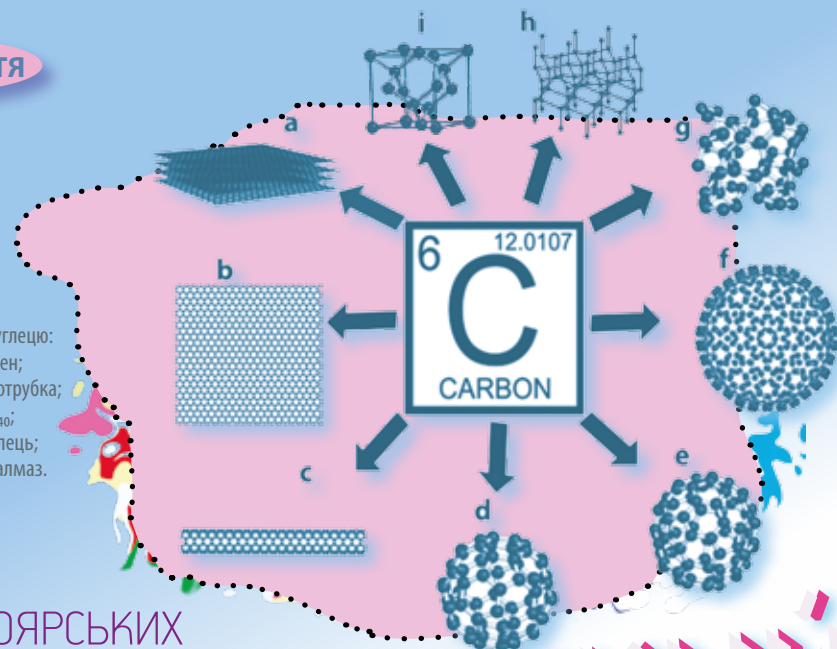


Різні алотропи вуглецю:
 а) графіт; б) графен;
 с) вуглецева нанотрубка;
 d) C_{60} ; e) C_{70} ; f) C_{540} ;
 g) аморфний вуглець;
 h) лондейліт; i) алмаз.



ГАННА БОЯРСЬКИХ

БАГАТОЛИКИЙ

ЧАСТИНА 1

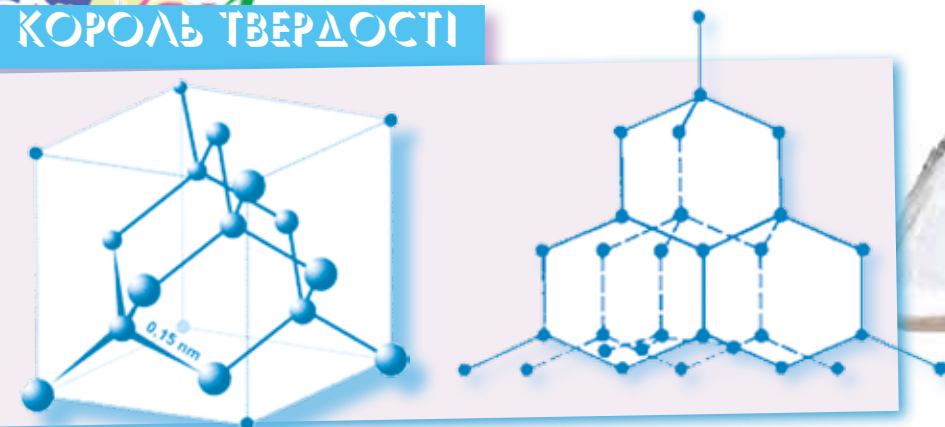
Жоден хімік тобі не скаже, скільки всього сполук можуть утворити елементи, розташовані в таблиці Д. І. Менделєєва. Навіть приблизно. Проте кожен хімік з впевненістю констатує, що більшість сполук, створених природою та синтезованих людиною, в своєму складі мають атоми Карбону (C). У вигляді сполук Карбон утворює так звані органічні речовини, що є основою будь-якого живого організму. Ти, до речі, як органічна істота також є носієм величезної кількості атомів Карбону (приблизно 18–20 % від усієї маси тіла, з яких дві третини зосереджені у м'язах, а решта – переважно кісткова тканина). Крем і шампунь, фарба і пластмаса, жири і білки, поліестер і бавовна, олія і цукор, клітковина рослин і м'язова тканина тварин – усі ці та багато інших сполук і виробів містять у своєму складі атоми Карбону. Проте сьогодні мова піде не про складні речовини¹, утворені цим „всюдисущим” елементом, а про його **алотропні модифікації**.

