

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ

В. В. Менчук, О. О. Стрельцова

Нанохімія та нанотехнології

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів

ОДЕСА
ОНУ
2022

УДК 555.7:66.017(075.8)
М50

Рекомендовано вченою радою факультету хімії та фармації
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 9 від 10.05.2022 р.

Автори:

В. В. Менчук, кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії;

О. О. Стрельцова, доктор хімічних наук, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії.

Рецензенти:

Р. Є. Хома – доктор хімічних наук, професор кафедри аналітичної та токсикологічної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Л. А. Раскола – кандидат хімічних наук, доцент кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Менчук В. В.

М50 Нанохімія та нанотехнології : метод. вказівки для самостійної роботи студентів / В. В. Менчук, О. О. Стрельцова. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2022. – 30 с.

УДК 555.7:66.017(075.8)

ЗМІСТ

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ НАНОХІМІЇ	5
1.1. Основні питання теми	5
1.2. Питання для самоконтролю	5
1.3. Тестові завдання для перевірки знань	6
2. СИНТЕЗ НАНООБ'ЄКТІВ	7
2.1. Основні питання теми	7
2.2. Питання для самоконтролю	8
2.3. Тестові завдання для перевірки знань	9
3. СТАБІЛІЗАЦІЯ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ	11
3.1. Основні питання теми	11
3.2. Питання для самоконтролю	11
3.3. Тестові завдання для перевірки знань	11
4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНООБ'ЄКТІВ	13
4.1. Основні питання теми	13
4.2. Питання для самоконтролю	13
4.3. Тестові завдання для перевірки знань	14
5. ВЛАСТИВОСТІ НАНОРОЗМІРНИХ ЧАСТИНОК І НАНОМАТЕРІАЛІВ	16
5.1. Основні питання теми	16
5.2. Питання для самоконтролю	16
5.3. Тестові завдання для перевірки знань	17
6. ОСНОВНІ ТИПИ НАНООБ'ЄКТІВ І НАНОСИСТЕМИ НА ЇХ ОСНОВІ	18
6.1. Основні питання теми	18
6.2. Питання для самоконтролю	19
6.3. Тестові завдання для перевірки знань	20
7. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	21
7.1. Основні питання теми	21
7.2. Питання для самоконтролю	22
7.3. Тестові завдання для перевірки знань	23
8. НАНОРОЗМІРНІ МАТЕРІАЛИ НА СЛУЖБІ ЛЮДИНИ	24
8.1. Основні питання теми	24
8.2. Питання для самоконтролю	24
8.3. Тестові завдання для перевірки знань	25

ВСТУП

Розвиток нанохімії та нанотехнологій відкриває великі перспективи при розробці нових сучасних матеріалів, створених безпосередньо із заданих атомів і молекул, які використовуються у біотехнології, мікроелектроніці та у галузі охорони здоров'я, тому вивчення дисципліни «Нанохімія та нанотехнології» є вимогою (потребою) сучасності.

Методичні вказівки укладені викладачами кафедри фізичної та колоїдної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова і призначені для методичного забезпечення аудиторної та самостійної роботи студентів над матеріалом з метою самоконтролю, закріплення знань та підготовки до практичних занять з курсу «Нанохімія та нанотехнології»

Дисципліна «Нанохімія та нанотехнології» є обов'язковою, основним завданням якої є формування комплексу знань та уявлень щодо особливих властивостей речовин в нанорозмірному стані, методів одержання, дослідження наноматеріалів та особливостей їх використання.

Вивчення дисципліни «Нанохімія та нанотехнології» має важливе значення для формування вміння інтегрувати знання, отримані при вивченні базових дисциплін таких як неорганічна/органічна хімія, колоїдна хімія; логічно та аргументовано висловлювати думку, а також надає можливість продукувати нові сучасні знання для використання при розробці нових матеріалів, розвитку біотехнології, наноелектроніки тощо.

Методичні вказівки «Нанохімія та нанотехнології» призначені для самостійної підготовки до практичних занять з курсу «Нанохімія та нанотехнології» магістрів, що навчаються за спеціальністю 102 Хімія та можуть бути корисними для студентів, які навчаються за спеціальностями 014 «Середня освіта (хімія)» та 226 «Фармація, промислова фармація».

Методичні вказівки містять 8 тем. Для кожної наведено її зміст, питання для самоконтролю, а також, тестові завдання для перевірки знань, які дадуть змогу студентам самостійно опрацювати навчальний матеріал та перевірити набуті знання.

