

**ТЕМА: Алотропія. Алотропні модифікації речовин неметалічних елементів.**

**Алотропія** — існування одного хімічного елемента у вигляді кількох простих речовин (алотропних модифікацій або алотропних форм). Алотропні модифікації відрізняються за властивостями. Існує дві причини алотропії — різний кількісний склад і різна будова речовин, утворених з атомів одного хімічного елемента.

Чим зумовлена алотропія окремих хімічних елементів, ви пересвідчитесь, ознайомившись з наведеною нижче інформацією про алотропні модифікації (алотропні форми) Оксигену, Карбону, Фосфору й Сульфуру.

**АЛОТРОПНІ МОДИФІКАЦІЇ ОКСИГЕНУ.** Кисень і озон відомі вам з уроків природознавства та хімії в основній школі. Порівняємо склад і властивості цих простих речовин (табл. 6).

Таблиця 6

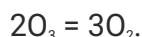
**Порівняльна таблиця складу і властивостей кисню й озону**

| № | Ознаки порівняння         | Прості речовини   |  |
|---|---------------------------|---|--|
|   |                           | Кисень  | Озон   |
| 1 | Формула                   | O <sub>2</sub>  | O <sub>3</sub>   |
| 2 | Модель молекули           |  |  |
| 3 | Будова                    | молекулярна   | молекулярна  |
| 4 | Відносна молекулярна маса | 32  | 48   |

Продовження таблиці 6

| №  | Ознаки порівняння                  | Прості речовини     |                              |
|----|------------------------------------|---------------------|------------------------------|
|    |                                    | Кисень              | Озон                         |
| 5  | Агрегатний стан за нормальних умов | газоподібний        | газоподібний                 |
| 6  | Відносна густина за повітрям       | 1,1                 | 1,65                         |
| 7  | Запах                              | без запаху          | запах свіжості               |
| 8  | Колір за нормальних умов           | безбарвний          | блакитний                    |
| 9  | Розчинність у воді                 | розчиняється погано | розчиняється краще за кисень |
| 10 | Хімічна активність                 | висока              | дуже висока                  |

Вища, аніж у кисню, хімічна активність озону проявляється в тому, що деякі речовини (наприклад фосфор, етанол) в озоні самозаймаються, каучук з еластичного стає крихким, кольорові барвники знебарвлюються. Причиною є те, що молекули озону нестійкі й легко розкладаються:



Однак спочатку з однієї молекули озону утворюється одна молекула кисню, у якій усі електрони спарені, та атом Оксигену, що має два неспарених електрони на зовнішньому енергетичному рівні. Атом Оксигену енергійніше реагує з речовинами, аніж молекула кисню.

Як бачимо, незважаючи на те, що кисень та озон утворені атомами одного й того самого хімічного елемента — це різні речовини.

*Наявність в Оксигену алотропних модифікацій — кисню й озону — зумовлена різним кількісним складом молекул.*

Кисень — досить поширена в природі речовина. Достатньо пригадати, що повітря на 1/5 складається з нього. Ця алотропна модифікація Оксигену відіграє важливу роль у процесах дихання, горіння, обміну речовин та енергії, виробництві металів тощо.

Порівняно з киснем озону в природі значно менше. Невеликі його порції утворюються в повітрі з кисню під час блискавок, а також у результаті окиснення смоли хвойних дерев. Тому його наявність відчувається в повітрі після грози та під час перебування у хвойному лісі. Медики радять використовувати лікувально-профілактичну дію озону хвойних лісів. Тож похід до соснового лісу, крім естетичного, має ще й оздоровче значення.

**ОЗОНОВИЙ ШАР І ЙОГО ЗНАЧЕННЯ.** У верхніх шарах атмосфери на відстані 20-40 км від поверхні Землі міститься унікальний озоновий шар. Його існування пов'язується з перетворенням кисню на озон під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця.

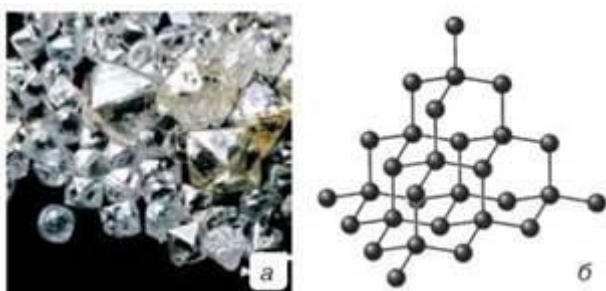
Озоновий шар виконує роль своєрідного фільтру, що затримує ультрафіолетове й електромагнітне випромінювання Сонця, небезпечне для здоров'я людини й усього живого.

Нині на товщину озонного шару негативно впливає господарська діяльність людини. Зважаючи на це, у науці з'явилася гіпотеза про руйнування озонного шару, суть якої полягає в тому, що через викиди в атмосферу шкідливих речовин, зокрема фреону — флуоровмісної органічної сполуки, що міститься в аерозольних упаковках багатьох речовин, охолоджувальних системах холодильників тощо, озоновий шар тоншає. У ньому утворюються так звані озонні дірки й захисна дія шару погіршується.