¹Складні речовини – речовини, що складаються з атомів різного типу. Наприклад, H_2 – молекула водню – є простою речовиною, бо складається з двох однакових атомів Гідрогену, тобто з двох атомів одного типу. H_2O – складна речовина, бо містить у своєму складі вже два різні елементи: Гідроген (H) та Оксиген (O).

НІБИ З ОДНОГО ТІСТА, ПРОТЕ РІЗНІ

Під **алотропією** розуміють можливість існування одного й того ж хімічного елемента у вигляді двох або декількох простих речовин (алотропних модифікацій), різних за будовою і формою. Наприклад, відомими алотропними модифікаціями Оксигену (O) є кисень (O_2) та озон (O_3); Фосфору (P) – червоний, білий та чорний фосфор (основні з одинадцяти відомих); Сульфуру (S) – ромбічна, моноклінна та пластична сірка та ін. Але рекордсменом за кількістю відомих алотропних модифікацій є Карбон. Їхню точну кількість вказати складно через різноманітність зв'язків атомів Карбону між собою. Основних алотропних форм Карбону є три: алмаз, графіт та карбін.

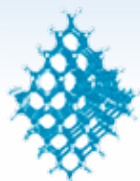
КОРОЛЬ ТВЕРДОСТІ



Алмаз (від грец. „ἀδάμας” – незламний, непохитний, твердий) – кристалічна речовина, тугоплавка, хімічно малоактивна, має дуже сильну променезаломлюваність, напівпровідник. Кристали алмазу найчастіше безбарвні або мають жовтий, коричневий, рожево-бузковий, зелений, блакитний та чорний колір. Розплавити алмаз можна лише за температури 3 700–4 000 °C і тиску 11 ГПа, а за температури 850–1 000 °C на повітрі він згорить з утворенням вуглекислого газу. Теплопровідність алмазу вища навіть за теплопровідність міді та срібла. На цій фізичній властивості заснований один зі способів визначення справжності мінералу: якщо подихати на алмаз, він не має пітніти.

Алмаз є дорогоцінним каменем. Він може бути як природним, так і синтетичним. 2001 року засновано американську фірму „LifeGem”, негласним девізом якої є: „Не заривай свій діамант”²

²Діамант – огранований алмаз.



у землю". Ця компанія надає досить специфічну послугу. Щоб зрозуміти її суть, треба пригадати, що в організмі людей і тварин є Карбон. Компанія „LifeGem” пропонує використовувати Карбон, який виділяють з попелу після кремації померлої людини чи тварини, для виготовлення діамантів. Виділені атоми Карбону поміщають в алмазний прес, який імітує надпотужні природні процеси, за яких утворюються природні алмази: високі тиск і температуру. За таких умов алмаз, який у природі формується не одну тисячу років, можна виготовити протягом лише декількох місяців. Отримані кристали обробляють, перетворюючи їх на діаманти, які згодом яскраво виблискуватимуть у різноманітних ювелірних виробках.

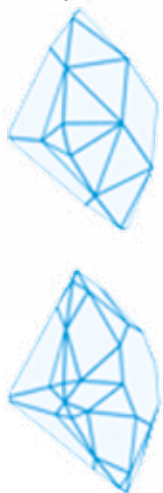
Алмаз має найвищу твердість серед мінералів, проте він крихкий. Серед простих речовин він має максимальну кількість атомів на одиницю об'єму – атоми Карбону „упаковані” в алмазі дуже щільно. Твердість алмазу зумовлена його атомною кристалічною ґраткою, в якій атоми Карбону дуже міцно пов'язані один з одним в різних напрямках.

Про високу твердість алмазу знали ще стародавні китайці, які використовували його для полірування церемоніальних сокир, виготовлених з корунду (м'якшого за алмаз мінералу). Сьогодні майже 80 % добутих алмазів застосовують для технічних цілей: свердління твердих порід, виробництва різців, свердел, склорізів, ножів. Алмазний порошок використовують як абразив³ для виготовлення шлі-

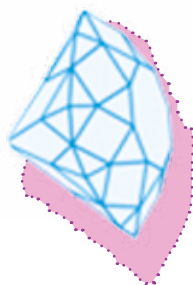
0.02 Ct.
1.7 mm

0.33 Ct.
4.4 mm

1.75 Ct.
7.7 mm



„Велика зірка Африки”



³Абразив (від лат. „abrasion” – зскрібання) – природні та штучні речовини високої твердості, які використовують для шліфування, різання, виготовлення високовогнетривких матеріалів та нагрівачів.

