електричний струм, мають металічний блиск, значну теплопровідність, а більшість з них є досить твердими, пластичними, придатними до механічного оброблення.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які метали трапляються в природі нашої планети?
- Де у періодичній таблиці розміщені металічні елементи?
- Які особливості має хімічний зв'язок у металах?

Метали. Людина почала використовувати метали ще в давні часи (мал. 104). Підтвердженням цього є назви епох розвитку людства:

мідна доба, бронзова доба, залізна доба. До нової ери людям були відомі лише кілька металів — золото, срібло, мідь, ртуть, свинець, залізо, олово.

Деякі метали траплялися в природі (мал. 105). Інші метали люди навчилися одержувати з природної сировини — металічних руд.



Мал. 104. Скіфський золотий гребінь (кінець V — початок IV ст. до н. е., Запоріжжя)





срібло



Мал. 105. Самородні метали

Метали є простими речовинами металічних елементів. До металічних елементів належать *s*-елементи (крім Гідрогену і Гелію), частина *p*-елементів, усі *d*- і *f*-елементи:

s-елементи

p-елементи

d-елементи

Li	Be															
Na	Mg											Al				
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge			
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts

f-елементи

Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr



1. Укажіть 5 металів, назви яких відрізняються від назв відповідних металічних елементів.
2. У якому реченні з-поміж наведених ідеться про метал, а в якому — про хімічний елемент?
   I. Цинк є компонентом мікродобрив.
   II. Цинк плавиться за температури 419,5 °С.

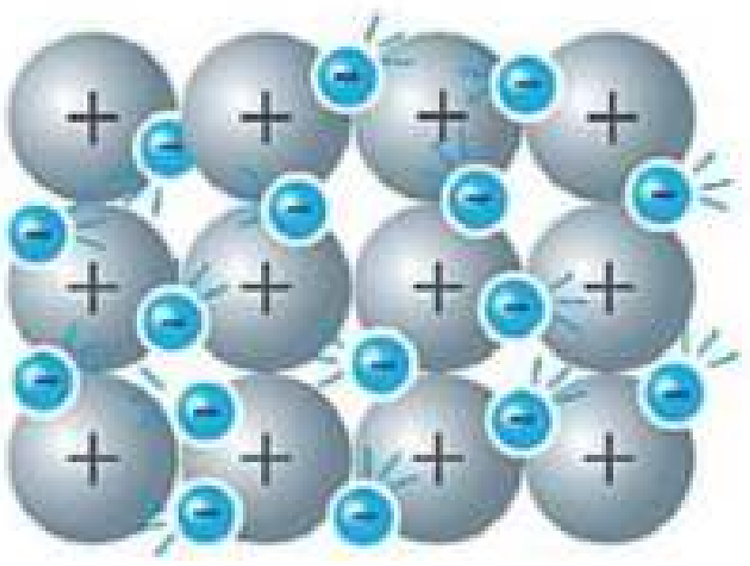
Оскільки в атомах металічних елементів на зовнішньому енергетичному рівні перебуває невелика кількість електронів (зазвичай від одного до трьох), то атоми можуть втрачати ці електрони й перетворюватися на позитивно заряджені йони (катіони):

$$M - ne^- = M^{n+}.$$



Запишіть схеми утворення йонів Магнію та Алюмінію з атомів, використавши хімічні формули частинок.

Металічний зв'язок. Розглянемо, як відбувається процес утворення металу з багатьох атомів. Атоми зближуються один з одним, а потім сполучаються так, що їхні зовнішні орбіталі перекриваються. Електрони, що перебували в них, відокремлюються від «своїх» атомів, які перетворюються на катіони, і починають хаотично рухатися в металі від одного катіона до іншого (мал. 106). Ці електрони називають усуспільненими, або *делокалізованими*[1]. Катіон, на мить отримавши один чи кілька електронів, перетворюється на атом, а за частку секунди відбувається зворотне перетворення. Незважаючи на появу катіонів і вільних електронів, метал навіть у дуже малому об'ємі залишається електронейтральним.



Мал. 106.
Модель будови металу

Хімічний зв'язок між катіонами, здійснюваний делокалізованими електронами, називають *металічним зв'язком*.

Наявність вільних електронів у металах зумовлює здатність цих речовин проводити електричний струм, виявляти інші спільні фізичні властивості.

---

[1] Термін походить від латинських префікса de-, який позначає відокремлення, скасування, і слова localis — місцевий.

Будова металів. Метали зазвичай є кристалічними речовинами. Кристали металів значно дрібніші за ті, з яких складається, наприклад, сіль чи цукор. Докладніше про будову металів ви можете дізнатися з текстового фрагмента, розміщеного за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/rozdil-4-p-40.html).

text

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про метали, металічний зв'язок і будову металів*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. У якій групі періодичної таблиці розміщені лише металічні елементи?
2. Запишіть формули йонів Літію та Кальцію, які можуть утворюватися у відповідних металах.
3. Чому в металі не може реалізовуватися:
   а) йонний зв'язок;
   б) ковалентний зв'язок?

Дізнаваймося

4. Назва якої країни Латинської Америки походить від назви хімічного елемента, що утворює всім відомий метал? За відомостями з інтернету з'ясуйте, чому країна отримала таку назву.

У команді

5. Визначте приблизно, у скільки разів більше металічних елементів, ніж неметалічних.

Шанс для творчості

6. Складіть схему «Види хімічного зв'язку». Під назвою кожного виду зв'язку наведіть хімічні формули трьох речовин, у яких реалізується цей зв'язок.

Формуймо словничок

7. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

8. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 41. Фізичні властивості металів

Чому серед інструментів для ремонту транспортних засобів або різних механізмів немає жодного, зробленого з деревини чи пластмаси, а є лише ті, які виготовлені з металів? Відповідь очевидна: метали дуже міцні. Висока електропровідність міді зумовлює її використання в електротехніці, а здатність заліза притягуватися до магніту дає змогу вилучати його із суміші металевих відходів перед спрямуванням їх на перероблення.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Які фізичні властивості є спільними для металів?
- Які метали істотно відрізняються від інших за фізичними властивостями?

Метали мають характерні фізичні властивості, зумовлені наявністю в них металічного зв'язку.

Металічний блиск. Метал найчастіше впізнають за особливим, металічним блиском. Він є наслідком відбиття вільними електронами світлових променів, спрямованих на поверхню металу. Деякі метали за стандартних умов реагують із киснем повітря, водяною парою, і їхня поверхня вкривається шаром різних сполук. Через це натрій, кальцій, свинець мають блиск лише на «свіжому» зрізі. Якщо плівка сполуки, яка утворилася, тонка і прозора (наприклад, плівка оксиду на поверхні алюмінію або магнію), то блиск металу зберігається.

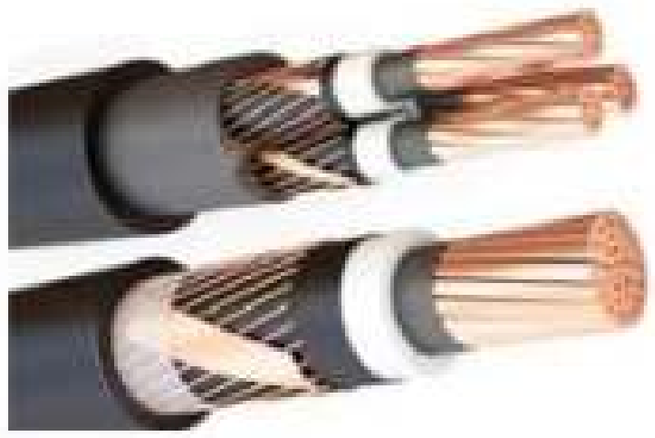


Відома приказка: не все те золото, що блищить. Як можна довести, що зображені на малюнку 107 блискучі ґудзики виготовлено не з металу, а з пластику (вони мають лише тонесеньке металеве покриття)? Ґудзик бажано не пошкоджувати.



Мал. 107. Ґудзики

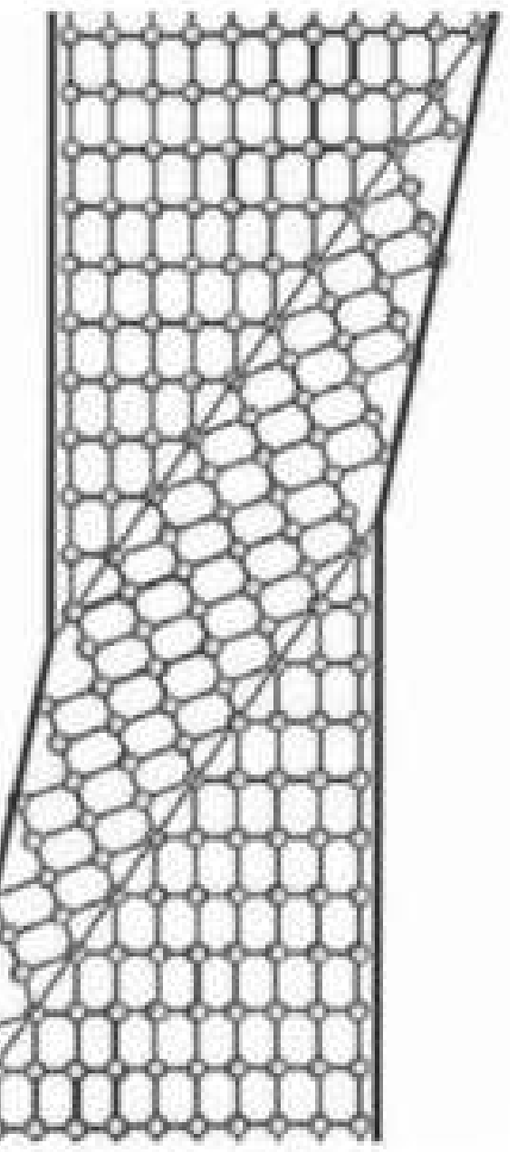
Електропровідність. Усі метали проводять електричний струм. Він виникає в металі після з'єднання його з акумулятором; у цей момент рух вільних електронів стає спрямованим. Найвищу електропровідність має срібло, йому трохи поступається мідь (мал. 108), третє місце посідає золото, а четверте — алюміній.



