

1. Алотропні модифікації Карбону

Хімічний елемент Карбон утворює кілька простих речовин. Для них існує загальна хімічна назва вуглець.

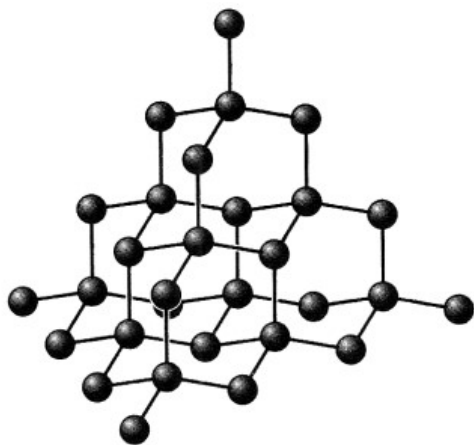
Явище існування хімічного елемента у вигляді двох або кількох простих речовин, різних за властивостями і будовою, називається алотропією, а самі прості речовини – алотропними формами (модифікаціями).

Вуглець утворює декілька алотропних видозмін:

- природні:
 - алмаз
 - графіт
 - фулерен
 - вуглецеві нанотрубки
- штучні:
 - карбін,
 - графен
 - аморфний вуглець у вигляді сажі і деревного вугілля

1.1 Алмаз

Поширеними природними алотропними видозмінами Карбону є **алмаз** і **графіт**. Ці речовини відрізняються між собою розміщенням атомів у вузлах кристалічних ґраток.



Модель атомної кристалічної ґратки алмазу.

В **алмазі** щодо будь-якого атома Карбону чотири сусідніх атоми розташовані в кутах правильного тетраедра. Завдяки такому розташуванню атомів Карбону всі зв'язки рівноцінні (прості ковалентні), а відстані між атомами — однакові.

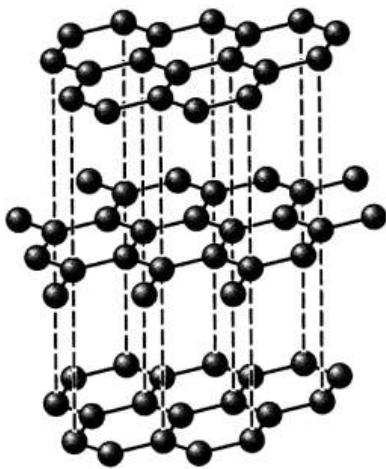
Така будова кристалічної ґратки алмазу забезпечує його високу твердість, він є найтвердішою природною речовиною.

Алмаз прозорий, безбарвний, не проводить електричного струму, дуже добре заломлює світло. Алмази використовують для різання скла, буріння гірських порід (алмазні різці, свердла, шліфувальні круги), для різання і шліфування металів.

Спеціально оброблений алмаз називають діамантом, він високо цінується серед ювелірних прикрас.

1.2 Графіт

У кристалічній ґратці **графіту** атоми Карбону розташовані окремими шарами.



Модель атомної кристалічної ґратки графіту.

Зв'язки між атомами реалізуються лише в шарі, який нагадує бджолиний стільник. Кожний атом Карбону сполучений із трьома іншими атомами простими ковалентними зв'язками за рахунок трьох валентних електронів. Четвертий електрон переходить від одного атома до іншого в шарі. Такі електрони зумовлюють електропровідність графіту.

Завдяки шаруватій будові графіт досить м'який. Коли ми пишемо олівцем, шари атомів легко відокремлюються один від одного і залишаються на папері.

У межах одного шару атоми Карбону об'єднані в шестиатомні кільця. Зв'язки в межах одного шару набагато сильніші, аніж з атомами сусіднього шару, до того ж відстань між шарами майже в 2,5 раза більша порівняно з відстанями між атомами в межах одного шару.