1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ НАНОХІМІЇ

1.1. Основні питання теми

Історія розвитку нанохімії

Загальні відомості про наночастинки

Класифікація наноматеріалів за стандартами

1.2. Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи розвитку нанохімії.
2. Чому 29 грудня 1959 р. вважається днем народження нанонауки?
3. Як вплинула на розвиток нанонауки книга Е. Дрекслера «Машини творення»?
4. За яким сценарієм може статися кінець світу згідно з теорією «сірого слизу» (англ. grey goo)?
5. Назвіть найважливіші Центри розвитку нанотехнологій у світі.
6. Дайте визначення поняття «нанохімія».
7. Яка проблема є основною у нанохімії?
8. З якою метою у Міжнародній організації стандартизації створено три стандарти під загальною назвою «Нанотехнології – словник»?
9. Поясніть різницю між термінами «кластер» і «наночастинка».
10. Наведіть терміни для визначення карбонових наноматеріалів.
11. Наведіть класифікацію для основних типів неполімерних наноматеріалів за Г. Глейтером.
12. Що таке класифікація за системою «Класифікаційне дерево»?
13. Які базові критерії обрано в системі «нанодрево»?
14. Обґрунтуйте зв'язок між розмірністю нанооб'єктів і наноструктурних матеріалів за належністю їх до відповідних структур.
15. Зобразити схему розподілу наноматеріалів на нанооб'єкти й наноструктурні матеріали за стандартом ISO/TC 80004 1:2010.
16. Наведіть класифікацію нанокompозитів за властивостями.

17. Дайте визначення терміну «розмірні ефекти в хімії».

18. Які властивості наночастинок, окрім реакційної здатності, пов'язані з розміром?

19. Які особливості кінетики реакцій у системах з обмеженою геометрією?

20. Чим пояснюється залежність хімічної активності від розміру взаємодіючих частинок?

1.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Уперше термін «нанотехнологія» використав:

- а) Річард Ф. Фейман;
- б) Норіо Танігуті;
- в) Ерік К. Дрекслер;
- г) Ж.-М. Лен.

2. Засновником нанонауки є:

- а) Річард Ф. Фейман;
- б) Норіо Танігуті;
- в) Ерік К. Дрекслер;
- г) Ж.-М. Лен.

3. Один нанометр дорівнює:

- а) 10^{-6} м;
- б) 10^{-8} м;
- в) 10^{-9} м;
- г) 10^{-10} м.

4. Для опису кінетики процесів на поверхні наночастинок використовують:

- а) метод Монте-Карло;
- б) метод Крамера;
- в) метод Фрейда;
- г) метод Хітча.

5. Лінійні розміри нанооб'єктів вимірюються:

- а) нанолінійкою;
- б) у наношкالی;
- в) мікрометром;
- г) нанотранспортом.

6. Згідно зі стандартом ІСО/ТС 27687:2008 «нанооб'єкт» – це:

- а) матеріал із принаймні одним зовнішнім розміром у наношкالی або матеріал, який має внутрішню чи поверхневу нанорозмірну структуру;
- б) матеріальне тіло з одним, двома або трьома зовнішніми розмірами, які відповідають наношкالی;
- в) матеріал, який має внутрішню або поверхневу наноструктуру;
- г) наноматеріал із заданими властивостями та складом, спеціально виготовлений з комерційною метою.

7. Згідно зі стандартом ІБО/ТС 27687:2008 «квантова точка» – це:

- а) наноб'єкт з одним зовнішнім розміром у наношкалі та двома іншими значно більшими зовнішніми розмірами;
- б) наноб'єкт із двома меншими зовнішніми розмірами в наношкалі й третім значно більшим розміром;
- в) кристалічна наночастинка, що має розмірнозалежні властивості внаслідок ефектів квантової локалізації на електронних рівнях;
- г) наноматеріал, згенерований як випадковий побічний продукт процесу.

8. Згідно зі стандартом ІБО/ТС 27687:2008 визначенню «Сферична наночастинка з концентричною багат шаровою структурою оболонки» відповідає:

- а) наноаніон;
- б) наноконус;
- в) нанострічка;
- г) нанодріт.

9. Однією з найпоширеніших класифікацій для основних типів неполімерних наноматеріалів є класифікація:

- а) Е. К. Дрекслера;
- б) Ж.-М. Лена;
- в) Ч. Педерсена;
- г) Г. Глейтера.

10. До карбонових наноматеріалів належать:

- а) біокераміка;
- б) фулерени;
- в) манганіти;
- г) фотонні кристали.

