



І. В. Коваленко, В. І. Лисін, Н. Є. Власенко, О. О. Андрійко

Нанохімія

Табл. 05 Класифікація наноматеріалів

Характеристики об'єкта	Кількість атомів/молекул менше 100 нм	Кількість атомів/молекул більше 100 нм	Приклади
Хімічні елементи, сплави, полімери, наночастинки, наноплівки, нанопроводи, нанопроволоки, нанопористі матеріали	3-вимірний об'єкт	2-вимірний об'єкт	Функціональні матеріали, наночастинки, нанопроводи, нанопористі матеріали
Полімери, наночастинки, наноплівки, нанопроводи, нанопроволоки, нанопористі матеріали	2-вимірний об'єкт	1-вимірний об'єкт	Нанотрубки, нанопористі матеріали, нанопроводи, нанопроволоки
Тільки один розмір (товщина менше 100 нм, діаметр менше 100 нм, ширина менше 100 нм)	1-вимірний об'єкт	2-вимірний об'єкт	Нанопроводи, нанопроволоки
Хімічні елементи, сплави, полімери, наночастинки, наноплівки, нанопроводи, нанопроволоки, нанопористі матеріали	0-вимірний об'єкт	3-вимірний об'єкт	Загальні матеріали

НАНОХІМІЯ (від нано... та хімія). Термін «Н.», запропонований у серед. 1990-х рр., означає, що при переході від атомно-молекуляр. до надмолекуляр. рівня структур організації речовини в неї з'являються особливі фіз.-хім. властивості. Предметом Н. є фіз.-хім. дослідж. наносистем. Стрімкий розвиток прецизій. техніки, зокрема сканувал. мікроскопів (див. Нанотехнології), дозволив вивчати речовини на рівні окремих атомів та молекул. При цьому виявилось, що одна й та ж речовина може суттєво змінювати свої хім. властивості та реакційну здатність залежно від кількості атомів у досліджуваному зразку і його розміру. Першим звернув на це увагу англ. фізико-хімік М. Фарадей, який зміг одержати колоїдну суспензію частинок золота. На відміну від свого компакт. стану одержаний зразок був фіолет. кольору. Кількість атомів у частинці навіть назвали «третьою координатою» таблиці Д. Менделєєва (поряд із групою та періодом). Саме перші досліді з одержання наноскопіч. частинок призвели до збільшеної зацікавленості до Н. в наук. колах. Виявилось, що частинки нанометр. розмірів мають підвищену хім. активність і реакції за їх участі протікають значно активніше. Ця властивість наночастинок спонукала до створення нових ефектив. каталізаторів. Нині вчені вміють одержувати наноструктури практично всіх хім. елементів. В остан. час стало відомо, що наночастинки срібла набагато краще вбивають бактерії, ніж срібло в компакт. стані, що робить їх корисними для очищення води й боротьби з інфекціями. Частинки металів розміром менше 10 нм, які називають кластерами, мають високу хім. активність і здатні вступати в реакції з ін. речовинами практично без будь-якої додатк. енергії. Властивості наносистем настільки відрізняються від властивостей макроскопіч. кількостей тих самих речовин, що їх вивчає окремий наук. напрям – фізико-хімія наносистем, або Н.

У 1-й пол. 20 ст. найбільший внесок у розвиток Н. зробили фахівці, які вивчали колоїди, а в 2-й пол. – полімери, білки, природні сполуки, фулерени й нанотрубки. Активно розвиваючись в останні десятиріччя, Н. досліджує властивості різних наноструктур, а також

розробляє нові методи їх одержання, вивчення та модифікації. Однією із пріоритет. задач Н. є встановлення зв'язку між розміром наночастинки та її властивостями. Для пром. одержання наночастинок існує багато способів: біохім., радіац.-хім., фотохім., електро-вибух., мікроемulsion., детонац., конденсац., вакуумне випаровування тощо. У науці існує чимало спроб класифікувати об'єкти Н. Прикладами наносистем можуть бути багатоатомні кластери й молекули, нанокраплі та нанокристали. Такий підхід дозволяє розглядати одиничні атоми як нижню межу Н., а верхня границя – це така кількість атомів в об'єкті, подальше збільшення якої призводить до втрати специф. властивостей наночастинки – вони стають аналогічними властивостям компакт. речовини. Кількість атомів, що визначають верхню межу, індивідуальна для кожної речовини. За геом. ознакою нано-об'єкти можна класифікувати з різних точок зору. З одного боку, характеризують вимірність об'єкта кількістю вимірів, в яких об'єкт має макроскопічні розміри, з іншого – беруть за основу кількість наноскопіч. вимірів. Інтегрування обох підходів наведено в Табл.