Графіт непрозорий, сірого кольору, з металічним блиском, масний на дотик і досить м'який. На відміну від алмазу він проводить електричний струм і тепло. Як м'яку речовину, графітовий порошок використовують для змащування рухомих частин машин і механізмів, щоб зменшити силу тертя. Завдяки електропровідності його використовують у хімічній промисловості як матеріал для електродів, а завдяки теплопровідності — у теплообмінниках.

Отже, через різну будову кристалічних ґраток алмаз і графіт проявляють відмінні фізичні властивості.

У природі вільний Карбон трапляється здебільшого у вигляді графіту й дуже рідко — у вигляді окремих кристалів алмазу. Нині налагоджено промислове виробництво синтетичних алмазів.

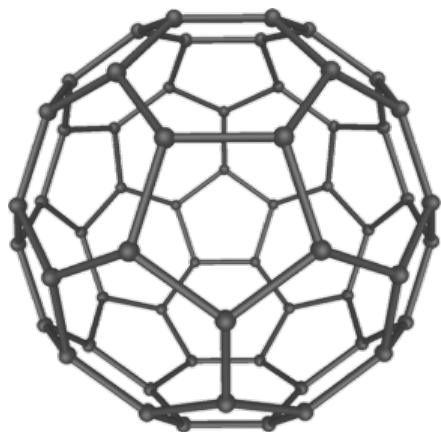
Так званий **аморфний вуглець** (сажа, деревне вугілля) не належить до самостійних алотропних видозмін Карбону, а є дуже дрібними різнозорієнтованими кристаликами графіту.

1.3 Карбін

Ще одну алотропну видозміну Карбону **карбін** спочатку добули синтетичним способом, а потім виявили в природі у вигляді прожилок і вкраплень у графіті. Атоми Карбону в карбіні сполучені в прямолінійні карбон-карбонові ланцюги $=C=C=C=$ або $-C-C-C-$, розташовані паралельно один до одного. Це біла тверда речовина з надзвичайно довгими молекулами.

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

1.4 Фулерени



Модель молекули фулерену

Фулерени або **бакиболи** — одна з кількох алотропних модифікацій Карбону. Відкриті в 1985 Робертом Керлом, Гарольдом Крото й Річардом Сполі, ці невеличкі молекули, що складаються тільки з атомів Карбону. Свою назву фулерени отримали за прізвищем архітектора Бакмінстера

Фулера, котрий сконструював купол і павільйон США на виставці у Монреалі у 1967 році у вигляді сполучених пентагонів та гексагонів.

Першовідкривачі отримали **Нобелівську премію з хімії за 1996 рік**. Найвідоміший фулерен — молекула C_{60} , яка має ідеальну форму футбольного м'яча. Природні фулерени можна знайти в сажі.

Фулерен – п'ята алотропна модифікація вуглецю. Цей термін застосовують до широкого класу сполук із мінімально можливою будовою у 60 атомів вуглецю, що поєднані ковалентним зв'язком у сферичну молекулу, де кожен атом вуглецю поєднаний із трьома іншими, утворюючи п'ятикутники та шестикутники на поверхнях. Найбільша молекула фулерену складається із 560 атомів вуглецю. Найбільш вивченою молекулою фулерену є молекула C_{60} . C_{60} найменший фулерен, що відповідає правилу ізольованого пентагону і тому він є найменшим стійким фулереном.

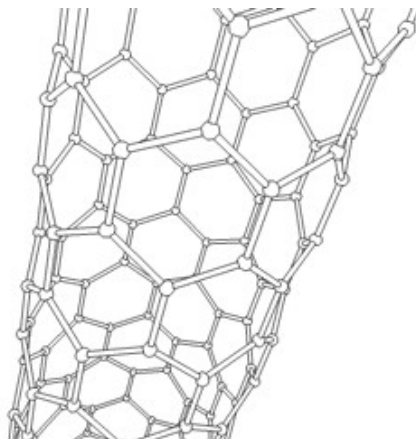
Якийсь час фулерен був доступний лише в кількостях, достатніх для спектральних досліджень, але не хімічних. Одержати фулерен у помітних кількостях вдалося Д.Хаффману і В.Кретчмеру, що провели випарювання графіту за допомогою електричної дуги в атмосфері гелію.