Мал. 108.
Високовольтний мідний кабель

Теплопровідність. Метали значно краще проводять теплоту, ніж інші тверді речовини. Їхня висока теплопровідність зумовлена коливаннями катіонів у кристалах, а також рухом вільних електронів. Найкраще проводять теплоту метали з найбільшою електропровідністю — срібло, мідь, золото та алюміній.

Ковкість і пластичність. Більшість металів є пластичними. Їх можна кувати, витягувати з них дріт. Зігнувши мідну чи алюмінієву дротину, ви не зламаєте її. Під час деформації металу або його механічного оброблення шари катіонів зміщуються. Проте металічний зв'язок не руйнується (мал. 109), оскільки його забезпечують усуспільнені електрони — своєрідне «мастило» між катіонами. Найпластичнішим металом є золото; з нього можна виготовити надтонку й напівпрозору фольгу.



Мал. 109.
Будова металу після пластичної деформації



За матеріалами з інтернету дізнайтеся, які метали є крихкими.

Інші властивості. *Температури плавлення* багатьох металів перевищують 1000 °С. Метали, які плавляться за значно нижчих температур, називають легкоплавкими. Серед них — свинець, олово, цинк, алюміній. Найтугоплавкішим металом є вольфрам (т. пл. 3422 °С), а найнижчу температуру плавлення має ртуть (−38,8 °С). Метал галій, температура плавлення якого +29,8 °С, можна розплавити на долоні (мал. 110).

Густина металів змінюється в широкому інтервалі — від 0,534 (літій) до 22,6 г/см^3 (осмій).



Мал. 110.
Плавимо галій



Радіуси атомів Натрію, Магнію та Алюмінію у кристалах металів становлять 0,189; 0,160 і 0,143 нм відповідно. Узявши до уваги відносні атомні маси цих хімічних елементів, запропонуйте гіпотезу про зміну густин металів у ряду Na — Mg — Al. Правильність гіпотези перевірте, відшукавши в інтернеті значення густин цих речовин. Який метал є легшим за воду?

Метали різняться також за *твердістю*. Найтвердішим є хром; ним можна різати скло. Найм'якіші метали — натрій, калій, свинець; їх можна різати ножем.

Колір металів білий або сірий. Лише золото і цезій — жовті, а мідь — червона.

Залізо, кобальт і нікель є *феромагнетиками* — речовинами, які здатні намагнічуватися в зовнішньому магнітному полі й зберігати такий стан.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про загальні фізичні властивості металів та специфічні властивості деяких із них*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Назвіть типові фізичні властивості металів.
2. Поясніть, чому метали проводять електричний струм.

Поміркуймо

3. Вам потрібно виявити метали серед твердих речовин, що містяться в посудинах без етикеток. На що передусім звернете увагу або що перевірите?
4. Чим зумовлена втрата з часом металічного блиску виробами із заліза, міді, срібла?
5. Які фізичні властивості мають метали, з яких виготовляють вогнепальну зброю?

У команді

6. Серед металів, які найчастіше використовують, мідь найкраще проводить електричний струм. Але раніше в електромережах житлових будинків часто застосовували алюмінієвий дріт. Як ви думаєте, чому? Яка, на ваш погляд, причина того, що згодом спеціалісти почали відмовлятися від використання алюмінію в електричних дротах?

Шанс для творчості

7. За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення про метал з особливими властивостями та його застосування.
8. Складіть інструкцію для виконання експерименту з визначення густини металу. В експерименті, крім зразка металу, необхідно використати електронні ваги, мензурку з поділками і воду.

Формуймо словничок

9. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

10. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ДОСЛІДЖУЄМО ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Вам видано метали — мідь, залізо, цинк, олово, свинець (стружки, гранули), а також залізний цвях, ложечки для спалювання, пінцет, спиртівку чи сухе пальне, керамічну підставку, сірники.

Здійсніть запропоновані досліди (будьте обережними з вогнем). Спостереження, відповіді на запитання і висновки запишіть у зошит.

Дослід 1. Розгляньте метали. Чи всі вони мають характерний блиск? У якого металу (металів) блиск найяскравіший?

Доторкніться до зразків металів. Чому вони холодні на дотик? Про що це свідчить?

Дослід 2. Проведіть (з однаковим зусиллям) залізним цвяхом риски на зразках металів. З огляду на подряпини визначте метал з найменшою і найбільшою твердістю.

Дослід 3. Помістіть один метал у ложечку для спалювання. Запаліть спиртівку чи сухе пальне. Внесіть ложечку з металом у верхню частину полум'я.

Якщо за кілька хвилин метал розплавився, обережно вилийте розплав на керамічну підставку для охолодження, а якщо ні — вийміть його пінцетом із ложечки і покладіть на підставку.

Виконайте аналогічні дії з іншими металами.

Які метали вдалося розплавити?

§ 42. Метали як реагенти. Окисно-відновні реакції

У хімічному кабінеті/лабораторії кислоти та їх розчини містяться у скляних ємностях. А чому не в металевих? Адже скляна пляшка може розбитися і кислота або її розчин — вилитися на підлогу й пошкодити її. Почуєте від учителя/учительки відповідь: метал реагує з кислотою, а скло — ні. З огляду на таку хімічну властивість металів квашену капусту не зберігають в алюмінієвому посуді.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Як можна визначити хімічну активність металу?
- Які зміни відбуваються з речовинами під час окисно-відновних реакцій?

Хімічні властивості металів. Багато металів є хімічно активними. Вони реагують з неметалами, складними речовинами. *У будь-якій реакції за участю металу його атоми перетворюються на катіони*:

$$M - ne^- \rightarrow M^{n+}.$$

Про реакції кількох металів із киснем з утворенням оксидів ішлося в § 7. Розглядали ми і явище корозії (§ 12) — руйнування металів унаслідок їх хімічної взаємодії з речовинами довкілля (киснем, водою, вуглекислим газом). Ви також дізналися про реакції металів із сіркою; їх продуктами є сполуки, загальна назва яких — сульфіди (§ 20).



Складіть рівняння реакцій: а) магнію з киснем; б) алюмінію із сіркою. Візьміть до уваги те, що продукти обох хімічних перетворень складаються з йонів, у яких на зовнішньому енергетичному рівні перебуває 8 електронів.

Найбільшу хімічну активність виявляють лужні метали. Реакції за їх участю супроводжуються виділенням значної кількості теплоти, а нерідко й появою полум'я (мал. 111, 112). Спостерігати, як взаємодіють літій, натрій і калій з водою, ви можете за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-42-video.html).

video



Мал. 111.
Реакція натрію з хлором



Мал. 112.
Реакція калію з водою

Кілька металів є хімічно пасивними. Вони не взаємодіють із більшістю речовин. Реакції, які відбуваються за участю цих металів, часто потребують створення певних, іноді екстремальних, умов. Серед найпасивніших металів — золото. Воно реагує лише з галогенами і не взаємодіє з киснем та іншими неметалами.

Відносну хімічну активність металів ілюструє *ряд активності металів*. Його склав за результатами багатьох експериментів дослідник М. Бекетов у 1865 р. Що лівіше в цьому ряді перебуває метал, то більшу хімічну активність він виявляє. Наводимо ряд активності металів у сучасному вигляді (див. також форзац II підручника):

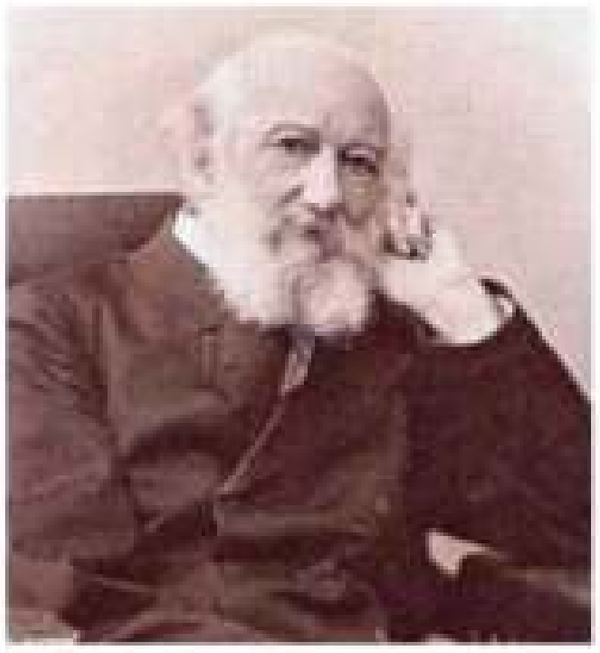
Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Cr Zn Fe Cd Ni Sn Pb (H_2) Cu Ag Pt Au

хімічна активність металів зростає

Упевнені, що ви поцікавитеся, чому в ряду металів міститься неметал водень. Багато металів реагує з кислотами — речовинами, у складі молекул яких є атоми Гідрогену. Водень — продукт таких реакцій за участю хлоридної кислоти HCl, розчину сульфатної кислоти H_2SO_4:

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2\uparrow;$$
$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow.$$

Микола Бекетов (1827—1911)



Вітчизняний хімік. Дослідив реакції солей у водних розчинах з металами. Запропонував ряд активності металів (1865). Розробив та описав один із методів одержання металів — металотермію. Сприяв становленню фізичної хімії — однієї з хімічних наук. Працював професором у Харківському університеті (1855—1887), уперше читав курс лекцій з фізичної хімії як самостійної науки.