Класифікація нанооб'єктів за їх вимірністю важлива не лише з формал. точки зору. Геометрія суттєво впливає на їхні фіз.-хім. властивості. Залежно від речовини, форми кластерів і типу зв'язку між атомами існує велика різноманітність нанооб'єктів: фулерени (одержали свою назву на честь амер. інж.-винахідника Р.-Б. Фуллера, який придумав подібні структури для використання в арх-рі; їх широко застосовують для створення нових мастил і антифрикц. покриттів, нових типів палива, алмазоподіб. сполук надвисокої твердості, датчиків та фарб), нанотрубки (1991 япон. проф. Суміо Іїдзіма виявив довгі вуглецеві циліндри, що одержали цю назву; унікал. властивості нанотрубок дозволяють використовувати їх у біотехнології створення штуч. м'язів, як мікроскопічні контейнери для зберігання і транспортування хімічно або біологічно актив. речовин – білків, отруй. газів, компонентів палива і навіть розплавлених металів, створювати на їх основі ефективні носії каталізаторів для різних процесів, надлегкі й надміцні композиц. матеріали; перспективним є застосування нанотрубок при створенні нових біотехнологій при лікуванні захворювань тощо), іонні кластери (знаходять застосування в створенні фотоплівок високої чутливості, молекуляр. фотодетекторів, різних ділянок мікроелектроніки та електрооптики), алмазоїди (одним із осн. сучас. застосувань наноалмазів є полірування електрон. та оптич. матеріалів для електроніки, радіотехніки, оптики, медицини, машинобудування, ювелір. промисловості; їх застосування суттєво покращує якість мікроабразив. і полірувал. засобів, мастил. матеріалів, полімер. композитів, гуми, каучуків, систем магніт. запису; введення наноалмазів в полімери, гуму й пластмаси підвищує їхню міцність та зносостійкість; алмазоїд є першим у списку матеріалів, з яких у перспективі можуть бути виготовлені мед. наноінструменти і нанороботи) тощо.

Одним із гол. практ. застосувань Н. є виробництво різних наноматеріалів шляхом розроблення й упровадження нанотехнологій. Завдяки специф. властивостям наночастинок такі матеріали часто перевищують звичайні крупнокристалічні за багатьма

параметрами. Напр., міцність металу, одержаного методами нанотехнології, перевищує міцність звичайного в 1,5–2, а в деяких випадках і в 3 рази. Твердість його більша в 50–70, а корозійна стійкість – у 10–12 разів. Різноманітність наноматеріалів з унікал. властивостями дуже широка: це і надлегкі, надміцні нанопокриття для будь-чого – від літаків до різал. інструментів, і тканини, що самоочищуються, і матеріал, що захищає людину від шкідл. впливу радіовипромінювання. Окрім покращення властивостей звичай. пром. матеріалів, розвиток Н. спонукає до все більшого розповсюдження т. зв. розум. матеріалів. Такі матеріали активно реагують на зміни довкілля й змінюють свої властивості залежно від обставин. Свого часу металурги винайшли метал, що «потіє», для захисту пром. об'єктів від високих т-р. Цей матеріал – порувата сталь із вкрапленнями наночастинок міді. Оскільки т-ра плавлення міді менша, ніж сталі, то як тільки зовн. т-ра досягає деякої критич. межі, метал починає активно «потіти»: мідь розширюється й крізь пори виходить на поверхню, виносячи надлишок тепла із системи. Остигаючи, краплі міді знову «всмоктуються» стальними капілярами, і матеріал повертається у вихід. стан. У медицині почали широко використовувати фулерени. Так, модифіков. фулерени C₆₀ здатні зв'язувати вільні кисневі радикали, є сильними антиоксидантами й радіопротекторами. Виявлено протівірусну й антибактеріал. дію фулереновміс. похідних, зокрема проти ВІЛ та бактерій, що спричиняють менінгіт. Встановлено здатність водорозчин. похідних фулеренів проникати крізь клітинні мембрани. Внаслідок цього фулерени з радіоактив. елементами можуть виконувати функції маркерів і точк. джерел радіоактив. випромінювання, що уможлиблює проведення радіотерапії на рівні окремої клітини. Отже, вже нині вчені можуть безпосередньо впливати на окремі атоми чи молекули, маніпулювати речовиною, проводити синтези на молекуляр. рівні. Це відкриває унікал. можливості щодо створення нових видів матеріалів із попередньо визначеними властивостями. Успіш. розвиток нанотехнологій став можливим завдяки створенню новіт. методів синтезу, контролю будови наноструктур, високоточ. вимірювання їх параметрів у манометр. діапазоні, відкриттю дивовиж. явищ у квантово-розмір. системах та успішного їх використання в різних галузях, це призвело до взаємозбагачення знань і формування на їх стику нових дисциплін.