фувальних, ріжучих і точильних дисків. Для таких цілей зазвичай беруть технічні алмази, тобто ті, що мають домішки. Чисті алмази шліфують і отримують з них діаманти.

Що більше гранувань у готовому кристалі, то краще він „виграє” на світлі. Маса діамантів вимірюється у каратах (1 карат = 0,2 г). Найбільший зі знайдених алмазів мав назву „Куллінан” і важив 3106,75 карата. Проте через наявність тріщин його розкололи і перетворили на 9 великих та 96 дрібних діамантів, найбільшим і найвідомішим з яких є „Велика зірка Африки”.

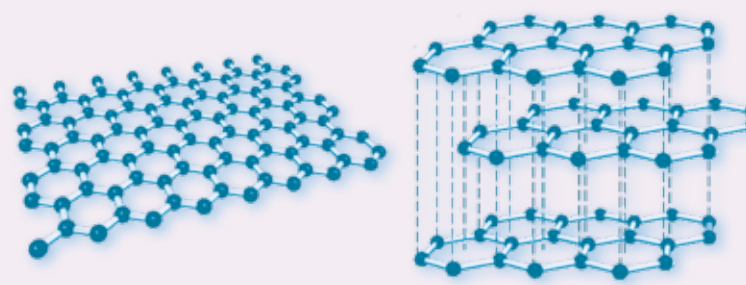
1967 року в метеоритних залишках у кратері Беррінджера (штат Аризона, США) знайшли мінерал **лонсдейліт**. Учені припустили, що він утворюється в момент зіткнення метеорита з поверхнею Землі з графіту, що міститься в складі цього метеорита. У той час з'явився міф, що цей твердий прозорий коричнево-жовтий, сіруватий або чорний мінерал в 1,5 раза твердіший за алмаз. Але науково доведено, що речовини, твердішої за алмаз, немає. Деякий час лонсдейліт вважали черговою алотропною модифікацією Карбону, проте в 2014 році Міжнародна група кристалографів з'ясувала, що лонсдейліт – це просто дуже деформований алмаз.

0.25 Ct.
4.1 mm

1.50 Ct.
7.3 mm

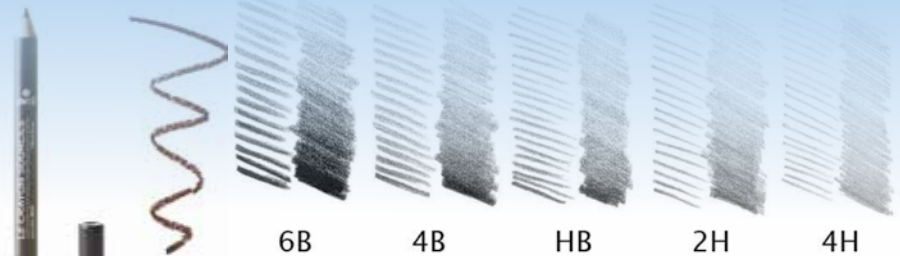
4.00 Ct.
10.4 mm

ПРАДАВНІЙ ОЛІВЕЦЬ



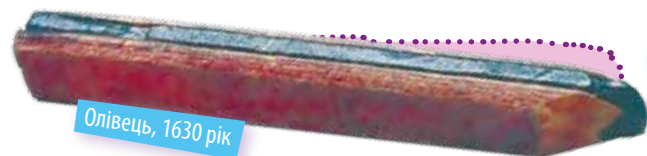
Алмаз має й інших „братів”. **Графіт** – кристалічна речовина, масна на дотик, сірого або чорного кольору з металічним блиском. М'які лусочки графіту є найближчими родичами алмазу, бо так само складаються з атомів Карбону. Незважаючи на це, алмаз має найбільшу твердість – 10 за шкалою Мооса⁴, а графіт – найменшу – 1. Цю відмінність можна пояснити шаруватою структурою графіту.

⁴Шкала Мооса – мінералогічна шкала твердості. Набір еталонних мінералів для визначення відносної твердості шляхом дряпання. За еталони прийнято 10 мінералів, розташованих у порядку підвищення твердості. Визначивши твердість будь-якого матеріалу за шкалою Мооса, майстри можуть обрати спосіб їхньої обробки.