Метали, які перебувають у ряду активності праворуч від водню, не взаємодіють із цими кислотами, а ті, що перебувають ліворуч, — реагують.



Зверніть увагу на розміщення в ряду активності калію і натрію (метали, утворені хімічними елементами I групи), а також барію, кальцію і магнію (метали, утворені хімічними елементами II групи). Зробіть висновок щодо зміни хімічної активності металів залежно від розміщення відповідних хімічних елементів у кожній групі періодичної таблиці.

Результат досліду, у якому мідь взаємодіє зі сполукою Аргентуму, розчиненою у воді, подано на малюнку 113. У цій реакції більш активний метал (мідь) є реагентом, а менш активний (срібло) — продуктом:

$$Cu + 2AgNO_3 = 2Ag + Cu(NO_3)_2.$$

Окисно-відновні реакції. Якщо метал кальцій нагріти в повітрі до 300 °С, то він загориться. Рівняння цієї реакції:

$$2Ca + O_2 = 2CaO.$$

Кальцій оксид CaO складається з йонів Ca^{2+} і O^{2-}. Отже, під час реакції кожний атом Кальцію втрачає два електрони і перетворюється на катіон:

$$Ca - 2e^- = Ca^{2+}.$$



Мал. 113.
Реакція міді з речовиною $AgNO_3$ в розчині

Атоми Оксигену молекул кисню приєднують по два електрони і перетворюються на аніони O^{2-}:

$$O + 2e^- = O^{2-}.$$

Процес втрати електронів речовиною є окисненням, а процес приєднання електронів — відновленням.

Реакцію, під час якої реагенти обмінюються електронами, називають окисно-відновною реакцією.



Літій реагує із сіркою згідно з рівнянням $2Li + S = Li_2S$. Запишіть схеми окиснення і відновлення до цієї реакції. Яка речовина окиснюється, а яка відновлюється?

Речовину, що окиснюється, називають *відновником*, а речовину, яка відновлюється, — *окисником*.

Атоми металу в хімічній реакції віддають електрони атомам або йонам другого реагенту. *Метал завжди виконує функцію відновника; він окиснюється.*

Щоб запам'ятати наведені терміни, скористайтеся таблицею 7.

Таблиця 7

Характеристика реагентів і процесів в окисно-відновній реакції

Реагенти	Функція реагенту	Назва процесу перетворення реагенту
Речовина, яка втрачає електрони	Відновник	Окиснення
Речовина, яка отримує електрони	Окисник	Відновлення



Назвіть функції реагентів і процеси їх перетворення в реакції

$$Fe_2O_3 + 2Al \overset{t}{=} Al_2O_3 + 2Fe.$$



Якщо реагентом є проста речовина — метал або неметал, то реакція є окисно-відновною.

Чадний газ горить у повітрі:

$$2CO + O_2 \overset{t}{=} 2CO_2.$$

Це — також окисно-відновна реакція, хоча атоми Карбону та Оксигену, які є в молекулах реагентів, залишаються атомами і «переходять» у молекули

вуглекислого газу. Кисень — окисник, він відновлюється, а чадний газ — відновник, він окиснюється. Для того щоб визначити, чи є реакція, зокрема за участю складних речовин, окисно-відновною, використовують термін «ступінь окиснення хімічного елемента». Про нього ви можете дізнатися з текстового фрагмента за покликанням у QR-коді (https://h8.academiabook.club/p-42-text-1.html).

text

Теорію окисно-відновних реакцій, яку було названо електронно-йонною теорією, розробив у 1914 р. вітчизняний науковець Л. Писаржевський.

Лев Писаржевський (1874—1938)



Український хімік, академік. Автор теорії окисно-відновних реакцій, в основі якої — уявлення про перехід електронів від одних частинок до інших (1914). Розробив основи електронної теорії каталізу. Професор Київського політехнічного інституту (1908—1911), катеринославських (нині — дніпровські) вищих навчальних закладів — гірничого інституту й університету. Із 1927 р. — директор створеного за його ініціативою Українського інституту фізичної хімії (тепер — Інститут фізичної хімії НАН України ім. Л. В. Писаржевського).

Зверніть увагу на таку особливість окисно-відновної реакції: скільки електронів втрачають частинки одного реагенту, стільки ж їх приєднують частинки другого реагенту. Перевірте це, використавши рівняння реакцій кальцію з киснем і літію із сіркою.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про хімічну активність металів та особливості окисно-відновних реакцій*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Охарактеризуйте зміни, які відбуваються з атомами металу, що бере участь у хімічній реакції.
2. Напишіть рівняння реакції натрію з хлором. Які частинки речовин втрачають електрони, а які — приєднують? Назвіть окисник і відновник.
3. Відшукайте в ряду активності метали, утворені елементами 3-го періоду. Як змінюється їхня хімічна активність залежно від розміщення відповідних елементів у періоді?

Поміркуймо

4. Які чотири метали, наявні в ряду активності, на відміну від інших трапляються в природі? Спробуйте пояснити цей факт.

Виконаймо вправу

5. Складіть рівняння реакції літію з воднем, якщо продукт реакції містить йони, електронна будова яких така сама, що й атома Гелію. Напишіть схеми окиснення і відновлення.
6. Запишіть замість крапок, скільки електронів приєднують або втрачають йони, і вкажіть процеси окиснення та відновлення:
   а) $2F^- \ldots \rightarrow F_2$;
   б) $Fe^{3+} \ldots \rightarrow Fe^{2+}$.
7. Перетворіть схему реакції $CuO \xrightarrow{t} Cu_2O + O_2\uparrow$ на хімічне рівняння. Чи є ця реакція окисно-відновною? Якщо так, то назвіть частинку-окисник і частинку-відновник.
8.* Визначте, якого металу — магнію чи алюмінію — буде витрачено менше в реакції з хлоридною кислотою для одержання певної кількості водню.

Розв'язуймо задачу

9. Обчисліть об'єм водню (н. у.), який утворився внаслідок реакції алюмінію кількістю речовини 0,1 моль з достатньою кількістю хлоридної кислоти. Використайте наведене в параграфі хімічне рівняння цієї реакції.

Формуймо словничок

10. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

11. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.



Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Вам видано метали — мідь, залізо, цинк, магній (шматочки дроту, стружка, гранули), розведену водою йодну настоянку (спиртовий розчин йоду I_2), хлоридну кислоту (водний розчин хлороводню HCl з його масовою часткою 10 %), водний розчин речовини $CuCl_2$, штатив із пробірками, пінцет, пробіркотримач, спиртівку або сухе пальне, керамічну підставку, сірники.

Виконайте запропоновані досліди, дотримуючись правил безпеки. Спостереження, хімічні рівняння і висновки запишіть у зошит.

Дослід 1

Візьміть пінцетом мідну дротину і внесіть її у верхню частину полум'я спиртівки чи сухого пального. Який зовнішній ефект свідчить про перебіг хімічної реакції?

Складіть рівняння реакції металу з киснем повітря. Візьміть до уваги, що продукт реакції містить двозарядні катіони. Зазначте речовину-окисник і речовину-відновник.

Дослід 2

Помістіть в одну пробірку зразок міді, у другу — стружку заліза і додайте до кожного металу йодну настоянку об'ємом 1—2 мл. Чи помічаєте зміни в пробірках?

Нагрійте кілька разів вміст кожної пробірки, але не до кипіння рідини. Що спостерігаєте?

Складіть хімічні рівняння. Візьміть до уваги, що продукт однієї реакції має формулу CuI, а другої — FeI_2. Укажіть процеси окиснення і відновлення.

Дослід 3

Помістіть в одну пробірку гранулу цинку, у другу — стружку магнію, а в третю — зразок міді. Додайте в кожну пробірку хлоридну кислоту об'ємом 1—2 мл. Що спостерігаєте? Який метал найактивніше реагує з кислотою?

Уміст пробірок, де реакція не відбувається або відбувається повільно, нагрійте, але не до кипіння рідини. Чи помічаєте зміни в пробірках?