Стрімкий розвиток нанонауки й нанотехнологій обумовив необхідність уведення до програм університетів навч. дисциплін «Нанохімія», «Нанохімія та нанотехнологія» для студентів закладів вищої освіти України, зокрема Київ. університету, Нац. тех. університету України «Київ. політех. інститут» та ін. При складанні навч. програм автори спираються на наук. праці провід. учених України – С. Волкова, В. Огенка (Інститут заг. та неорган. хімії НАНУ), Є. Ковальчука, О. Решетняка (Львів. університет), П. Горбика (Інститут хімії поверхні НАНУ) та ін., а також відомих рос. дослідників у галузі Н. – Г. Сергєєва, М. Рамбіді, Н. Кобаясі. Загалом в Україні більшість дослідж. в галузі Н. зосереджені в установах НАНУ (окрім згаданих, також в Інститутах проблем матеріалознавства, фіз. хімії). У результаті вивчення

процесів самоорганізації, поверхн. явищ, Н. та електрохімії, каталізу, діагностики і моделювання систем, створення гібрид. нанокомпозитів, колоїд. систем, напівпровідників квантово-розмір. матеріалів електрон. техніки, біосуміс. керамік, з'єднання і зварювання елементів конструкцій створ. низку нових матеріалів із попередньо визначеними властивостями, які вже застосовують в Україні.

Рекомендована література

1. Сергеев Г. Б. Нанохимия. Москва, 2003;
2. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Учеб. Москва, 2005;
3. Волков С. В., Ковальчук Є. П., Огенко В. М., Решетняк О. В. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали. К., 2008;
4. Рамбиди Н. Г., Березкин А. В. Физические и химические основы нанотехнологий. Москва, 2008;
5. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури: Навч. посіб. Л., 2009;
6. Елисеєв А. А., Лукашин А. В. Функциональные наноматериалы. Москва, 2010;
7. Горбик П. П., Туров В. В. Наноматериалы и нанокомпозиты в медицине, биологии, экологии. К., 2011;
8. Коваленко І. В., Лисін В. І., Андрійко О. О. Нанохімія і нанотехнології: Навч. посіб. К., 2014;
9. Хорошилова Т. І., Хромишев В. О., Рябов С. В., Хромишева О. О. Нанохімія: Підруч. Мелітополь, 2014;
10. Богуслаєв В. А., Качан А. Я., Калинина Н. Е. и др. Наноматериалы и нанотехнологии: Учеб. З., 2014;
11. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г. Наноматеріалознавство: Підруч. Хн., 2015;
12. Завражна О. М., Пасько О. О., Салтикова А. І. Основи нанотехнологій: Навч.-метод. посіб. С., 2016;
13. Горобець С. В., Горобець О. Ю., Горбик П. П., Уварова І. В. Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення. К., 2018.

Бібліографічний опис:

Нанохімія / І. В. Коваленко, В. І. Лисін, Н. Є. Власенко, О. О. Андрійко // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2020. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-71299>