Чотиривалентність вуглецю у формулі фулерена повністю виконується. Правильніше зображувати фулерен у вигляді каркасу з простими короткими зв'язками, що чергуються, але частіше застосовують спрощене зображення, де каркас складається з однарних рисок. Ще одна незвичайна структурна особливість фулерену полягає в тому, що його молекула має внутрішню порожнину, діаметр якої приблизно 0,5 нм. Зовнішній діаметр самої молекули 0,71 нм.

Фулерен – винятково стійка сполука. У кристалічному вигляді він не реагує з киснем повітря, стійкий до дії кислот і лугів, не плавиться до температури 360°C .

1.5 Вуглецеві нанотрубки

Вуглецеві нанотрубки— протяжні циліндричні структури діаметром від одного до декількох десятків нанометрів і завдовжки до декількох мікрон складаються з однієї або декількох згорнутих в трубку гексагональних графітових площин (графенів) і закінчуються зазвичай півсферичною головкою.



НАНОТРУБКИ ВУГЛЕЦЮ виявлені у 1991 р. Бувають одно- і багатошарові. Утворюються при розкладанні вуглецевовмісних газів (CH_4 , C_2H_4 , C_2H_2 , CO , парів C_6H_6 і т.д.) на каталітично активних поверхнях металів (Fe, Co, Ni тощо) при т-рах 300 – 1500 °С. Нанотрубки можуть набувати найрізноманітніших форм – від прямолінійних до скручених волокон (у т.ч. спіралей). Головна особливість цих вуглецевих наноструктур (як і фулеренів) – їх каркасна форма.

Якщо глобально оцінювати застосування нанотрубок, то можна впевнено стверджувати, що ми стали свідками початку ще однієї технічної революції. В наступні десять років будуть створені нанороботи-репліканти, на основі нанотрубок та інших наноматеріалів. Головною метою їх створення є побудова інших роботів та структур із атомарною якістю. Важко досягнути всі можливості такої перспективи. Ми зможемо, наприклад, перемогти практично всі інфекційні, хронічні, генетичні хвороби, досить буде мати індивідуальну програму керування для нанороботів та один наноробот-репліканти. Він розмножить себе до достатньої кількості і згідно програми буде на молекулярному рівні відшукувати збудника хвороби і переробляти його, наприклад, на глікоген.

2.Графен – одна з модифікацій Карбону

Лауреатами **Нобелівської премії 2010 року по фізиці** стали Костянтин Новосьолов і Андрій Гейм (випускники МФТІ, вчені з Манчестерського університету) за відкриття графену. Ця речовина може зробити революцію в індустрії електроніки й дозволить створювати легкі, міцніші від сталі, матеріали та надпотужні високочастотні електронні пристрої. Гейм заявив, що він "бачить паралелі із ситуацією, що склалася близько 100 років тому, коли були відкриті полімери. Пройшов якийсь час і полімери ввійшли в наше життя у вигляді пластмаси та стали відігравати важливу роль у житті людей".

2.1 Загальна характеристика

Графен схожий за своєю будовою на окремий атомний шар у структурі графіту — атоми Карбону утворюють стільникову структуру з міжатомною віддаллю 142 нм. Без опори графен має тенденцію згортатися, але може бути стійким на підкладинці. Більше того, графен був отриманий також без підкладинки у вільному підвішеному стані, розтягнутий на опорах.

Графен — це окремий атомний шар зі структурою графіту

Оскільки з моменту одержання графена пройшло не багато часу, його властивості поки вивчені не дуже добре. Але перші цікаві результати експериментів уже є.