Напишіть рівняння реакцій. Чи узгоджується результат досліду з розміщенням металів у ряду активності?

Дослід 4

Помістіть в одну пробірку гранулу цинку, в другу — стружку заліза. Налийте в кожну пробірку розчин речовини $CuCl_2$ об'ємом 1 мл і протягом 2—3 хв спостерігайте за змінами в пробірках.

Опишіть зовнішні ефекти реакцій і складіть хімічні рівняння.



Експериментуємо вдома

ДОСЛІДЖУЄМО ВЗАЄМОДІЮ ЗАЛІЗА З ЛИМОННОЮ КИСЛОТОЮ

Приготуйте водний розчин лимонної кислоти. Для цього розчиніть 1/2 чайної ложки лимонної кислоти у воді об'ємом 10—15 мл.

У пробірку або невелику термостійку склянку помістіть залізну скріпку, цвях або дротину і додайте розчин кислоти. Спостерігайте за сумішшю речовин протягом 1—2 хв. Чи відбуваються зміни в ній?

Помістіть пробірку чи склянку з сумішшю речовин у посудину з водою, яка щойно закипіла. (Вміст пробірки можете нагріти в полум'ї свічки майже до кипіння.) Що спостерігаєте?

Чи узгоджується результат експерименту з розміщенням заліза в ряду активності металів?

Як взаємодія металу з кислотою залежить від температури?

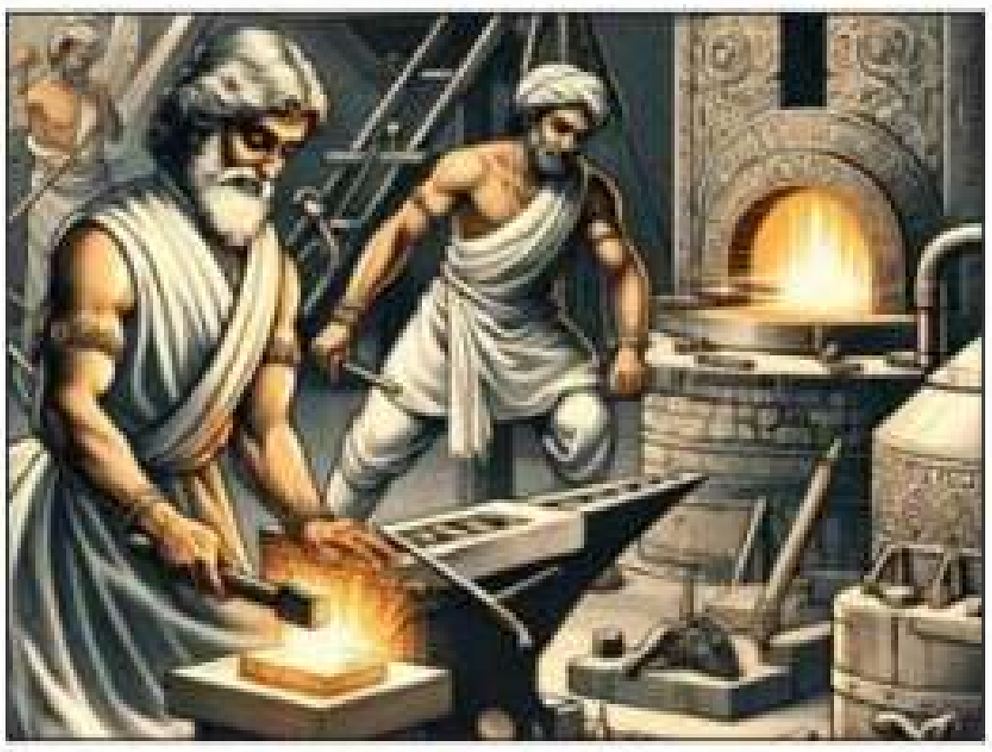
§ 43. Одержання металів

Якось у глибоку давнину людина після подорожі в горах запалила багаття, а з настанням ночі засипала його. Вранці, розгрібаючи попіл, вона побачила блискучі камінці невідомої речовини. Це був метал, що утворився внаслідок хімічної реакції деревного вугілля з поширеним у тій місцевості мінералом. Відтворюючи аналогічні перетворення, люди почали одержувати метали, з яких виготовляли знаряддя праці, зброю, прикраси.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Яку сировину використовують для одержання металів?
- Чому перетворення руди на метал є окисно-відновною реакцією?
- Чим різняться виробництва чавуну і сталі?

Як видобували метали раніше. Ремесло, на основі якого зародилася металургія, виникло кілька тисяч років тому. Люди виявили в одержаних ними міді, свинці, олові, залізі властивості, які зумовили використання цих металів. Протягом століть створювалися дрібні металургійні виробництва (мал. 114). Вони були й на території сучасної України до початку XIX ст. (мал. 115).



Мал. 114.
Виплавляння металу в Індії в середні віки



Мал. 115.
Доменна піч (Івано-Франківщина), у якій виплавляли чавун двісті років тому

Метали одержували переробленням природної сировини — оксидів (§ 8) і сульфідів (§ 20). Таку сировину називають *рудою*. Оскільки в руді містяться катіони металічного елемента, то необхідно було здійснювати їх відновлення: $M^{n+} + ne^- \rightarrow M$. Як відновник використовували деревне вугілля. Його виробляли нагріванням деревини за високої температури і відсутності повітря.

Схема реакції, унаслідок якої з оксиду утворювався метал, —

$$PbO + C \xrightarrow{t} Pb + CO_2\uparrow.$$

У разі використання сульфідної руди спочатку її нагрівали в повітрі

$$PbS + O_2 \xrightarrow{t} PbO + SO_2,$$

а потім оксид металічного елемента змішували з деревним вугіллям і, нагріваючи суміш, одержували метал.



Перетворіть наведені схеми реакцій на хімічні рівняння.

Сучасна металургія. Галузь промисловості, основою якої є видобування металів із природної сировини, називають *металургією*. Розрізняють чорну і кольорову металургію. Продукцією чорної металургії є залізо та його сплави — чавун і сталь, а кольорової — решта металів.



Чи узгоджуються назви «чорна металургія», «кольорова металургія» з кольорами металів?

Найбільше у світі виробляють заліза і його сплавів — сотні млн т. Україна є державою з розвинутою чорною металургією. Вона посідає 3-тє місце у світі з експорту чавуну і 10-те з виробництва сталі (щороку — понад 30 млн т). Перший чавун було вироблено у 1873 р. на Юзівському (нині — Донецькому) металургійному заводі. Найбільшим вітчизняним підприємством чорної металургії є металургійний комбінат «Арселор-Міттал Кривий Ріг» (мал. 116). Його виробничі потужності розраховані на щорічний випуск понад 6 млн т сталі та понад 5,5 млн т чавуну. Металургія забезпечує майже третину національного внутрішнього валового продукту та приблизно 40 % валютних надходжень.



Мал. 116.
На металургійному комбінаті «АрселорМіттал Кривий Ріг»



Чавун — сплав заліза з масовою часткою Карбону до 5 %, а в сталі зазвичай міститься не більше 2 % Карбону.

Розглянуті на початку параграфа хімічні перетворення металічних руд здійснюють і на сучасних металургійних заводах. Сировина для

чорної металургії — залізні руди і кокс (мал. 117), який є замінником деревного вугілля. Кокс одержують нагріванням викопного вугілля за високої температури й відсутності повітря. Як відновники також використовують чадний газ CO, водень.



Гематит Fe_2O_3



Магнетит Fe_3O_4



Кокс C

Мал. 117.
Сировина у виробництві заліза

За поширеною технологією з руди спочатку виробляють чавун. Цей процес ґрунтується на відновленні сполук Феруму до металу:

$$Fe^{3+} + 3e^- \rightarrow Fe; \qquad Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe.$$



Магнетит Fe_3O_4 містить катіони Fe^{3+} і Fe^{2+}. Визначте відношення цих йонів у магнетиті.

Основні хімічні перетворення у виробництві чавуну — взаємодія коксу з киснем і вуглекислим газом

$$C + O_2 \xrightarrow{t} CO_2,$$

$$C + CO_2 \xrightarrow{t} CO;$$

і реакції чадного газу з рудою

$$Fe_2O_3 + CO \xrightarrow{t} Fe + CO_2,$$

$$Fe_3O_4 + CO \xrightarrow{t} Fe + CO_2.$$



Перетворіть наведені схеми реакцій на хімічні рівняння.

Для того щоб одержати сталь з чавуну видаляють більшу частину домішок вуглецю, силіцію, сполук Фосфору та Сульфуру. У розплавлений чавун продувають кисень, який реагує з домішками. Утворюються гази, а також тверді оксиди, які спливають на поверхню розплавленого металу.

За іншою технологією залізну руду відновлюють воднем. Унаслідок цієї реакції утворюється порошок заліза. Способом пресування з нього виготовляють різні деталі. Частину порошку використовують у виробництві металевих сплавів.



Складіть рівняння реакцій обох видів залізної руди з воднем.