2. СИНТЕЗ НАНООБ'ЄКТІВ

2.1. Основні питання теми

Синтез методом хімічного відновлення

Фізичні методи синтезу наночастинок металів

Газофазний синтез

Кріохімічний синтез наночастинок металів

Осадження з колоїдних розчинів

Темплатний синтез

Золь-гель-процес

Синтез за участі високої енергії

Плазмохімічний синтез

Лазерна абляція

Синтез наночастинок з використанням вибуху

Детонаційний синтез і електровибух

Термічне розкладання

Реакції у міцелярних і макромолекулярних порожнинах

Механосинтез

2.2. Питання для самоконтролю

1. Перелічіть методи одержання наночастинок.
2. Поясніть синтез наночастинок методом хімічного відновлення на прикладі одержання наночастинок золота.
3. Які існують фізичні методи синтезу наночастинок?
4. У чому сутність методу газозфазного синтезу наночастинок?
5. Які основні закономірності утворення нанокристалічних частинок методом випаровування і конденсації?
6. Опишіть спосіб одержання керамічних нанопорошків з металоорганічних прекурсорів.
7. Які фактори впливають на процеси у низькотемпературних конденсатах?
8. Назвіть особливості одержання зразків для кріохімічних реакцій за участі атомів, кластерів і наночастинок металів.
9. Наведіть и схему будови кріореактора.
10. Наведіть схему реактора для препаративного одержання об'ємних композиційних матеріалів.
11. Наведіть схему установки для препаративного одержання металоорганічних сполук кріоскопічним методом.
12. Як одержують наночастинки осадженням із колоїдних розчинів?
13. Опишіть одержання наночастинок Au-Pd сонохімічним методом.
14. Опишіть одержання наночастинок за допомогою темплатного синтезу.
15. Назвіть стадії золь-гель-процесу.

16. Наведіть галузі застосування золь-гель-процесу.
17. Які особливості хімічних процесів під впливом випромінювання високої енергії?
18. Опишіть синтез наночастинок благородних металів способом фотохімічного відновлення.
19. Опишіть синтез наночастинок способом радіаційного відновлення на прикладі частинок Au-Hg.
20. Які основні етапи плазмохімічного синтезу наночастинок?
21. Де використовується лазерна абляція?
22. Опишіть детонаційний синтез алмазів.
23. У чому різниця між «сухим» і «водним» детонаційним синтезом алмазних частинок?
24. Як одержують високодисперсні порошки заліза і свинцю методом термічного розкладання?
25. Назвіть методи синтезу наночастинок у пористих структурах.
26. Опишіть отримання наночастинок за допомогою механосинтезу.

2.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Синтез наночастинок методом хімічного відновлення відбувається за участі:
 - а) алюмогідридів, борогідридів, гіпофосфітів;
 - б) макромолекул силікатів;
 - в) наднизької температури;
 - г) високої енергії.
2. Роль своєрідних нанореакторів можуть виконувати:
 - а) міцели, цеоліти, дендримери;
 - б) полімери, гелі, золі;
 - в) мономерні, макромолекули;
 - г) полярні речовини.
3. Кріохімічний синтез наночастинок металів потребує використання:
 - а) наднизької температури;
 - б) надглибокого вакууму;

- в) надлишку інертного газу;
- г) наднизької температури і великого розведення інертного газу.

4. У ролі відновника при хімічному відновленні (метод одержання наночастинок) може бути використаний:

- а) оцтовий альдегід;
- б) борогідрид;
- в) нітратна кислота;
- г) металічний натрій.

5. До методів синтезу наночастинок не належить:

- а) хімічне відновлення;
- б) кріохімічний синтез;
- в) хімічне окиснення;
- г) реакції в міцелах, дендримерах, цеолітах.

6. Для стабілізації наночастинок при одержанні методом хімічного відновлення можна використовувати:

- а) натрій ацетат;
- б) натрій тартрат;
- в) натрій полікарбонат;
- г) натрій поліакрилат.

7. Який відновник не використовують для одержання наночастинок методом хімічного відновлення:

- а) алюмогідрид;
- б) амоніак;
- в) формальдегід;
- г) натрій гіпофосфіт.

8. Для фотолізу типовими є такі величини енергії:

- а) до 60 еВ;
- б) 60-70 еВ;
- в) 70-80 еВ;
- г) понад 80 еВ.

9. На формування наночастинок у процесі кріоконденсації не впливають такі фактори:

- а) швидкість надходження атомів до охолоджуваної поверхні;
- б) швидкість втрати атомами надлишкової енергії через взаємодію з конденсатом;
- в) швидкість видалення кластерів з області підвищеної концентрації атомів;
- г) немає правильної відповіді.

10. Розміри дендримерів змінюються у діапазоні:

- а) 1-2 нм;
- б) 2-15 нм;
- в) 15-50 нм;
- г) 50-75 нм.

