

Тема: Алотропія. Алотропні модифікації речовин неметалічних елементів.

Неметалічні елементи можуть утворювати декілька простих речовин, відрізняючись за складом молекул і будовою.

• **Алотропія** (від грецьк. *allos* — *інший*, *tropos* — *властивість*) — явище утворення хімічним елементом двох або більше простих речовин, різних за властивостями та будовою. Прості речовини одного елемента називають **алотропними модифікаціями**.

Алотропні модифікації властиві Оксигену, Сульфуру, Карбону та Фосфору. Ознайомимося докладніше з простими речовинами кожного з цих елементів.

Алотропні модифікації Оксигену. Оксиген утворює дві прості речовини: кисень та озон. Порівняємо їхній склад і властивості (табл. 5).

Таблиця 5

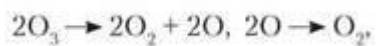
Порівняльна характеристика кисню й озону

Чим зумовлена алотропія	Моделі молекул	Властивості	Поширення в природі
Алотропія Оксигену зумовлена різною кількістю атомів Оксигену в молекулах простих речовин.	Кисень 	Газ, без кольору й запаху, майже нерозчинний у воді. За температури $-219\text{ }^{\circ}\text{C}$ перетворюється на тверду речовину. Температура кипіння становить $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$.	Об'ємна частка кисню в повітрі — 21 %. У незначній кількості розчинний у воді та ґрунтах.
	Озон 	Газ блакитного кольору. Має характерний запах свіжості. Добре розчинний у воді. Зріджений озон має темно-синій, а твердий — майже чорний колір. Температура кипіння становить $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$.	Утворюється в атмосфері під час грози. У хвойних лісах — унаслідок окиснення смолистих речовин цих дерев. На висоті 20–30 км утворює озоновий шар атмосфери.

Кисень під дією високої температури, електричного розряду або ультрафіолетового випромінювання перетворюється на озон, що відображає рівняння:



Реакція оборотна, тобто утворений озон розкладається до кисню й атомарного Оксигену. Оксиген сполучається в молекули кисню. Цей процес відображає рівняння:



або сумарно:



Кисень й озон відрізняються хімічною активністю. Вам уже відомо, що кисень є добрим окисником під час реакцій з металами й деякими неметалами. Однак реакційна здатність озону значно вища завдяки тому, що під час його розпаду утворюється атомарний Оксиген. Це зумовлює samozаймання деяких речовин в озоні, знебарвлення барвників, крихкість каучуків.

Наявність кисню в повітрі забезпечує всі життєві процеси в живих організмах. Завдяки кисню відбувається процес дихання. Однак надмірна його кількість в організмі призводить до пришвидшення обмінних процесів, що спричиняє зношування організму. Кисень застосовують для різання та зварювання металів у суміші з етином (ацетиленом) і як окисник палива в ракетних двигунах. У медицині киснем наповнюють кисневі подушки для хворих, у яких утруднене дихання.

Озон — отруйна речовина, але в малій кількості є добрим антисептиком, тому його застосовують для озонування води й повітря. У суміші з киснем використовують як окисник ракетного палива; для відбілювання тканин.

Озоновий шар захищає Землю від сонячної радіації.

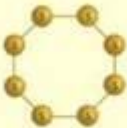
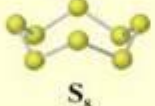
У промисловості кисень добувають зі зрідженого повітря, перегонкою або електролізом води. У лабораторних умовах — розкладом оксигеновмісних речовин, зокрема калій перманганату KMnO_4 , гідроген пероксиду H_2O_2 , калій хлорату KClO_3 , натрієвої NaNO_3 чи калієвої KNO_3 селітр.

Алотропні модифікації Сульфуру. Сульфур — елемент 3 періоду головної підгрупи VI групи. На зовнішньому (третьому) енергетичному рівні його атома міститься 6 електронів. Електронна конфігурація атома — $3s^23p^4$.

Сульфур утворює декілька алотропних модифікацій, зокрема кристалічну та пластичну сірку. Кристалічна сірка має дві форми: ромбічну та моноклінну. Ознайомимося з ними докладніше (табл. 6).