Тому графіт так просто розшаровується навіть від тертя об звичайний папір і залишає на ньому слід. Цю властивість графіту люди використовували ще здавна, розмальовуючи глиняний посуд та стіни скель. Графіт (від грец. „урафо” – пишу) як стрижень олівців почали використовувати ще у XVI столітті. Фламандські та голландські художники затискали м'яку графітову паличку між шматочками дерева або гілочками, загортали в папір чи обмотували шворкою і малювали. Війна з Англією унеможливила ввезення графіту до Франції, тому 1795 року французький механік та живописець Ніколя Жак Конте винайшов спосіб виготовлення олівців із штучним графітом, аналогами яких ми користуємося і понині. Саме такими олівцями малювали свого часу Жак-Луї Давид, Жан Огюст Домінік Енгр, Ежен Делакруа, Жан Батист Каміль Коро, Едґар Деґа. Нині в світі щорічно випускається понад 14 мільярдів олівців. Із них можна скласти ланцюжок, що обігне нашу планету 62 рази! До речі, в сучасних олівцях графітовий стрижень „одягнений” в шестикутний дерев'яний „смокінг”. І не спроста: олівці круглих перерізів частіше скочуються з поверхонь і падають, що провокує розсіпання стрижню.

Попри м'якість та крихкість, графіт стійкий хімічно, тугоплавкий ($T_{пл} = 3\,800\,^{\circ}\text{C}$) та електропровідний (на відміну від алмазу), тому з нього виготовляють тугоплавкі тиглі, синтетичні алмази, електроди, труби теплообмінників. Також він виконує роль уповільнювача нейтронів у ядерних реакторах. А ще штучний подрібнений графіт дає можливість суттєво змінити властивості м'якого та слабкого заліза, перетворивши його на чавун або крицю.



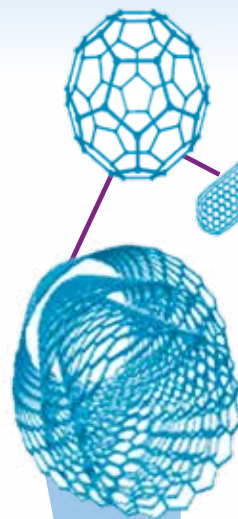
Олівець, 1630 рік



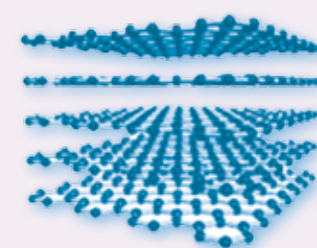
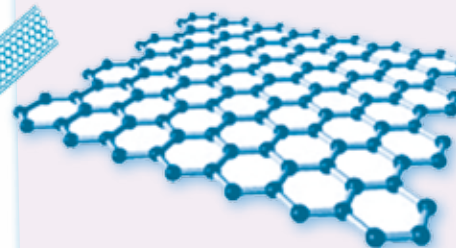
6



Автопортрет Рембрандта, 1639 рік



МАЛИЙ ЗЛОТНИК. ПРОТЕ ДОРОГИЙ



Якщо графітовий стрижень, який є в олівцях, розділити на шари завтовшки один атом, можна отримати найміцніший і водночас найтонший матеріал на нашій планеті – графен. Молекула графену складається з шести атомів Карбону, що, поєднуючись між собою, утворюють структуру, схожу на комірку бджолиних стільників або на комірку сітки-рабиці, які мають шість сторін. Форму графену, яку можна було б досліджувати, відкрили в 2004 році вчені А. К. Гейм та К. С. Новосьолов, а вже в 2010 році ці дослідники отримали Нобелівську премію з фізики за передові досліді зі своїм дітищем.

Графен з моменту його появи став об'єктом пильної уваги окремої галузі наук – нанотехнології. Перспективи нанотехнології грандіозні. Префікс нано- в назві цієї дисципліни вказує на те, що вона займається матеріалами, габаритні характеристики яких можна порівняти лише з розмірами атомів і молекул (нанометр – одна мільярдна частина метра). Графен, як тоненька наносерветка, може згинатися, складатися, згортатися в рулон, проте, на відміну від серветки, його не так просто розірвати. Лист графену площею 1 м^2 (і завтовшки один атом!) здатний утримувати предмет масою 4 кг! А всього декількох грамів цього двовимірного кристалу вистачить, щоб вкрити його тонесеньким шаром футбольне поле. Усі ці факти свідчать про те, що моношар графіту (графен) можна буде використовувати для виробництва тоненьких „мотузочок”, які за міцністю будуть аналогічні товстезній сталевій лінві.



7



Крім того, графен не забруднює навколишнє середовище, має водонепроникні властивості, дуже легко відновлюється після ушкоджень, у двісті разів міцніший за сталь і б'є всі рекорди за тепло- і електропровідністю, бо він у сто разів більш електропровідний, ніж кремній та інші матеріали фотоелементів сучасних сонячних батарей. Саме тому в майбутньому графен можуть застосувати для створення гнучкої електроніки (наприклад, гнучких дисплеїв); виготовлення прозорого струмопровідного покриття для моніторів; розробки більш міцних та стійких до механічних впливів повітряних двигунів, транзисторів. Перевага схем з графеновими транзисторами полягає в тому, що вони значно менші та легші, довше та швидше працюють, перешкоджаючи підвищенню температури на молекулярному рівні, ніж класичні кремнієві.