3. СТАБІЛІЗАЦІЯ НАНОЧАСТИНОК МЕТАЛІВ

3.1. Основні питання теми

Стабілізація хімічними речовинами

Низькотемпературна стабілізація

Стабілізація в інертних матрицях

Стабілізація полімерами

3.2. Питання для самоконтролю

1. Чому при одержанні наночастинок необхідно використовувати стабілізатори?

2. Які переваги методу низькотемпературної стабілізації?

3. Наведіть приклади стабілізації наночастинок полімерами.

4. Опишіть пристрої для одержання металокомпозитних полімерів.

5. Які нанорозмірні частинки можуть бути стабілізовані у поліп-ксилиленових плівках?

6. Обґрунтуйте залежність радіуса сольватованих частинок від природи розчинника.

7. Як одержують біметалічні кріоорганодисперсії?

8. Наведіть приклади практичного використання полімерів з утримуваними наночастинками.

9. Чому система з двома металами (Ag, Pb) щодо полімеризації метилакрилату (МА) поводить ся як система Pb-МА, а не як система Ag-МА?

10. Чому стабілізація наночастинок полімерами є перспективним напрямом розвитку технології нанорозмірних частинок металів?

3.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. При синтезі наночастинок методом хімічного відновлення як стабілізатор не використовують:

а) натрій поліакрилат;

в) халькогени;

б) поверхнево-активні речовини;

г) поліетилен.

9. Плівки полі-*n*-ксилилену, які утримують наночастинки срібла, виявляють каталітичну активність у реакції:

- а) відновлення оцтового альдегіду;
- б) окиснення метанолу;
- в) окиснення метанолу;
- г) відновлення карбонових кислот.

10. Плівки полі-*n*-ксилилену, які утримують наночастинки свинцю, виявляють високу чутливість до:

- а) NO₂;
- б) NO ;
- в) NH₃;
- г) N₂O.

4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАНООБ'ЄКТІВ

4.1. Основні питання теми

Електронна мікроскопія

Трансмійна електронна мікроскопія

Сканувальна електронна мікроскопія

Зондова мікроскопія

Дифракційні методи

Рентгенографія

Дифракція нейтронів

Рентгено-флуоресцентна спектроскопія

Мас-спектроскопія

Фотоелектронна спектроскопія

Порівняння спектральних методів аналізу елементів

4.2. Питання для самоконтролю

1. Які методи використовують для визначення розміру й деяких властивостей наночастинок у газовій фазі?

2. Які методи використовують для визначення розміру й деяких властивостей наночастинок в об'ємі і в матриці?

3. Які основні напрями розвитку електронної мікроскопії?

4. Поясніть сутність трансмісійної електронної мікроскопії.

5. Для чого здебільшого використовують сканувальну електронну мікроскопію?
6. Які існують модифікації зондових мікроскопів?
7. Які методи належать до дифракційних?
8. На чому заснований метод рентгено-флуоресцентної спектроскопії?
9. Чим відрізняється мас-спектроскопія від фотоелектронної спектроскопії?
10. Наведіть межу виявлення і величину маси (об'єму) проб у спектральних методах.

4.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Межа виявлення атомно-флуоресцентного аналізу становить:

а) $10^{-7}-10^{-4}$ %;	в) $10^{-8}-10^{-5}$ %;
б) $10^{-8}-10^{-6}$ %;	г) $10^{-5}-10^{-4}$ %.
2. Межа виявлення лазерної мас-спектрографії становить:

а) $10^{-7}-10^{-4}$ %;	в) $10^{-8}-10^{-5}$ %;
б) $10^{-8}-10^{-6}$ %;	г) $10^{-5}-10^{-4}$ %.
3. Об'єм проби, який використовується для аналізу зразків методом спектрофотометрії, становить:

а) 1,0-5,0 мл;	в) 0,2-10,0 мл;
б) 5,0-10,0 мл;	г) 10,0-100,0 мл.
4. Маса проби, яка використовується для аналізу зразків атомно-абсорбційним методом, становить:

а) 0,1-1,0 мг;	в) 0,2-5,0 мг;
б) 1,0-5,0 мг;	г) 5,0-10,0 мг.
5. Метод фотоелектронної спектроскопії ґрунтується:
 - а) на дифракції рентгенівських променів і нейтронів;
 - б) на використанні розподілу іонізованих частинок за масою на основі взаємодії магнітного й електричного полів;
 - в) на вимірюванні енергії спектрів електронів, які вилітають при фотоелектронній емісії;
 - г) на збудженні атомів досліджуваної речовини випромінюванням малопотужної рентгенівської трубки.