Таблиця 6

Порівняльна характеристика алотропних модифікацій Сульфуру

Чим зумовлена алотропія	Моделі молекул	Властивості
Алотропія Сульфуру зумовлена різною структурою кристалічних ґраток і кількістю атомів у молекулах. Модифікації сірки: Ромбічна  Моноклінна  Пластична 	Ромбічна сірка  S_8	Кристалічна речовина лимонно-жовтого кольору. Трохи важча за воду, густина — $2,07 \text{ г/см}^3$. Тому шматки сірки, на відміну від порошку, занурюються у воду. Плавиться за температури $112,8^\circ\text{C}$, перетворюючись на рухливу рідину.
	Моноклінна сірка  S_8	Утворюється в інтервалі температур $95,4\text{--}119,3^\circ\text{C}$. Кристали мають голчасту форму. Густина — $1,96 \text{ г/см}^3$, тобто теж важча за воду.
	Пластична сірка  S_n	За подальшого нагрівання кристалічна сірка кипить. Якщо таку сірку вилити в холодну воду, вона перетворюється на пластичну. Це довгі ланцюги, які легко розтягуються (рис. 34, с. 80). Густина — $2,046 \text{ г/см}^3$. Пластична сірка з часом перетворюється на ромбічну.

Сірка набула широкого застосування в різних галузях виробництва. Зокрема в промисловості органічного синтезу — для вулканізації каучуку, у виробництві сірників, отрутохімікатів, які використовують у боротьбі з хворобами та шкідниками рослин (бавовнику, виноградної лози). Її застосовують як антисептик у фармацевтичній промисловості для виробництва мазей (наприклад, сірчаної мазі для лікування захворювань шкіри). У хімічній промисловості — для виробництва сульфатної кислоти та її солей.

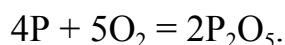


Рис. 34. Процес перетворення кристалічної сірки на пластичну

Алотропні модифікації Фосфору. Фосфор — елемент 3 періоду, головної підгрупи V групи. Тому зовнішній (третій) енергетичний рівень його атома має електронну конфігурацію $3s^23p^3$.

За звичайних умов фосфор є твердою речовиною, пара якої містить молекули P_4 . У природі у вільному стані не трапляється.

Фосфор утворює три алотропні модифікації: білий, червоний та чорний (табл. 7). Як і всі неметали, реагує з киснем. Білий фосфор — активніше, і вже за температури $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ загоряється в повітрі. Менш активний червоний фосфор горить у надлишку кисню, якщо його підпалити. Рівняння реакції:

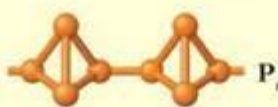
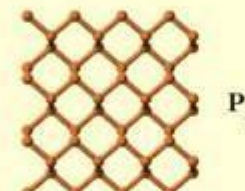


Таблиця 7

Порівняльна характеристика алотропних модифікацій Фосфору

Чим зумовлена алотропія	Моделі молекул	Властивості
Алотропія Фосфору зумовлена різною структурою кристалічних ґраток.	Білий фосфор  P_4 Кристалічні ґратки — молекулярні.	Воскоподібна речовина, з характерним часниковим запахом. Нерозчинний у воді, але добре розчиняється в бензині, сірковуглесті й амоніаку. У темряві світиться. Леткий та легкоплавкий. Температура плавлення становить $44\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура займання — $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Густина — $1,8\text{ г/см}^3$. Дуже отруйний.

Продовження табл. 7

Модифікації Фосфору: Білий  Червоний  Чорний 	Червоний фосфор  Кристалічні ґратки — <i>атомні.</i>	Порошок червоного кольору, без запаху, нерозчинний у воді й органічних розчинниках. Нелеткий. Густина — 2,3 г/см ³ . Температура займання — майже 260 °С. У разі інтенсивного нагрівання перетворюється на білий фосфор.
	Чорний фосфор  Кристалічні ґратки — <i>атомні.</i>	За температури 200 °С та тиску 1,2 ГПа білий фосфор перетворюється на чорний. Ця модифікація за будовою кристалічної ґратки подібна до графіту. Є найбільш стабільною та активною формою. Кристали чорного кольору з металічним блиском, ромбічної форми. Розміщуються шарами. Характеризується м'якістю, жирний на дотик. Не має запаху, нерозчинний у воді й органічних розчинниках. Температура займання — 490 °С. Плавиться за температури 1000 °С. Неотруйний, малоактивний, напівпровідник.

Алотропні модифікації Карбону. Карбон — елемент 2 періоду головної підгрупи IV групи. Тому зовнішній (другий) енергетичний рівень його атома має електронну конфігурацію $2s^2 2p^2$. Завдяки особливій будові атомів Карбону він існує у вигляді декількох алотропних модифікацій — як природних, так і штучно добутих.

У курсі хімії 8 класу ви вивчили кристалічну будову та фізичні властивості однієї з алотропних модифікацій Карбону — алмазу. Алмаз і графіт — це

природні модифікації Карбону, кристалічні структури яких різко відрізняються. Крім них, відомі карбін і фулурен. Пригадаємо деякі властивості алмазу та графіту.