Виявивши вперше в 1985 р. озонну дірку великих розмірів над Антарктидою, учені забили на сполох. У 1987 р. з метою збереження озонного шару завдяки припиненню виробництва речовин, що його руйнують, був прийнятий Монреальський протокол, до якого приєднався й СРСР. У 1991 р. Україна підтвердила свою правонаступність цьому рішення.

**АЛОТРОПНІ МОДИФІКАЦІЇ КАРБОНУ.** Поширеними природними алотропними модифікаціями Карбону є алмаз (мал. 32, а) і графіт (мал. 33, а). Ці речовини відрізняються між собою не кількісним складом молекул, як у кисню та озону, а будовою кристалів, тобто розміщенням атомів у вузлах кристалічних ґраток.

У кристалі алмазу щодо будь-якого атома Карбону чотири сусідніх атоми розташовані в кутах правильного тетраедра (мал. 32, б), усі зв'язки між атомами у кристалічних ґратках рівноцінні, а відстані однакові. Завдяки такому розташуванню атомів Карбону алмаз має високу твердість, тому його використовують для різання і шліфування скла та металів, буріння гірських порід (алмазні різці, свердла, шліфувальні круги). Алмаз прозорий, безбарвний, не проводить електричного струму, дуже добре заломлює світло. Спеціально оброблені алмази називають діамантами, що високо цінуються в ювелірній справі.

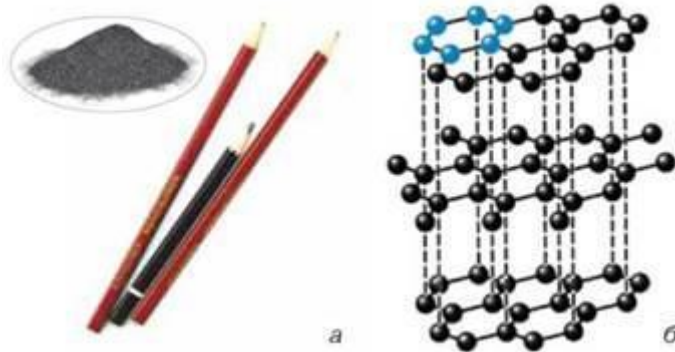


**Мал. 32. Алмаз (а) і модель його кристалічних ґраток (б)**

У природі вільний Карбон трапляється здебільшого у вигляді графіту й дуже рідко — у вигляді окремих кристалів алмазу. Нині налагоджено промислове виробництво синтетичних алмазів. У Києві функціонує Інститут надтвердих матеріалів імені В. М. Бакуля. Учені цього інституту в 1961 р. здійснили синтез штучних алмазів із графіту. Пріоритетними розробками інституту є одержання великих за розмірами монокристалів синтетичних алмазів, шліфувальних порошоків із синтетичних алмазів, надтвердих матеріалів для виготовлення надміцних інструментів, які використовують під час різання та буріння тощо. Інструменти, виготовлені зі штучних алмазів, не поступаються виготовленим із природних алмазів, проте вони набагато дешевші.

Графіт істотно відрізняється за властивостями від алмазу. Він непрозорий, темно-сірого кольору, з металічним блиском, масний на дотик і досить м'який. На відміну від алмазу, графіт проводить електричний струм і тепло тому, що у його кристалічних ґратках між шарами атомів Карбону відсутні міцні зв'язки.

У межах одного шару атоми Карбону об'єднані в шестиатомні кільця (мал. 33, б).



**Мал. 33. Графіт і вироби з нього (а), модель кристалічних ґраток графіту (б)**

Зв'язки в межах одного шару набагато сильніші, ніж з атомами сусіднього шару, до того ж відстань між шарами вдвічі більша порівняно з відстанями між атомами в межах одного шару. Завдяки такій будові кристалічних ґраток графіт легко розщеплюється на лусочки. Це вам добре відомо з власного досвіду, адже за незначного натискання на олівець його графітовий стержень залишає напис на папері. На цій властивості базується змащування рухомих частин машин і механізмів графітом задля зменшення сили тертя між ними.

Завдяки електропровідності графіт використовують у хімічній промисловості як матеріал для електродів, а завдяки теплопровідності — у теплообмінниках.

Сажа, деревне вугілля також утворені атомами Карбону (так званий аморфний вуглець), проте вони не належать до самостійних алотропних модифікацій Карбону, а є дуже дрібними різнозорієнтованими кристаликами графіту.

*Наявність у Карбону алотропних модифікацій — графіту й алмазу — зумовлена різним розташуванням атомів у їхніх кристалічних ґратках.*

Завалівське родовище — поки що єдине з видобутку графіту в Україні. Альтернативними є Балахівське, Петровське (Західно-Інгулецьке) та Троїцьке родовища, а також Буртинська група родовищ. Їх запаси дають можливість не тільки підтримувати на потрібному рівні, а й за потреби значно розширити наявну мінерально-сировинну базу, завдяки чому Україна здатна стати одним з найбільших постачальників якісної графітової продукції у світі.