Також графен вирішує проблеми дуже перспективного екологічного виду транспорту – електромобілів. Річ у тім, що електромобілі дуже довго заряджаються, проте цього заряду вистачає лише приблизно на 300 км. Із цими обмеженнями легко справляється майже на 80 % дешевший, ніж літій-іонний, графен-полімерний акумулятор, який скорочує час зарядки електромобіля до 8 хвилин і забезпечує майже 1 000-кілометрову автономну прогулянку. До речі, графенові батареї в мобільних пристроях в майбутньому дозволять заряджати смартфон усього за 5 секунд ☺. А додавання графену до матеріалу, з якого виготовлений корпус літака чи автомобіля, зробить корпус транспортного засобу більш легким і міцним. Моношар графіту в майбутньому може замінити кевлар і сталь у виробництві бронежилетів. Проте на цьому дивовижні властивості графену не закінчуються.

Плівка, яка складається з оксиду графену, є чудовим фільтром для води. Вона пропускає молекули води крізь себе, а інші молекули – затримує. Ця властивість сполук графену може бути використана для виготовлення дешевого, енергоощадного, екологічного

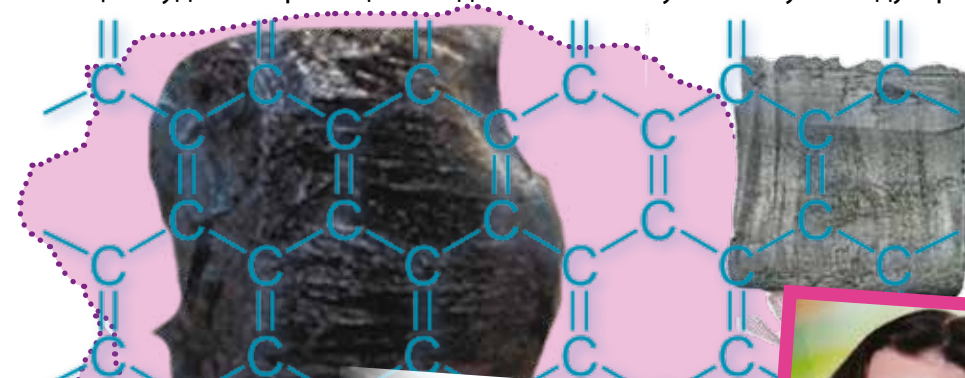
Зовнішній акумулятор з графена, який дозволяє в будь-який потрібний момент заряджати мобільні гаджети. На відміну від літійового, графеновий акумулятор заряджається всього за 5 хвилин.



опріснювача води. Також ця диво-сполука може видаляти з води радіоактивні речовини. Хіміки Джеймс Тур та Степан Калмиков з'ясували, що пластівці оксиду графену швидко зв'язують природні й техногенні радіоактивні частинки, утворюючи твердий конденсат, який досить легко видаляється з води. І цей процес протікає значно швидше за традиційні засоби очищення (глини і гранульованого активованого вугілля). Аналогічним способом можна очистити підземні води, що забруднюються через видобуток нафти, газу та рідкоземельних металів. До речі, деякі оксиди графену настільки легкі, що пелюстки квітки утримують їх, не зминаючись. І цей факт зовсім не заважає їм стояти на одному з верхніх щаблів твердості матеріалів.

Оксид графену здатний відновлювати кісткову тканину. Графенові лусочки оксиду прискорюють розмноження стовбурових клітин і регенерацію клітин кісткової тканини. Якщо чарівний оксид успішно пройде тестування на токсичність, то дуже скоро ти почувеш про нові революційні способи лікування переломів кісток.

Потенційні можливості графену та його оксиду повністю не вивчені, проте зрозуміло, що вищезазначене – лише вершина айсберга. Цей чудо-матеріал ще знайде себе майже у всіх галузях індустрії.



Боярських Ганна Павлівна,
учитель хімії
Тернівської ЗОШ І–ІІІ ст. № 6
Дніпропетровської області,
переможець ІІ Всеукраїнського
Інтернет-конкурсу „УЧИТЕЛЬ РОКУ–2017”
за версією науково-популярного
природничого журналу „КОЛОСОК”
у номінації „ХІМІЯ”