Алмаз (від грецьк. *adamas* — твердий) — природна модифікація з атомними кристалічними ґратками, найтвердіший серед інших речовин. Це безбарвні прозорі кристали, які не змочуються водою. Дуже тугоплавкий, з температурою плавлення 4000 °С. Не проводить електричного струму, але добре проводить тепло. Якщо діяти на алмаз рентгенівським чи ультрафіолетовим промінням, то він світиться блакитним або жовтим світлом. Характерною властивістю алмазу є здатність добре заломлювати світло, розкладаючи його на цілий спектр кольорів. Завдяки цьому алмази застосовують у ювелірній справі. Алмази не розчиняються ні в кислотах, ні в інших сильних розчинниках.

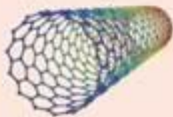
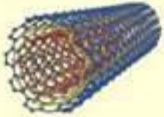
Графіт (від грецьк. *grapho* — пишу) — речовина сірого або чорного кольору, з металічним блиском, непрозора, жирна на дотик. Належить до тугоплавких сполук, з температурою плавлення 3800 °С. Порівнюючи з алмазом, графіт м'який, добре проводить електричний струм і теплоту.

Алмаз і графіт можуть взаємоперетворюватися. За нагрівання алмазу до температури понад 1000 °С без доступу повітря він перетворюється на графіт. За вищих температур (1200-1600 °С) і наявності каталізатора графіт перетворюється на алмаз. Цю властивість узято за основу виготовлення штучних алмазів.

З іншими алотропними модифікаціями Карбону ознайомимося за табл. 8.

Таблиця 8

Алотропні модифікації Карбону

Чим зумовлена алотропія	Моделі молекул	Склад молекул і властивості
Алотропія Карбону зумовлена різною кількістю його атомів у молекулах простих речовин.	Карбін  Полікумулен 	Лінійні полімери Карбону. Карбін — дрібно-кристалічний порошок чорного кольору. За властивостями подібний до графіту. У молекулі карбіну між атомами Карбону наявні одинарні й подвійні зв'язки. Добуто каталітичним окисненням етену. У полікумулену — тільки подвійні зв'язки. Це біла тверда речовина, напівпровідник, який застосовують у фотоелементах.
Алотропія Карбону зумовлена молекулярною кристалічною будовою.	Фулерени 	Тверді кристалічні речовини, сферичної форми. Молекули містять 20, 24, 28, ... , 60, 70, 200 атомів Карбону. Найстійкішою модифікацією є C_{60} . Це сильний антиоксидант. Виявляє надпровідні властивості.
Алотропія Карбону зумовлена атомною кристалічною будовою.	Графен 	Модифікація, утворена шаром Карбону завтовшки лише один атом. Найтонший та найміцніший матеріал, надлегкий, з високою тепло- й електропровідністю. У 200 разів міцніший за сталь. Може витримувати навантаження 5 т і більше без руйнування. Не створює загрози довкіллю, оскільки розкладається бактеріями.
Вуглецеві нанотрубки — одношарові	Вуглецеві нанотрубки — багатошарові  	Циліндричні структури діаметром від одного до кількох десятків нанометрів, завдовжки декілька мікрон. Це згорнуті в трубку графітові площини, мають каркасну структуру. Бувають одно- й багатошарові.



Розалінд Елсі Франклін (1920-1958) — британська вчена-біофізик і кристалограф. Створила підґрунтя для висунення гіпотези про структуру подвійної спіралі молекули ДНК, що в 1953 р. задекларували американські вчені Дж. Ватсон і Ф. Крік.

Керуючись бажанням зробити свій внесок у перемогу в Другій світовій війні, із серпня 1942 р. працювала в Британській дослідницькій асоціації з використання вугілля й вивчала його пористу структуру. Її робота сприяла зародженню ідеї про високоміцне вуглецеве, або графітове, волокно — штучне волокно, що складається з вуглецю й має графітову структуру, тобто атоми Карбону розташовані в тонкі довгі графітові волокна. Ця ідея була основою її докторської дисертації «Фізична хімія твердих органічних колоїдів на прикладі вугілля і пов'язаних з ним матеріалів».

Отже, неметалічні елементи Оксиген, Сульфур, Фосфор і Карбон утворюють по декілька простих речовин — алотропних модифікацій, які набули застосування в техніці, медицині, ювелірній справі, металургії, виробництві гуми, очищенні води. У перспективі — широке використання фулеренів, графену, вуглецевих нанотрубок у медицині та лазерній техніці.