6. Метод мас-спектроскопії ґрунтується:

- а) на дифракції рентгенівських променів і нейтронів;
- б) на використанні розподілу іонізованих частинок за масою на основі взаємодії магнітного й електричного полів;
- в) на вимірюванні енергії спектрів електронів, які вилітають при фотоелектронній емісії;
- г) на збудженні атомів досліджуваної речовини випромінюванням малопотужної рентгенівської трубки.

7. Метод рентгенофлюоресцентної спектроскопії ґрунтується:

- а) на дифракції рентгенівських променів і нейтронів;
- б) на використанні розподілу іонізованих частинок за масою на основі взаємодії магнітного й електричного полів;
- в) на вимірюванні енергії спектрів електронів, які вилітають при фотоелектронній емісії;
- г) на дослідженні речовини за допомогою випромінювання малопотужної рентгенівської трубки.

8. До методів визначення розміру і властивостей наночастинок у газовій фазі не належать:

- а) іонізація фотонами й електронами з дальшим аналізом одержуваних мас-спектрів;
- б) атомне розпилення і селекція за масою нейтральних кластерів;
- в) електронна просвічувальна мікроскопія на сітках;
- г) дифракція електронів.

9. Для одержання інформації про наночастинки на поверхні не використовують метод:

- а) просвічувальної і сканувальної електронної мікроскопії;
- б) атомного розпилення і селекції за масою нейтральних кластерів;
- в) електронної трансмісійної мікроскопії на сітках;
- г) дифракції електронів.

10. Інформацію про наночастинки в об'ємі дає такий метод:

- а) трансмісійна і сканувальна електронна мікроскопія;
- б) атомне розпилення і селекція за масою нейтральних кластерів;
- в) електронна трансмісійна мікроскопія на сітках;
- г) іонізація фотонами й електронами з дальшим аналізом одержува-

них мас-спектрів.

5. ВЛАСТИВОСТІ НАНОРОЗМІРНИХ ЧАСТИНОК І НАНОМАТЕРІАЛІВ

5.1. Основні питання теми

Розмір і форма наночастинок

Нанорозмірні ефекти в нанохімії

Вплив розміру наночастинок металу на їхню відносну активність при різній температурі

Каталітичні властивості наночастинок металів

Вплив розміру наночастинок на температуру плавлення

Реакційна здатність нанорозмірних оксидів металів

Нанотехнологічна здатність наночастинок до самоорганізації

Супрамолекулярна хімія

5.2. Питання для самоконтролю

1. З чим пов'язана висока активність кластерів і наночастинок металів?

2. Які фактори впливають на властивості наночастинок?

3. Як можна контролювати розмір наночастинок?

4. Назвіть нанорозмірні ефекти в нанохімії. Які є типи розмірних ефектів?

5. Як впливає розмір частинок металу на їхню хімічну активність?

6. Які фактори впливають на хімічну активність частинок металів?

7. Назвіть стадії перебігу каталітичних реакцій на поверхні наночастинок.

8. Які наночастинки мають високу каталітичну активність?

9. Як змінюється температура плавлення металів залежно від розміру наночастинок:

а) для вільних наночастинок металів;

б) для наночастинок металів у матрицях?

10. Опишіть залежність температури плавлення наночастинок металів від розміру. Наведіть критерії Ліндемманна.

11. Наведіть приклади реакційної здатності нанорозмірних оксидів металів.

12. Назвіть предмет і об'єкти супрамолекулярної хімії.

13. Наведіть приклади супрамолекулярних ансамблів.

14. Чим відрізняється супрамолекулярна хімія від молекулярної?

15. Що таке циклодекстрини?

16. Опишіть основні функції супрамолекул.

17. Як практично використовують сферанди й кавітанди?

18. Опишіть загальний метод синтезу каліксаренів.

19. Опишіть схему утворення комплексів включення типу «хазяїн-гість». Які властивості мають складники цих комплексів?

20. У чому полягає метод молекулярного імпринтингу?

21. Назвіть сфери застосування циклодекстринів та їхніх похідних.

5.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Діаметр кластера в середньому становить:

а) 0,1-0,3 нм;

в) 10-100 нм;

б) 0,3-10 нм;

г) понад 100 нм.

2. Кількість атомів у наночастиці становить:

а) 1-10;

в) 10⁶-10⁹;

б) 10-10⁶;

г) понад 10⁹.

3. Наночастинки мають переважно:

а) сферичну форму;

в) циліндричну форму;

б) кубічну форму;

г) тетраедричну форму.

4. Найбільшу хімічну активність мають наночастинки:

а) найменші;

в) найбільші;

б) середні;

г) розмір не має значення.

5. До клатратних комплексів належать:

а) циклодекстрини;

в) циклоалкани;

б) адамантани;

г) катехіни.