«Воднева» технологія є екологічно вигідною, оскільки в атмосферу не надходить вуглекислий газ. Її називають безкарбоновою технологією. Цей спосіб одержання заліза також менш енерговитратний. Якщо взаємодія руди з коксом відбувається за температури приблизно 1500 °С, то реакція за участю водню — за температури, яка не перевищує 1000 °С. Необхідною умовою реалізації цієї технології є дотримання безпеки, оскільки водень — займистий газ, а його суміш з повітрям може спричинити вибух.

Для кольорової металургії природною сировиною є оксиди і сульфіди металічних елементів. Із руд, які називають поліметалічними, одержують кілька металів. Основними компонентами, наприклад свинцево-цинкової руди, є сульфіди PbS і ZnS. Технологія перероблення такої руди досить складна.

Металічні руди — невідновлюваний природний ресурс. Тому переробляти їх потрібно якомога повніше з вилученням домішок, із яких можна одержати рідкісні й дорогоцінні метали.

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про одержання металів у минулому і в наші часи та хімічні основи металургії*.



Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Які речовини називають металічними рудами? Охарактеризуйте їхній склад.

2. Допишіть формули простих речовин у схемах реакцій і перетворіть схеми на хімічні рівняння:

$$Cu_2O + ... \xrightarrow{t} ... + CO_2; \qquad Bi_2O_3 + ... \xrightarrow{t} ... + H_2O.$$

Для кожного хімічного перетворення запишіть схему відновлення.

3. Титан одержують у промисловості за реакцією титан(IV) хлориду з магнієм, яка відбувається за високої температури. Складіть рівняння цієї реакції. Який хімічний елемент є окисником, а який — відновником?

Виконаймо вправу

4.* Схема однієї з реакцій, які відбуваються в процесі виробництва сталі, —

$$CaO + Fe_3P + O_2 \rightarrow Ca(PO_3)_2 + Fe.$$

Перетворіть її на хімічне рівняння.

Розв'язуймо задачу

5. Масова частка Феруму в залізній руді, що містить оксид Fe_2O_3, становить 56 % . Обчисліть масову частку домішок у цій руді.

6. Після спалювання порошку заліза масою 2,4 г в достатній кількості кисню зібрано вуглекислий газ, об'єм якого становив 56 мл (н. у.). Обчисліть масову частку Карбону в залізі. Цей порошок виготовлено зі сталі чи чавуну?

Шанс для творчості

7. Здійсніть віртуальну екскурсію на металургійний завод і напишіть довідку про технологію перероблення на ньому руди на метал.

Формуймо словничок

8. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.

Оцінюймо свої знання

9. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.

§ 44. Сплави металів. Використання металів і сплавів

Чисті метали ми використовуємо дуже рідко. Більшість металевих виробів різноманітного призначення виготовляють зі сплавів — сумішей металів. Про те, чому перевагу надають саме металевим сплавам,

а не металам, а також про важливість збирання і перероблення металовмісних відходів ви дізнаєтеся з матеріалу параграфа.

Дізнаєтеся, зрозумієте, використаєте

- Який склад мають поширені металеві сплави?
- Чим металеві сплави відрізняються від металів за фізичними властивостями і чим подібні до них?
- У яких сферах використовують метали і металеві сплави?
- Чому перероблення металевих відходів є актуальним у наш час?

Сплави металів. Твердість, пластичність, високі температури плавлення, корозійна стійкість, металічний блиск, електро- і теплопровідність — ці та інші властивості металів притаманні й металевим сплавам. Сплави виготовляють сплавлянням двох або більшої кількості металів.

Назви і склад найуживаніших металевих сплавів[1] наведено в таблиці 8.

Таблиця 8

Металеві сплави

Назва	Склад (масові частки, %)	Назва	Склад (масові частки, %)
Неіржавна сталь	*Fe ≈ 67; Cr — 16—18,5; Ni — 10—14; Mo — 2—3; C ≈ 2	Інструментальна сталь	*Fe ≈ 95; W — 1,2—1,6; Cr — 0,9—1,2; Mn — 0,8—1,1; Si — 0,1—0,4; C — 0,9—1,05
Бронза (звичайна)	Cu — 70—96; Sn — решта	Дюралюміній	Al — 71—90; Cu — до 13; Zn, Si, Mg — решта
Латунь	Cu — 54—90; Zn — решта	Ніхром	Ni — 77—85; Cr — 15—20; Al — решта

* Одна з марок сплаву.

Металеві сплави відрізняються від своїх компонентів певними фізичними властивостями. Вони можуть мати нижчі температури плавлення, інші твердість і густину. Наприклад, сплав олова зі свинцем плавиться

[1] Компонентами деяких сплавів є неметали вуглець і силіцій.

за температури 180 °С, тоді як температура плавлення олова 232 °С, а свинцю — 327 °С. Цим сплавом легше паяти, ніж оловом або свинцем.



Назвіть два поширених металевих сплави, які відрізняються за кольором від своїх компонентів.

Науковці/науковиці одержують і досліджують сплави з метою створення нових матеріалів з кращими механічними, фізичними та іншими властивостями, стійких до високих температур і агресивних середовищ. Про перевагу неіржавної сталі над залізом свідчить сама назва сплаву.

У хімічних реакціях сплави зазвичай поводяться як суміші відповідних металів. Якщо, наприклад, розігріту латунну дротинку опустити в колбу з газом хлором, відбуватимуться реакції за участю обох металів — міді та цинку. Якщо ж до порошку латуні додати хлоридну кислоту, то з нею реагуватиме лише один компонент сплаву (який?).



Напишіть рівняння реакцій. Візьміть до уваги, що складниками сполук металічних елементів, які утворюються, є двозарядні катіони.

Використання металів і сплавів. На практиці найчастіше використовують залізо, алюміній, мідь та їх сплави, а також цинк. Це зумовлено їхньою стійкістю в природних умовах і поширеністю відповідних металічних руд.



У яких сферах використовують алюміній і мідь?

За останні десятиліття перелік металів, які застосовують у різних сферах, розширився. У виробництві перспективних хімічних джерел струму — літій-йонних акумуляторів — використовують літій. Берилій виконує функцію уповільнювача нейтронів у ядерній техніці. З титану виготовляють різноманітне технологічне обладнання. Цей метал також використовують для протезування кісток. Літій, берилій і титан є компонентами сучасних металевих сплавів.



За матеріалами з інтернету підготуйте повідомлення про берилієву бронзу та її використання в аерокосмічній техніці.

Сплави на основі заліза, міді та алюмінію (табл. 8, мал. 118) використовують значно ширше, ніж окремі метали. Чавун і сталь застосовують у промисловості, будівництві, виробництві транспортних засобів, військової техніки, зброї, верстатів, інструментів. Алюмінієві, магнієві й



Мал. 118.
Вироби з неіржавної сталі (*а*), латуні (*б*) та дюралюмінію (*в*)

титанові сплави — в авіаційній і ракетно-космічній техніці, суднобудуванні.

Ювелірні вироби виготовляють не із чистого золота, а з його твердіших сплавів з міддю і сріблом.



За інформацією з інтернету з'ясуйте склад цих сплавів. Про що інформує проба, яку нанесено на золотій обручці або сережці?

Проблема металовмісних відходів. Потреба в металах постійно зростає. Але металічні руди є вичерпним і невідновлюваним природним ресурсом. Згідно з прогнозами, розвіданих запасів залізних руд вистачить не більше ніж на 170 років, а руд кольорових металів — на 40 років. Тому актуальним для світової спільноти є вирішення таких завдань:

- повне і комплексне перероблення металічних руд;
- збирання і перероблення металовмісних відходів;
- заміна металів і металевих сплавів іншими матеріалами.

Перероблення відходів металів і сплавів порівняно з одержанням металів із руд є економічно та енергетично вигіднішим. Найбільше із металовмісних відходів виробляють заліза й алюмінію. Приблизно 30 % використаного алюмінію спрямовується на переплавляння. Енергія, що витрачається в цьому процесі, становить лише 5 % від необхідної для одержання алюмінію з руди (бокситів). Показовими є такі факти: новий автомобіль містить у середньому 40 % регенерованих металів, літак — 60 % регенерованого алюмінію, а золота прикраса — 90 % регенерованого золота. Усі медалі Олімпіади-2020 (Токіо) були виготовлені із вторинних металів, вилучених з відпрацьованої побутової електроніки — ноутбуків, смартфонів, інших електронних пристроїв.

Знайдіть на виробі із заліза, сплаву заліза або алюмінію знак (мал. 119), який означає, що метал або сплав може бути використаний повторно.



Мал. 119.
Знаки спрямування металів на перероблення

Метали як матеріали дедалі частіше замінюють пластмасами, які мають необхідні властивості. Це дає змогу заощадити метал, спростити процес виготовлення виробу, а сам виріб зробити дешевшим і стійкішим до речовин довкілля. Із пластмас виготовляють знаряддя праці, різноманітні труби (мал. 120), деталі до механізмів, обладнання для транспортних засобів, предмети побуту тощо.



Мал. 120.
Пластик замінює метал

ВИОКРЕМЛЮЄМО ОСНОВНЕ

Проаналізувавши матеріал, викладений у параграфі, запишіть у зошиті висновки *про металеві сплави, їхній склад, а також використання металів і сплавів.*

Сформулюйте цікаве запитання за темою параграфа і поставте його своїм однокласникам/однокласницям. Порівняйте свою і їхні відповіді та оцініть їх. Поясніть, чому ваша оцінка саме така.