ПІДСУМОВУЄМО ВИВЧЕНЕ

- Неметалічні елементи здатні утворювати по декілька простих речовин. Прості речовини одного й того самого елемента називають **алотропними модифікаціями**. Суть явища алотропії полягає в утворенні кількох простих речовин тим самим хімічним елементом.
- Алотропні модифікації утворюють елементи **Оксиген, Сульфур, Карбон і Фосфор**. Алотропія Оксигену зумовлена різною кількістю атомів у молекулах простих речовин, а Сульфору, Фосфору й Карбону — різною структурою кристалічних ґраток.
- Алотропними модифікаціями Оксигену є кисень й озон, які здатні взаємоперетворюватися за певних умов. Це два гази: кисень — без запаху й

кольору; озон — з характерним запахом свіжості, блакитного кольору. Кисень — добрий окисник, однак окисні властивості озону значно більші. Кисень забезпечує життєві процеси, озон — отруйний.

- **Алотропними модифікаціями Сульфуру** є кристалічна та пластична сірка. Кристалічна сірка має дві форми: ромбічну й моноклінну. Ромбічна сірка — речовина лимонно-жовтого кольору, яка за температури 95,4-119,3 °C перетворюється на моноклінну. Ромбічна сірка утворює кристали ромбічної форми, моноклінна — голчасті кристали. За подальшого нагрівання кристалічна сірка кипить і, якщо її вилити в холодну воду, вона перетворюється на пластичну. Це довгі ланцюги, які легко розтягуються.

- **Алотропні модифікації Фосфору:** білий, червоний та чорний фосфор. У білого фосфору кристалічна ґратка молекулярна, у червоного та чорного — атомна. Молекули білого фосфору чотириатомні P_4 , червоного й чорного — мають велику кількість атомів (відображають формулою P_n).

- Усі три модифікації за певних умов взаємоперетворюються одна на одну. Білий фосфор має характерний часниковий запах, отруйний, світиться в темряві, а дві інші модифікації — без запаху, не отруйні, не світяться.

- **Алотропні модифікації Карбону:** алмаз, графіт, карбін, фулерени. Алмазу властива висока твердість і водночас крихкість. На відміну від нього графіт м'який. Алмаз і графіт — тугоплавкі, взаємоперетворюються за певних умов.

- **Карбін і полікумулен** — лінійні полімери Карбону, що відрізняються видами хімічних зв'язків між атомами Карбону. У карбіну — одинарні й потрійні, у полікумулену — тільки подвійні. Це тверді речовини, напівпровідники.

- **Фулерени** — алотропні модифікації Карбону, тверді кристалічні речовини. Молекули містять 20, 24, 28, ... 60, 70, 200 атомів Карбону. Найстійкішою модифікацією є C_{60} , сферичної форми. Це сильний антиоксидант. Проявляє надпровідні властивості.

ЦІКАВО ЗНАТИ

- Міцність та інші унікальні властивості графену матимуть широке застосування в майбутньому. Це створення гнучких та ударостійких екранів телефонів, куленепроникних желетів, легкого й міцного матеріалу для авто-, літако- й ракетобудування. Зокрема, компанія Samsung запатентувала графеновий акумулятор, який забезпечує високу швидкість зарядки та збільшує електричну ємність батарей. Графенові акумулятори використовуватимуть в електромобілях. Немале значення матиме застосування графену в медицині. Уводячи його в

клітини організму, лікарі зможуть спостерігати за організмом ізсередини за допомогою нанобітів. Оскільки виробництво графену дороге, триває пошук способів здешевлення цього унікального матеріалу.

• На думку вчених, відкриття нанотрубок є початком ще однієї технічної революції. Триває активна робота з побудови нанороботів-реплікаторів, які могли б перемагати інфекційні, хронічні й генетичні хвороби організму. Наноробот-реплікатор за індивідуальною програмою керування на молекулярному рівні зможе відшукати збудника хвороби та знешкодити його.



Домашнє завдання:

1. Опрацювати конспект та переглянути відео за посиланням:

<https://www.youtube.com/watch?v=icCqP4BhsOY>

2. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Позначте прості речовини, що є алотропними модифікаціями одного елемента.

А сірка, сульфур(IV) оксид

Б бор, бор оксид

В алмаз, фулерен

Г карбон, карбон(IV) оксид

2. Укажіть модифікацію Карбону, твердішу за сталь.

А фулерен

Б алмаз

В графен

Г графіт

3. Укажіть просту речовину, що світиться в темряві.

А пластикна сірка

Б червоний фосфор

В алмаз

Г білий фосфор

Бережіть себе та близьких!