Неорганічні наноматеріали
Нановіскери
Манганіти
Високотемпературні надпровідники
Фотонний кристал
Біокераміка
Алмазоїди
Газові гідрати
Кластери в газах

6.2. Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні об'єкти нанохімічних досліджень.
2. Що являють собою фулерени?
3. Розкажіть історію відкриття фулеренів.
4. Які структурні властивості характерні для фулеренів?
5. Опишіть фізичні властивості і прикладне значення фулеренів.
6. Як пояснити стабільність деяких наночастинок, наприклад, фулеренів і нанотрубок?
7. Чим відрізняються фулерити від фулеренів?
8. Поясніть вплив фулеритів на живі організми.
9. Які сполуки мають назву ендоедральних?
10. Опишіть будову ендоедральних сполук.
11. Назвіть етапи відкриття карбонових нанотрубок.
12. Поясніть особливості структури нанотрубок.
13. Завдяки чому нановіскери мають унікальний комплекс властивостей?
14. Який ефект називають «колосальним магнітоопором»?
15. У чому проявляється ефект Мейснера?
16. Чим зумовлено яскраві барвисті кольори опалу?
17. Наведіть класифікацію фотонних кристалів.
18. Які перспективи відкриває реалізація теоретичних ефектів фотонних кристалів?
19. Чому при виготовленні біокераміки найчастіше використовують гідроксіапатит?

20. Практичне використання наноалмазів і алмазоїдів.
21. Чому газові гідрати розглядають як потенційні джерела палива?
22. Назвіть кристалічні модифікації газових гідратів.
23. Чому кластеризація водяної пари в атмосфері являє собою фактор, який впливає на встановлення теплового балансу атмосфери Землі?
24. Коли вперше видобули природний газ безпосередньо з гідратів ?
25. Як іще можна використовувати газові гідрати, крім як джерела палива?

6.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Для кластерів лужних металів «магічними числами» є:
- а) 10; б) 20; в) 30; г) 50.
2. Фулерити досить легко розчиняються в:
- а) неполярних розчинниках;
- б) полярних розчинниках;
- в) неполярних і полярних розчинниках;
- г) немає правильної відповіді.
3. Ендоедральні сполуки являють собою комплекси:
- а) фулеренів, які всередині молекули містять атоми інших елементів;
- б) нанотрубок, які всередині молекули містять атоми інших елементів;
- в) кластерів, які всередині молекули містять атоми інших елементів;
- г) міцел, які всередині молекули містять атоми інших елементів.
4. При значенні параметрів хіральності $m = 0$ або $n = 0$ утворюються:
- а) розгалужені нанотрубки;
- б) зубчасті нанотрубки;
- в) зигзагоподібні нанотрубки;
- г) спіральні нанотрубки.
5. Ниткоподібні кристали з діаметром 1-100 нм і відношенням довжини до діаметра понад 100 мають назву:
- а) манганіти; в) алмазоїди;

б) нановіскери; г) фотонні кристали.

6. Ефект колосального магнітоопору (КМО) виявлено у родині:

а) манганітів; в) піритів;
б) апатитів; г) кальцитів.

7. Елементарні «цеглинки» – молекули алмазоїдів мають назву:

а) адамантан; в) цеоліт;
б) уротропін; г) декан.

8. Газові гідрати мають назву:

а) сферанди; в) клатрати;
б) криптанди; г) кавітанди.

9. Термін «клатрати» запропонував:

а) Дж. Пристлі; в) Б. Пельтьє;
б) Г. Деві; г) Г. Пауелл.

10. Завдяки своїй клатратній структурі один об'єм газового гідрату може вміщувати до:

а) 60-100 об'ємів чистого газу;
б) 100-120 об'ємів чистого газу;
в) 160-180 об'ємів чистого газу;
г) 200-220 об'ємів чистого газу.

7. ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

7.1. Основні питання теми

Компактування порошків

Осадження на підкладку

Епітаксія

Молекулярно-пучкова епітаксія

Газофазна епітаксія

Епітаксія з рідкої фази

Топохімічні процеси

Кристалізація аморфних сплавів

Інтенсивна пластична деформація

Літографія

7.2. Питання для самоконтролю

1. Які методи використовуються для компактування нанокристалічних порошків?
2. Чому при осадженні на підкладку неперервних шарів нанокристалічного матеріалу відпадає необхідність у пресуванні?
3. Що таке епітаксія? Назвіть типи епітаксій.
4. Які основні вимоги до установки епітаксії?
5. Наведіть приклади практичного використання молекулярно-пучкової епітаксії.
6. Назвіть основні переваги й недоліки молекулярно-пучкової епітаксії.
7. Опишіть газофазну епітаксію на прикладі Силіцій тетрахло-риду.
8. У чому полягає сутність методу епітаксії з рідкої фази?
9. Назвіть основні етапи топохімічних реакцій.
10. Дайте загальну характеристику СУБ- і РУБ-процесів.
11. Наведіть класифікацію видів СУБ-процесу.
12. Які ви знаєте плазмові методи СУБ-процесів?
13. Які технології належать до групи РУБ-методу?
14. Наведіть приклади практичного використання РУБ-процесу.
15. Як можна одержати нанокристалічну стрічку?
16. Що лежить в основі методу інтенсивної пластичної деформації?
17. Які методи використовують для досягнення значної деформації матеріалу?
18. Яка основна особливість структури матеріалів, одержаних деформаційними методами?
19. Назвіть основні етапи виконання літографії.
20. Фотошар наносять центрифугуванням. Які недоліки характерні для цього способу?
21. Назвіть основні етапи процесу суміщення в літографії.
22. Як підбирають хімічний склад і концентрацію кислот у розчині на стадії травлення в літографії?

7.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Ефективним методом компактування нанокристалічних порошків є:

- а) електромеханічний;
- б) магнітоімпульсний;
- в) плазмовий;
- г) метод опромінювання.

2. При осадженні з плазми на підкладку неперервних шарів нанокристалічного матеріалу для підтримки електричного розряду використовують:

- а) азот;
- б) інертний газ;
- в) кисень;
- г) водень.

3. Орієнтований ріст одного кристала в об'ємі іншого називають:

- а) епітаксією;
- б) анізотропією;
- в) пластичною деформацією;
- г) ендотаксією.

4. До типів епітаксій не належить:

- а) молекулярно-пучкова;
- б) молекулярно-кінетична;
- в) газофазна;
- г) рідкофазна.

5. Технологію молекулярно-пучкової епітаксії наприкінці 1960-х рр. розробив:

- а) Дж. Р. Артур і А. Чо;
- б) Г. Пауелл;
- в) В. Ф. Мейснер і Р. Оксенфельд;
- г) В. Кретчмер і Д. Хаффман.

6. До методів одержання епітаксійних плівок кремнію з парогазової фази належать:

- а) хлоратний метод;
- б) хлоридний метод;
- в) сульфатний метод;
- г) силікатний метод.

7. Основним способом одержання монокристалічного кремнію є:

- а) метод Крамера;
- б) метод Тойча;
- в) метод Зелінського;
- г) метод Чохральського.

8. До класифікації СУБ-процесів за фізичними характеристиками пари належить:

- а) атмосферний СУБ;
- б) вакуумний СУБ;
- в) СУБ згоряння;
- г) аерозольно підтримуваний СУБ.

9. До плазмових методів класифікації СУБ-процесів не належить:

- а) СУБ з гарячим дротом;
- б) вакуумний СУБ;
- в) СУБ згоряння;
- г) металоорганічний СУБ.

8. НАНОРОЗМІРНІ МАТЕРІАЛИ НА СЛУЖБІ ЛЮДИНИ

8.1. Основні питання теми

Медицина й нанотехнології

Нанотехнології в автомобільній індустрії

Нанотехнології в будівництві

Нанотехнології в електроніці

Нанотехнології у сільському господарстві та охороні навколишнього середовища

Техніка безпеки при роботі з наноматеріалами

8.2. Питання для самоконтролю

1. Які основні напрями використання нанохімії в медицині?
2. Яким чином наноб'єкти забезпечують доставку лікувального препарату в організм людини?
3. Що таке нанотерапія?
4. У чому полягають етичні проблеми медичних нанотехнологій?
5. Які препарати на основі нанотехнологій випускає промисловість для автомобілебудування?
6. Що таке геотрибологія?
7. Які основні розробки нанотехнологій у галузі будівництва?
8. Як використовуються нанотехнології в галузі запису і зберігання інформації?
9. Що таке «закон Мура»?

10. Назвіть основні напрями використання нанотехнологій та наноматеріалів у сільському господарстві.

11. Які досягнення нанохімії можна використати у рослинництві; у тваринництві?

12. За рахунок чого використання нанотехнологій може змінити техніку обробки ґрунтів?

13. Як за допомогою нанотехнологій можна вирішувати проблему чистої питної води?

14. Яку небезпеку несе використання нанохімії та нанотехнологій?

8.3. Тестові завдання для перевірки знань

1. Індустрія спрямованого конструювання нових лікарських препаратів має назву:

- а) веб-дизайн;
- б) драг-дизайн;
- б) футуродизайн;
- г) екодизайн.

2. Перспективним матеріалом, який може замінити кремній в інтегральних мікросхемах, може бути:

- а) фулерен;
- б) алмазоїд;
- в) графен;
- г) манганіт.