ВАШІ ДОСЯГНЕННЯ І ВІДКРИТТЯ

Перевірмо себе

1. Чому металеві сплави використовують частіше за метали?
2. Чим відрізняється латунь від бронзи?
3. Чому одержання металу з відходів вигідніше, ніж його видобування з руди?

Поміркуймо

4. Які фізичні та хімічні властивості, на вашу думку, повинні мати металеві сплави, що використовують у літакобудуванні?

Дізнаваймося

5. Перші монети незалежної України номіналом 2 копійки було виготовлено з алюмінію. Потім їх почали виготовляти зі сталі. Чому, на вашу думку, відбулася така заміна?

Розв'язуймо задачу

6. Для визначення густини сплаву учениця зважила його зразок. Маса сплаву становила 100 г. Потім учениця взяла мензурку з поділками ємністю в 1 л, налила в неї воду об'ємом 600 мл і обережно занурила зразок сплаву. Об'єм води разом зі сплавом становив 640 мл. За результатами експерименту обчисліть густину сплаву.
7. Масові частки металів у спеціальній бронзі такі (у відсотках): Cu — 85, Sn — 9, Zn — 6. Атомів якого хімічного елемента в бронзі найменша кількість? Скільки атомів Купруму припадає на кожні 10 атомів цього елемента?
8. Порошок силуміну (сплав алюмінію із силіцієм) масою 5 г із масовою часткою силіцію 14 % спалили в надлишку кисню. Обчисліть масові частки оксидів в утвореній суміші сполук.

У команді

9. Необхідно створити новий металевий сплав для виготовлення обладнання, яке працюватиме на зовнішній поверхні підводного човна. Які компоненти сплаву і його властивості ви закладете в програму ШІ (штучного інтелекту)?

Створюймо проєкт

10. Підготуйте за матеріалами з інтернету повідомлення на тему «Сплави металів у ювелірній справі (історія, сьогодення)».

Формуймо словничок

11. Випишіть ключові слова і словосполучення з тексту параграфа для укладання двомовного словничка.
12. Складіть двомовний словничок із ключових слів і словосполучень, виписаних вами з параграфів 40—44. Отримаєте словничок до розділу 4 підручника.

Оцінюймо свої знання

13. Створіть у зошиті таблицю оцінювання ваших знань і заповніть її.
14. Виконайте розміщені за QR-кодом або покликанням (https://learningapps.org/display?v=pqnfn7u6j24) завдання за матеріалом розділу 4.

test

Післямова

Завершився навчальний рік, другий рік вивчення вами хімії. Ми впевнені, що на уроках із цього предмета вам було цікаво.

Ви з'ясували, яку інформацію про хімічні елементи містить періодична таблиця, і зрозуміли, наскільки важливо вміти нею користуватися. Періодична таблиця хімічних елементів ілюструє основний закон хімії — періодичний закон. Він охоплює всі хімічні елементи й поширюється на прості речовини та багато складних речовин. Ви дізналися про закон збереження маси речовин під час хімічних реакцій і про закони, яким підпорядковуються гази. Спираючись на ці закони, науковці/науковиці досліджують речовини, їхні властивості, хімічні реакції.

Вам стало відомо, що в хімії порції речовин оцінюють і порівнюють не лише за їхньою масою чи об'ємом, а й за кількістю найменших частинок.

Уже не є для вас секретом склад атомів та їхня електронна будова, з'ясувати яку допомагає відповідна модель. Ви знаєте, як і чому сполучаються одна з одною найменші частинки речовин, а також як утворюються йони з атомів. Читаючи підручник, «зазирнули» всередину кристалів і за допомогою моделі «кристалічні ґратки» переконалися, що атоми, молекули або йони розміщені в них у певному порядку.

Сподіваємося, що кожний із вас навчився складати формули складних речовин, а також розв'язувати задачі різних типів.

Виконуючи лабораторні експерименти, ви вдосконалювали навички з дослідження речовин та їхніх властивостей, осмислювали отримані результати й робили висновки.

Матеріал з хімії в 9 класі теж буде цікавим. Ви поглибите свої уявлення про розчини, дізнаєтеся про основні класи неорганічних речовин, ознайомитеся з найважливішими органічними речовинами, зокрема й тими, які є в природі — земних надрах, рослинах, тваринах, організмі людини.

Уважно і вдумливо опрацьовуйте навчальний матеріал, виявляйте наполегливість і спостережливість на уроках, під час виконання хімічних експериментів.

Бажаємо вам у наступному навчальному році досягти успіхів у вивченні хімії, отримати задоволення від пізнання її таємниць і виконання цікавих дослідів.

Автори

ВІДПОВІДІ ТА ПОРАДИ ДО ЗАДАЧ І ВПРАВ

§ 2. № 10. NO_2.

§ 6. № 7. Речовина розклалася неповністю.

§ 7. № 5. Тиск зменшився в колбі, в якій спалювали магній.

§ 9. № 5. $4C_nH_m + (4n + m)O_2 = 4nCO_2 + 2mH_2O$.

§ 10. № 5. $w(O_3) = 23{,}1\ \%$.

§ 11. № 4. $m(O_2) = 2{,}985$ г.

№ 7. 913 млрд.

§ 14. № 7. а) $n(CH_4) = 1$ моль; б) $n(CH_4) = 0{,}3$ моль.

§ 15. № 8. $m = 30$ г.

№ 9. Найбільше атомів у мідному кубику, найменше — у свинцевому.

№ 10. а) більше молекул у воді; б) більше молекул у воді.

§ 16. № 5. $m(CO_2) = 982$ г.

№ 8. $V(H_2) : V(CH_4) = 8 : 1$.

§ 17. № 4. $V(NO_2) = 4$ л; $V(O_2) = 1$ л.

№ 5. $V(O_2) = 20$ мл; $V(H_2) = 20$ мл.

№ 7. $V(O_2) = 100$ мл.

№ 8. N_2H_4.

§ 18. № 7. ρ(пов.) = 1,295 г/л.

№ 8. $M_r(A) = 46$.

№ 9. Газ важчий за метан в 1,07 раза.

№ 10. $\rho(X) = 1{,}875$ г/л; $D_Y(X) = 1{,}62$.

№ 11. D_{N_2}(газу) = 1,57.

§ 19. № 6. $n(O_2) = 0{,}125$ моль.

№ 7. $m(CaCO_3) = 15$ г.

№ 8. V(газів) = 3,36 л.

№ 9. Не вся речовина розклалася.

§ 20. № 4. $V(O_2) = 5{,}6$ л.

№ 5. а) Залишиться частина сірки;

б) не залишиться жодного реагенту.

§ 25. № 8. As.

№ 9. Скандій.

№ 10. $N(e^-) = 3{,}6 \cdot 10^{21}$.

§ 26. № 2. б.

№ 4. 9 різновидів молекул.

№ 7. $A_r(Mg) = 24,3$.

№ 8. Галій-71.

§ 28. № 7. В.

§ 29. № 2. Спарених електронів — 4.

№ 7. Один елемент міститься в 2-му періоді, другий — у 3-му періоді.

§ 30. № 4. Один елемент міститься в кінці періоду, другий — на початку іншого періоду.

№ 5. б.

§ 31. № 6. Молекула має форму восьмикутника.

§ 32. № 5. Візьміть до уваги орієнтацію *p*-орбіталей.

§ 33. № 5. а) OF_2; б) N_2O_3.

№ 6. Валентність Хлору — 7.

§ 35. № 7. а.

§ 37. № 6. У йона Магнію найменший радіус, у йона Флуору — найбільший.

№ 11. Серед цих йонів — Al^{3+} і N^{3-}.

§ 38. № 4. б) $Sr(OH)_2$; д) $(NH_4)_2SO_4$.

№ 5. Візьміть до уваги заряди і радіуси йонів.

№ 8. $w(Mg)$ в $Mg_3N_2 = 72\ \%$; $w(Mg)$ в $Mg(OH)_2 = 41,4\ \%$.

§ 39. № 4. а) Шість йонів Cl^-; б) шість йонів Na^+.

§ 42. № 8. $V(H_2) = 3,36$ л.

§ 43. № 4. Візьміть до уваги, що ліворуч має бути парна кількість атомів Оксигену. Рекомендуємо почати добір коефіцієнтів з першого реагенту.

№ 5. w(дом.) = 20 %.

№ 6. $w(C) = 1,25\ \%$. Порошок виготовлено зі сталі.

§ 44. № 8. На 10 атомів Sn припадає 176 атомів Cu.

№ 9. $w(SiO_2) = 15,6\ \%$; $w(Al_2O_3) = 84,4\ \%$.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Аморфна речовина — тверда речовина, у якій найменші частинки розміщені хаотично.

Аніон — негативно заряджений йон.

Атом — найменша електронейтральна частинка речовини, яка складається з позитивно зарядженого ядра і негативно заряджених електронів, що рухаються навколо нього.

Валентні електрони — електрони, які можуть брати участь в утворенні хімічного зв'язку.

Валентність — здатність атомів хімічного елемента сполучатися з певною кількістю таких самих або інших атомів.

Відновлення — процес приєднання електронів до речовини або її частинки.