За своїми електронними властивостями графен відрізняється від тривимірного графіту. Його можна охарактеризувати як напівметал, або ж як надпровідник.

Для підвищення провідності у графен додають контрольовані домішки.

Незважаючи на те, що графен моноатомний шар, він не зовсім прозорий, що й дає можливість бачити його.

2.2 Історія відкриття графена

Одного разу Андрій Гейм і Костянтин Новосьолов зібралися в лабораторії, щоб з'ясувати, чи можна отримати одиночний шар графіту, і не просто отримати, а побачити його. Для цього вчені чиркали грифелем по підкладці, приклеювали скотч, акуратно його знімали разом з прилиплими шарами графіту і знову приклеювали на підкладку з оксиду кремнію. Вважається, що саме вибір матеріалу підкладки забезпечив успіх: при роздивлянні в оптичний мікроскоп оксид кремнію за рахунок інтерференції злегка змінює свій колір залежно від того, скільки шарів графіту на ньому знаходиться.

І ось, після того, як смужка з одного-єдиного шару графіту була знайдена, до неї вдалося припаяти електроди й приступити до найголовнішого - вивченню незвичайних електричних властивостей цього матеріалу.

2.3 Властивості графена

Дуже важливі такі властивості графена, як міцність, хімічна стійкість і прозорість. Вимірювання міцності з допомогою голки зондового мікроскопа показали, що з метричного листа можна зробити гамак, здатний витримати вагу кішки. При цьому сам гамак буде важити десяті частки міліграма. Про хімічну стійкість свідчить відсутність змін у властивостях графену при тривалому зберіганні на повітрі. А прозорість довго була перешкодою на шляху до відкриття графену.

Надзвичайно цікаві властивості графенового бішару - двох шарів графена, розділених ізолятором. Прикладаючи до них різні напруги, можна в одному шарі створити електрони, а в іншому - дірки. Якщо товщина прошарку достатньо мала, то електрони з дірками створять пари подібно того, як це роблять електрони в надпровідному стані. Розрахунки показують, що температура подібного переходу в чистому графені наближається до кімнатної. Поки що гаряча надпровідність графена не відкрита, але теоретики надіються на те, що такий незвичайний ефект може існувати в цьому матеріалі.

2.4 Застосування графена

Гейм із співробітниками запропонували так званий балістичний транзистор на базі графену. Графен відкриває перспективи створення транзисторів й інших напівпровідникових приладів з дуже малими габаритами (порядку декількох нанометрів).

Графен можна уявити у вигляді «розгорнутої» вуглецевої нанотрубки. Підвищена мобільність електронів переводить його в розряд найперспективніших матеріалів для наноелектроніки.

Графен у 200 разів міцніший від сталі. Тому його планують використати в різних композитних матеріалах, аби зробити їх міцнішими. Ту ж сталь можна покривати графеном. Досить одного нанометра, щоб металевий лист, завтовшки 1 міліметр, став значно міцнішим.

Потенційні області застосування: заміна кремнію в транзисторах; датчики на основі графену можуть виявляти небезпечні молекули; використання графенової пудри в електричних акумуляторах, з метою збільшення їхньої ефективності; оптоелектроніка; міцніший і легший пластик; герметичні пластикові контейнери, які дозволять тижнями зберігати в них їжу, і вона буде залишатися свіжою; прозоре струмопровідне покриття для сонячних панелей та моніторів; міцніші вітряні двигуни; стійкіші до механічного впливу медичні імпланти; краще спортивне спорядження; суперконденсатори; покращення провідності матеріалів; надпотужні високочастотні електронні пристрої; штучні мембрани для розділення двох рідин у резервуарі; покращення сенсорних дисплеїв; графенові нанострічки дозволять створити балістичні транзистори.

І це лише вершина айсберга можливостей застосування. Графен надає необмежені можливості практично у всіх областях індустрії та виробництва. Та згодом, він імовірно стане для нас звичайним матеріалом, подібно пластику в наші дні.