3. У 2005 р. компанія Іпіеї створила прототип процесора, в якому найменший структурний елемент має розмір близько:

- а) 45 нм;
- б) 55 нм;
- в) 65 нм;
- г) 100 нм.

4. Біологічно активні добавки, розроблені з використанням нанохімії, мають назву:

- а) нанобіотики;
- б) наноцевтики;
- в) нанопігулки;
- г) гомеопатичні препарати.

5. Основними напрямками використання нанотехнологій і наноматеріалів у сільському господарстві є:

- 1) виробництво й переробка продукції агропромислового комплексу;
- 2) генна інженерія;
- 3) збереження якості продукції;
- 4) очищення води і захист навколишнього середовища.

Список літератури

1. Хорошилова Т. І., Хромишев В. О., Рябов С. В., Хромишева О. О. Нанохімія: підручник для студентів хім. ф-тів педагогічних університетів – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014 – 206 с.
2. Павлиго Т. М. Класифікація наноматеріалів у системі міжнародної стандартизації / Т. М. Павлиго, Г. Г. Сердюк // Наноструктурное материаловедение. – 2010. – № 4. – С. 92- 99.
3. Горбик П. П. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокompозитів / П. П. Горбик, С. В. Горобець, М. П. Турелик, В. Ф. Чехун, А. П. Шпак. – К.: Наукова думка, 2011. – 294 с.
4. Нанотехнології у ХХІ столітті: стратегічні пріоритети та ринкові підходи до впровадження / Г. О. Андрощук, А. В. Ямчук, Н. В. Березняк та ін. – К.: УкрІНТЕІ, 2011. – 275 с.
5. Шиванюк О. М. Супрамолекулярна хімія функціональних каліксаренів / О. М. Шиванюк. - К.: Наукова думка, 2007. – 231 с.
6. Сергеев Г. Б. Нанохимия / Г. Б. Сергеев. – М.: Изд-во МГУ, 2003. –288 с.
7. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия: Концепции и перспективы. – Новосибирск: Наука, 1998. – 334 с.
8. Физико-химия наноматериалов и супрамолекулярных структур. Т. 2 / Под. ред. А. П. Шпака, П. П. Горбика. – К.: Наукова думка, 2007. – 440 с.
9. Рыбалкина М. Нанотехнология для всех. Большое - в малом / М. Рыбалкина. – М.: Nanotechnology News Network, 2005. – 444 с.
10. Кобаяси Н. Введение в нанотехнологию: Учебник – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2005. – 134 с.
11. Кизим М. О., Матюшенко І. Ю. Перспективи розвитку і комерціалізації нанотехнологій в економіках країн світу та України – Харків: ВД«ІНЖЕК», 2011. – 392 с.
12. Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы /А. Елисеев, А. В. Лукашин; ред. Ю. Д. Третьяков. – М.: Физматлит, 2010. – 456 с.
13. Кац Е. А. Фуллерены, углеродные нанотрубки и наноклас-

теры: родословная форм и идей. – М.: URSS: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 294 с.

14. Волков С. В., Ковальчук Є. І. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали. – К.: Наукова думка. 2008. – 419 с.

15. Головин Ю. И. Наномир без формул. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 543 с.

16. Справочник Шпрингера по нанотехнологиям. В 3-х т. - М.: Техносфера. - Т. 1.-2010. – 862с.; Т. 2. – 2010.– 1040 с.; Т. 3. – 2010.– 832 с.

17. Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science / Edited by M.C. Roco, W.S. Bainbridge. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 482 p. 205 69.

18. Gun'ko V. M. Nuclear Magnetic Resonance Studies of Interfacial Phenomena / V.M. Gun'ko, V.V. Turov. – New York: Taylor & Francis, 2013. – 1072 p.

19. ISO/TR 12885:2008 Nanotechnologies. Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies. – Ed. 2008–10–01. – ISO, 2008. – 86 p.

20. Sol-Gel Methods for Materials Processing / Plinio Innocenzi, Yuriy L. Zub, Vadim G. Kessler. – Dordrecht: Springer, 2008. – 505p.

Навчальне видання

**Менчук Василій Васильович
Стрельцова Олена Олексіївна**

Нанохімія та нанотехнології»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів**

В авторській редакції

Підп. до друку 08.08.2022. Формат 60x84/16.
Ум.-друк. арк. 1,68. Тираж 10.
Зам. № 2488.

**Видавець і виготовлювач
Одеський національний університет
імені І. І. Мечникова**

Україна, 65082, м. Одеса, вул. Єлісаветинська, 12
Тел.: (048) 723 28 39. E-mail: druk@onu.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4215
від 22.11.2011 р.