Відновник — речовина або частинка, яка втрачає електрони.

Відносна густина газу за іншим газом — відношення маси певного об'єму газу до маси такого самого об'єму іншого газу (за однакових температури й тиску).

Водневий зв'язок — електростатична взаємодія між молекулами за участю атомів Гідрогену і найбільш електронегативних елементів.

Галогени — елементи головної підгрупи VII групи періодичної таблиці[1] (Флуор, Хлор, Бром, Йод), а також відповідні прості речовини.

Горіння — хімічна реакція, унаслідок якої виділяється теплота і з'являється полум'я.

Графічна формула — формула молекули, у якій спільні пари електронів позначено рисками.

Група (елементів) — стовпчик хімічних елементів у періодичній таблиці.

Делокалізовані електрони — електрони, які хаотично рухаються в металі.

Диполь — частинка, що має два різнойменно заряджені полюси.

Екзотермічна реакція — реакція, під час якої виділяється теплота.

Електрон — негативно заряджена частинка, складник атома.

---

[1] Або 17-ї групи довгого варіанта таблиці.

Електронегативність — властивість атома хімічного елемента зміщувати у свій бік пару електронів, спільну з іншим атомом.

Електронна формула — запис, який відображає електронну будову атома, йона чи молекули.

Ендотермічна реакція — реакція, під час якої поглинається теплота.

Енергетичний рівень — фрагмент моделі атома, який об'єднує електрони з майже однаковою енергією.

Зовнішні електрони — електрони останнього енергетичного рівня атома.

Ізотопи — види атомів хімічного елемента з різною кількістю нейтронів.

Інертні елементи — елементи головної підгрупи VIII групи періодичної таблиці[1] (Гелій, Неон, Аргон, Криптон, Ксенон, Радон). Прості речовини цих елементів називають інертними газами.

Істинна формула — формула, яка показує реальний склад молекули.

Йон — заряджена частинка, яка утворюється з атома внаслідок втрати або приєднання ним одного чи кількох електронів.

Йонний зв'язок — зв'язок між протилежно зарядженими йонами.

Каталізатор — речовина, яка прискорює хімічну реакцію і не є її продуктом.

Катіон — позитивно заряджений йон.

Кількість речовини — фізична величина, яка визначається кількістю атомів, молекул, груп атомів або йонів у певній порції речовини.

Ковалентний зв'язок — зв'язок між атомами, зумовлений утворенням спільних пар електронів.

Колообіг елемента — сукупність процесів у природі, під час яких атоми хімічного елемента внаслідок хімічних реакцій «переходять» від одних речовин до інших.

Колообіг речовини — сукупність процесів у природі, унаслідок яких речовина постійно переходить з одного середовища в інше.

Корозія — явище самочинного руйнування металів унаслідок їх хімічних реакцій з речовинами довкілля.

Кристал — самоутворене фізичне тіло з пласкими гранями та прямими ребрами.

Кристалічні ґратки — модель будови кристалічної речовини.

---

[1] Або 18-ї групи довгого варіанта таблиці.

Лужні елементи — елементи головної підгрупи I групи періодичної таблиці[1] (Літій, Натрій, Калій, Рубідій, Цезій, Францій). Прості речовини цих елементів називають лужними металами.

Металічний зв'язок — зв'язок між катіонами в металі, здійснюваний делокалізованими електронами.

Молекула — частинка, яка складається з двох або більшої кількості сполучених атомів.

Моль — одиниця вимірювання кількості речовини; порція речовини, яка містить $6{,}02 \cdot 10^{23}$ атомів, молекул або наявних у її хімічній формулі груп атомів чи йонів.

Молярна маса — маса 1 моль речовини.

Молярний об'єм — об'єм 1 моль речовини.

Найпростіша формула — формула, яка відображає відношення кількості атомів або йонів у сполуці.

Нейтрон — електронейтральна частинка, складник ядра атома.

Неполярний ковалентний зв'язок — ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних пар електронів не зміщені в бік одного з атомів.

Нормальні умови — температура 0 °C і тиск 760 мм рт. ст. (101,3 кПа).

Нуклід — будь-який вид атомів.

Нуклон — загальна назва частинок (протона і нейтрона), з яких складаються ядра атомів.

Нуклонне число — сумарна кількість протонів і нейтронів в атомі.

Окиснення — процес втрати електронів речовиною або її частинкою.

Окисник — речовина або частинка, яка приєднує електрони.

Оксид — сполука, утворена двома хімічними елементами, одним з яких є Оксиген.

Окисно-відновна реакція — реакція, під час якої реагенти обмінюються електронами.

Орбіталь — частина простору атома, у якій перебування електрона є найбільш імовірним.

Період — фрагмент природного ряду хімічних елементів від лужного елемента до інертного.

Підгрупа — частина групи періодичної таблиці.

Підрівень — частина енергетичного рівня з електронами однакової енергії.

Подвійний зв'язок — зв'язок, утворений двома спільними парами електронів.

---

[1] Або 1-ї групи довгого варіанта таблиці.

Полярний ковалентний зв'язок — ковалентний зв'язок, у якому одна чи кілька спільних пар електронів зміщені в бік одного з атомів.

Потрійний зв'язок — зв'язок, утворений трьома спільними парами електронів.

Проста речовина — речовина, утворена одним хімічним елементом.

Простий ковалентний зв'язок — зв'язок, утворений однією спільною парою електронів.

Протон — позитивно заряджена частинка, складник ядра атома.

Протонне число — кількість протонів в атомі.

Радіоактивність — явище самочинного перетворення атомів хімічного елемента на атоми іншого елемента.

Радіонуклід — радіоактивний нуклід.

Радіус атома — відстань від центра ядра до сферичної поверхні, якої «торкаються» орбіталі з електронами останнього енергетичного рівня.

Реакція розкладу — реакція, під час якої з однієї речовини утворюється кілька речовин.

Реакція сполучення — реакція, під час якої з кількох речовин утворюється одна речовина.

Руда — природна речовина або суміш речовин, з якої видобувають метал (метали).

Ряд активності металів — ряд, у якому метали розміщені за зменшенням хімічної активності.

Складна речовина — речовина, утворена двома або більшою кількістю хімічних елементів.

Стала Авогадро — $6{,}02 \cdot 10^{23}$ моль$^{-1}$.

Сублімація — перетворення твердої речовини в разі нагрівання на газ, минаючи рідкий стан.

Хімічне рівняння — запис хімічної реакції за допомогою формул реагентів і продуктів, який відповідає закону збереження маси речовин під час реакції.

Хімічний елемент — вид атомів з певним зарядом ядра (протонним числом).

Хімічний зв'язок — взаємодія між атомами, молекулами, йонами, унаслідок якої частинки утримуються разом.

МАТЕМАТИЧНІ ФОРМУЛИ ДЛЯ ОБЧИСЛЕНЬ

1. Обчислення кількості речовини

$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_M}.$$

(N_A — стала Авогадро; V_M — молярний об'єм)

2. Обчислення молярної маси речовини за її густиною

$$M = \rho \cdot V_M.$$

3. Обчислення відношення об'ємів газів у хімічних реакціях

Для реакції $aA + bB = cC$, у якій речовини A, B і C є газами:

$$V(A) : V(B) : V(C) = a : b : c.$$

4. Обчислення відносної густини газу B за газом A і повітрям

$$D_A(B) = \frac{\rho(B)}{\rho(A)} = \frac{M(B)}{M(A)};$$

$$D_{пов.}(B) = \frac{M(B)}{29}.$$

5. Обчислення відносної атомної маси хімічного елемента, який має кілька природних ізотопів

$$A_r(E) = \chi_1 \cdot A_1 + \chi_2 \cdot A_2 + \ldots + \chi_n \cdot A_n$$

(літерами A і χ позначено нуклонні числа і атомні частки ізотопів у їх природній суміші)

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Аморфна речовина 200
Аніон 190
Атом 6
Атомна частка 138

В

Валентність 172
Відновлення 216
Відновник 216
Відносна густина газу 96
Внутрішня енергія речовини 70

Г

Галогени 118, 119
Горіння 48
Група (періодичної таблиці) 127

Д

Диполь 185

Е

Електронегативність 181
Електрон 131, 133, 146
Електрони
  делокалізовані 207
  зовнішні 152
  неспарені 147
  спарені 147
Електронна оболонка 147
Електронна формула
  атома 148
  молекули 164
Електронний октет 162
Елементи
  інертні 119
  лужні 119
  металічні 14, 206
  неметалічні 14
Енергетичний
  підрівень 148
  рівень 147

З

Закон
  Авогадро 87
  Гей-Люссака 92
  збереження маси речовин під час реакції 23
Зв'язок
  водневий 186
  йонний 195
  ковалентний 163
  металічний 207
  неполярний 183
  подвійний 165
  полярний 183
  потрійний 165
  простий 165

І

Ізотопи 137, 138
Інертні гази 119

Й

Йон 190

К

Каталізатор 32
Катіон 190
Кількість речовини 75
Колообіг
  речовини 59
  хімічного елемента 59
Корозія 63
Кристал 200
Кристалічні ґратки 201