Ще одну алотропну модифікацію Карбону карбін спочатку добули синтетичним способом, а потім виявили в природі у вигляді прожилок і вкраплень у графіті. Атоми Карбону в карбіні сполучені подвійними зв'язками в прямолінійні карбон-карбоніві ланцюги  $=C=C=C=$ , що розташовані паралельно один до одного.

Карбін має напівпровідникові властивості, що посилюються під дією світла. На цій властивості базується його практичне застосування у фотоелементах.

**АЛОТРОПНІ МОДИФІКАЦІЇ ФОСФОРУ.** Серед алотропних модифікацій Фосфору найбільш поширені: білий фосфор  $P_4$  (молекулярна будова кристалічних ґраток), червоний і чорний фосфор (атомна будова кристалічних ґраток). Усі вони — тверді речовини, колір яких зазначений у назві. Змінюючи температуру, одну алотропну модифікацію Фосфору можна за кілька годин перетворити на іншу.

Білий фосфор (мал. 34, а) – м'яка, безбарвна, воскоподібна, люмінесцентна, з часниковим запахом і дуже отруйна речовина, легко окиснюється на повітрі з виділенням світлової енергії, тому світиться в темряві. Через високу хімічну активність білого фосфору його зберігають у воді і, якщо можна, у темряві. Утворюється в результаті інтенсивного охолодження пари червоного фосфору.

Червоний фосфор (мал. 34, б) порівняно з білим стійкіший до нагрівання, без запаху, менш реакційно здатний, неотруйний, не люмінесцентний, не розчиняється у воді та органічних розчинниках, самозаймається на повітрі тільки за температури 240-260 °С.

Його використовують у виробництві сірників (входить до складу бічного покриття сірникової коробки). Якщо кресати головкою сірника по цьому покриттю, фосфор окиснюється наявною в головці сірника речовиною калій хлоратом  $KClO_3$ . Від цього інша речовина головки – сірка – загорається й підпалює дерев'яну частину сірника.

Подібно до графіту, чорний фосфор (мал. 34, в) має металічний блиск, шарувату будову й напівпровідникові властивості. Добувають його з білого фосфору за тривалого нагрівання під високим тиском.



**Мал. 34. Алотропні модифікації Фосфору: а – білий Фосфор; б – червоний фосфор; в – чорний фосфор**

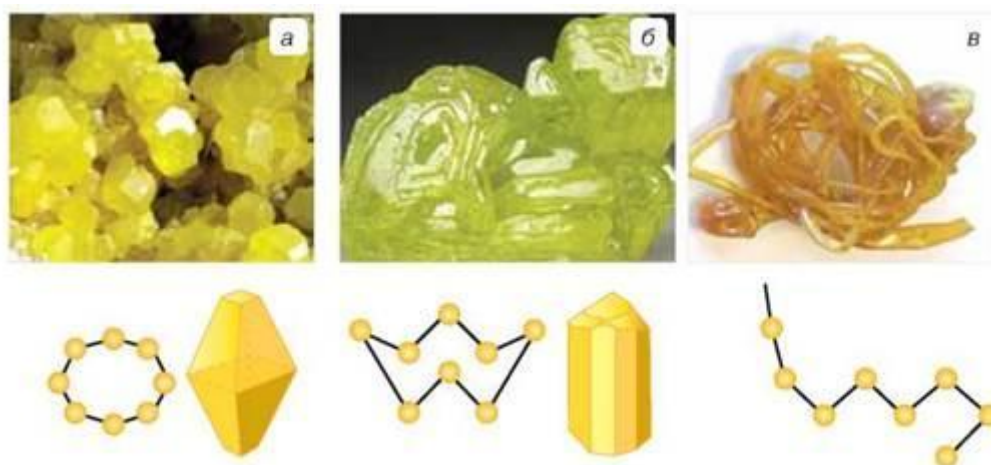
**АЛОТРОПНІ МОДИФІКАЦІЇ СУЛЬФУРУ.** Природною алотропною модифікацією Сульфуру є ромбічна сірка. Це лимонно-жовта, крихка, кристалічна речовина без запаху, нерозчинна у воді (мал. 35). Назва пов'язана з тим, що її кристали мають форму октаедра зі зрізаними кутами (мал. 35, а).

Кожна молекула ромбічної сірки складається з 8 атомів Сульфуру (у рівняннях реакцій послуговуються записом одного атома S).

За температури 119,5 °С ромбічна сірка плавиться й перетворюється на моноклінну сірку – майже білі кристалічні пластинки (мал. 35, б). Ця алотропна модифікація Сульфуру нестійка і вже за температури 95,6 °С знову перетворюється на ромбічну сірку.

Якщо довести ромбічну сірку до кипіння (температура кипіння 444,6 °С) і вилити її в холодну воду, то під впливом різкого перепаду температур вона перетворюється на пластичну сірку (мал. 35, в). Пластична сірка має жовто-коричневий колір, ріжеться

ножем, еластична й витягується в нитки. На повітрі за нормальних умов вона за кілька днів знову стає ромбічною сіркою.



Мал. 35. Алотропні модифікації Сульфуру: а – ромбічна сірка; б – моноклінна сірка; в – пластична сірка