Л

Лужні метали 118

М

Модель молекули
  кулестержнева 167
  масштабна 167
Молекула 8
Моль 75
Молярна маса 81
Молярний об'єм 86

Н

Нейтрон 132, 133
Нормальні умови 86
Нуклід 138
Нуклони 132
Нуклонне число 134

О

Озоновий шар 56
Окиснення 50, 216
Окисник 216
Оксиди 45
  назви 45
  поширеність 46
  формули 45
Орбіталь 146

П

Період 127
Періодична таблиця 126
  довгий варіант 126
  короткий варіант 126
Періодичний закон 124, 125
Підгрупа
  головна 127
  побічна 127
Полярність молекули 185
Правило
  електронейтральності 195
  «октав» 120
Принцип мінімальної енергії 147
Природний ряд хімічних елементів 124
Протон 132, 133
Протонне число 133

Р

Радіоактивність 141
Радіонуклід 141
Радіус атома 157

Реакція
екзотермічна 71
ендотермічна 71
окисно-відновна 216
розкладу 32
сполучення 39
Руда 221
Ряд активності металів 214

С

Спін електрона 147
Стала Авогадро 76
Сублімація 177
Сульфіди 107
Схема хімічної реакції 26

Т

Термохімічне рівняння 71

Ф

Феромагнетик 211
Формула молекули
графічна 164
електронна 164
істинна 176
найпростіша 176

Х

Хімічне рівняння 27
Хімічний елемент 8, 133

Ш

Швидкість хімічної реакції 111

Я

Ядро атома 132

ПІЗНАВАЛЬНА ЛІТЕРАТУРА

Бобкова О. С. Хімія — це цікаво! : навч. посіб. для 7—11 кл. загальноосвіт. навч. закл. / О. С. Бобкова. — Київ : УОВЦ «Оріон», 2019. — 72 с.

Богданова В. Я. Хімічні реакції навколо нас : посіб. серії «Шкільна бібліотека» для 7 класу закл. загал. серед. освіти / В. Я. Богданова. — Харків : Ранок, 2020. — 112 с.

Василега М. Д. Цікава хімія / М. Д. Василега. — Київ : Рад. шк., 1989. — 188 с.

Вороненко Т. І. Хімія щодня. Це треба знати кожному / Тетяна Вороненко, Тетяна Іваха. — Київ : Шк. світ, 2011. — 128 с.

Ґонік Л. Хімія / Ларрі Ґонік, Крейґ Кріддл ; пер. з англ. — Київ : Рідна мова, 2022. — 256 с. (Серія «Наука в коміксах»).

Кін Сем. Ложка, що зникає: правдиві розповіді з періодичної системи хімічних елементів про безумство, кохання та історію світу / Сем Кін ; пер. з англ. Е. Рабинович. — Харків : ВД «Фабула», 2021. — 352 с.

Ковтун Г. Таємничий світ молекул: Матеріали до уроків / Григорій Ковтун. — Київ : Шк. світ, 2006. — 120 с.

Котляр З. В. Хімія елементів / З. В. Котляр, В. М. Котляр. — Київ : Вид. дім «Перше вересня», 2016. — 224 с.

Крівелліні М. Хімія огидних речей. Експериментуймо! / Маттіа Крівелліні, Валерія Бараттіні, Франческа Горіні ; пер. з англ. А. Ващук. — Львів : Вид-во Старого Лева, 2023. — 56 с.

Леєнсон І. А. Дивовижна хімія / І. А. Леєнсон. — Харків : Ранок, 2011. — 176 с.

Саркісян В. Дослідники смерті. Від Шерлока Голмса та Агати Крісті до лабораторії судмедексперта / Володимир Саркісян. — Київ : Віхола, 2024. — 200 с.

Саркісян В. Хімія повсякдення. Від шампуню і прального порошку до смаженої картоплі / Володимир Саркісян. — Київ : Віхола, 2021. — 176 с.

Смаль Ю. Вибухова історія людства. Як хімія стає зброєю / Юля Смаль. — Львів : Вид-во Старого Лева, 2022. — 128 с.

Смаль Ю. Лесеві історії. Експериментуй і дізнавайся / Юля Смаль. — Львів : Вид-во Старого Лева, 2019. — 136 с.

Смаль Ю. Цікава хімія. Життєпис речовин / Юля Смаль. — Львів : Вид-во Старого Лева, 2016. — 112 с.

Яковішин Л. О. Цікаві досліди з хімії: у школі та вдома / Л. О. Яковішин. — Севастополь : Біблекс, 2006. — 176 с.

Інтернет-сайти, які містять цікавий матеріал з хімії

1. http://www.thoughtco.com/chemistry-4133594
2. https://www.facebook.com/compoundchem
3. https://www.webelements.com
4. https://www.chemistryworld.com
5. https://www.compoundchem.com
6. https://www.facebook.com/chemistryislove1
7. https://www.facebook.com/groups/309370026343306 (Хімія — це цікаво)
8. https://www.facebook.com/groups/330993341097761 (Цікава хімія)

ЗМІСТ

Хімія любить допитливих — будьте такими! 3
Як користуватися підручником 4
Хімічний експеримент — важливий складник навчання 5

Стартуємо.
ЩО ВИ ВЖЕ ЗНАЄТЕ З ХІМІЇ

§ 1. Атоми. Хімічні елементи. Молекули 6
§ 2. Прості та складні речовини 11
§ 3. Властивості та перетворення речови 16

Розділ 1.
ДОСЛІДЖУЄМО ХІМІЧНІ РЕАКЦІЇ

§ 4. Закон збереження маси речовин під час хімічних реакцій 21
§ 5. Схема хімічної реакції. Хімічне рівняння 26
§ 6. Одержання кисню 30
Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії
Одержуємо кисень 36
Експериментуємо після уроків
Досліджуємо вплив температури на розклад гідроген пероксиду 38
§ 7. Хімічні властивості кисню: реакції з простими речовинами 38
§ 8. Хімічні властивості кисню: реакції зі складними речовинами. Оксиди 43

§ 9. Процеси горіння та окиснення 48
Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії
Досліджуємо горіння свічки (експеримент для групи) 53
Експериментуємо вдома
Гасимо полум'я 54
§ 10. Озон 54
§ 11. Колообіги кисню та Оксигену в природі. Біологічна роль і застосування кисню 58
§ 12. Корозія металів 63
Експериментуємо вдома
Досліджуємо корозію заліза 68
§ 13. Тепловий ефект хімічної реакції 69
Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії
Досліджуємо термічний розклад харчової соди 74
§ 14. Кількість речовини 75
§ 15. Молярна маса 80
§ 16. Молярний об'єм. Закон Авогадро 85
§ 17. Відношення об'ємів газів у хімічних реакціях 91
§ 18. Відносна густина газу 95
§ 19. Обчислення за хімічними рівняннями 101
§ 20. Реакції сполучення 105
§ 21. Керування хімічними реакціями 110

Розділ 2.
КЛАСИФІКУЄМО Й УПОРЯДКОВУЄМО ХІМІЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

§ 22. Перші спроби класифікації хімічних елементів 116
§ 23. Періодичний закон 122

§ 24. Періодична таблиця хімічних елементів 126
§ 25. Склад атомів 131
§ 26. Ізотопи 136
§ 27. Радіоактивність. Радіонукліди 141
§ 28. Електрон. Атомні орбіталі.
Енергія електронів в атомі 145
§ 29. Електронна будова атомів 151
§ 30. Радіуси атомів 157

Розділ 3.
ДОСЛІДЖУЄМО ЗВ'ЯЗКИ МІЖ АТОМАМИ, МОЛЕКУЛАМИ, ЙОНАМИ

§ 31. Будова молекул простих речовин.
Ковалентний зв'язок 161
§ 32. Будова молекул складних речовин 166
Експериментуємо після уроків
Виготовляємо моделі молекул 171
§ 33. Валентність хімічних елементів 171
§ 34. Речовини молекулярної
та атомної будови 176
§ 35. Електронегативність хімічних елементів.
Полярний і неполярний ковалентний зв'язок 180
§ 36. Водневий зв'язок 185
§ 37. Йони — найменші частинки багатьох речовин 189
§ 38. Йонні речовини 194
Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії
Досліджуємо фізичні властивості
речовин різної будови 198
§ 39. Кристалічні речовини 199

Розділ 4.
ДОСЛІДЖУЄМО БУДОВУ ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ І СПЛАВІВ

§ 40. Метали. Металічний зв'язок 205

§ 41. Фізичні властивості металів 209

Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

Досліджуємо фізичні властивості металів 212

§ 42. Метали як реагенти. Окисно-відновні реакції 213

Експериментуємо в хімічному кабінеті/лабораторії

Досліджуємо хімічні властивості металів 219

Експериментуємо вдома

Досліджуємо взаємодію заліза з лимонною кислотою 220

§ 43. Одержання металів 220

§ 44. Сплави металів. Використання металів і сплавів 225

Післямова 231

Відповіді та поради до задач і вправ 232

Словник термінів 234

Математичні формули для обчислень 238

Предметний покажчик 239

Пізнавальна література 242

Інтернет-сайти, які містять цікавий матеріал з хімії 243

НОВА УКРАЇНСЬКА ШКОЛА

8 клас

Хімія



академія

academia-pc.com.ua