

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Хімічний факультет
Кафедра хімії високомолекулярних сполук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАНОХІМІЯ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ

для здобувачів освіти

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма
вид дисципліни

Е Природничі науки, математика і статистика
ЕЗ "Хімія"
магістр
Хімія
обов'язкова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2025/2026
Семестр	ІІІ
Кількість кредитів ECTS	3,0
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач (лектор): **Савченко Ірина Олександрівна**

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) «__» _____ 20__ р.

КИЇВ – 2025

Розробники: Савченко Ірина Олександрівна, проф., д.х.н., проф.

І. Савченко

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри хімії високомолекулярних
сполук

І. Савченко Ірина САВЧЕНКО

Протокол № 12 від «21» квітня 2025 року

Схвалено науково-методичною комісією хімічного факультету

Протокол № 9 від "7" травня 2025 року

Голова науково-методичної комісії *О. Ройк* Олександр РОЇК

1. Мета дисципліни – вивчення теоретичних основ нанохімії і нанотехнології, методів одержання наноматеріалів, особливостей їх практичного використання та апаратурне оформлення.

2. Попередні вимоги до опанування навчальної дисципліни:

1. Знати основні поняття неорганічної хімії, органічної хімії, хімії та фізичної хімії високомолекулярних сполук.

2. Володіти базовими знаннями загальної хімії.

3. Знати основні поняття фізичних методів дослідження та ідентифікації структури сполук.

3. Анотація навчальної дисципліни. Навчальна дисципліна надає комплексні знання теоретичних основ нанохімії та нанотехнології, методів одержання різноманітних класів наноматеріалів, **нанокомпозитів**, особливостей їх практичного використання в сучасних галузях.

4. Завдання: розвиток теоретичних основ нанохімії і нанотехнології, методів одержання наноматеріалів та областей їх застосування та набуття студентами практичних навичок у визначенні методів одержання конкретного виду наноматеріалу та можливих областей його використання.

Навчальна дисципліна спрямована на досягнення наступних загальних та спеціальних (фахових) компетентностей: ЗК1, ЗК2, ЗК3, ЗК4, ЗК6, та ФК2, ФК3, ФК4, ФК6, ФК9.

5. Результати навчання за дисципліною:

Код	Результат навчання	Форми викладання і навчання	Методи оцінювання поточний контроль (активність під час практичних робіт ПтК-1 та контроль самостійної роботи ПтК-2), підсумковий контроль ПсК	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
1. Знання				
1.1	Знати місце нанохімії та нанотехнології в системі хімічних наук	лекції, самостійні	ПтК-2, ПсК	5
1.2	Знати види наноструктур, їх класифікацію	лекції, практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
1.3	Знати області застосування наноматеріалів	лекції, практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	15
2. Уміння				
2.1	Знайти у першоджерелах інформацію про методи одержання наночастинок, наноструктур і їх фізичні та хімічні властивості	практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
2.2	Визначати методи одержання конкретного виду наноматеріалу та можливі області його використання	лекції, самостійні	ПтК-1	20
3. Комунікація				

3.1	Здатність використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології при спілкуванні, а також для збору, аналізу, обробки, інтерпретації інформації у галузі нанохімії та нанотехнологій	лекції, практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
3.2	Здатність виконувати передбачені навчальною програмою завдання та операції у співпраці з іншими виконавцями	практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10
4. Автономність та відповідальність				
4.1	Уміти самостійно фіксувати, інтерпретувати та відтворити результати пошуку	практичні, самостійні	ПтК-1, ПтК-2, ПсК	10

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни (РНД) із програмними результатами навчання (ПРН):

Результати навчання дисципліни(код)	1.	1.	1.	2.	2.	2.	3.	3.	4.
	1	2	3	1	2	3	1	2	1
Програмні результати навчання									
P1. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.	+	+	+	+					
P2. Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.	+	+	+	+					
P3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.	+	+	+	+					
P9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.					+	+	+	+	+
P10. Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.					+	+	+	+	+
P14. Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.				+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання

1.1. колоквіум;

1.2. активність під час практичного заняття та оформлення результатів літературного пошуку;

1.3. виконання домашньої самостійної роботи;

1.4. написання модульної контрольної роботи.

- підсумкове оцінювання

іспит.

7.2. Організація оцінювання (за формами контролю згідно з графіком навчального процесу):

	ЗМ1		ЗМ2		ЗМ3	
	Min. – 12 балів	Max. – 20 балів	Min. – 12 балів	Max. – 20 балів	Min. – 12 балів	Max. – 20 балів
Усна відповідь	1	2	1	2	1	2
Доповнення	1	1	1	1	1	1
Самостійна робота	1	2	1	2	1	2
...						
Модульна контрольна робота 1	9	15				
Модульна контрольна робота 2			9	15		
Модульна контрольна робота 3					9	15

Для студентів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум – 30 балів* для одержання іспиту обов'язково **обов'язково слід відпрацювати всі заборгованості та написати модульні контрольні роботи мінімум на 27 балів.**

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль1	Змістовий модуль2	Змістовий модуль3	іспит	Підсумкова оцінка
<i>Мінімум</i>	12	12	12	24	60
Максимум	20	20	20	40	100

До іспиту може бути допущений студент, який виконав усі обов'язкові види робіт, які передбачаються навчальним планом з дисципліни "Нанохімія та нанотехнології" (а саме: виконання зазначених у програмі домашніх самостійних робіт, написання модульних контрольних робіт, складання колоквіумів), **і при цьому за результатами модульно-рейтингового контролю в семестрі отримав за змістові модулі сумарну оцінку в балах не менше 30 балів** (критично розрахунковий мінімум при формі підсумкового контролю – іспит).

Для студентів, які набрали впродовж семестру сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум* для заліку або *критично-розрахунковий мінімум* для допуску до іспиту допускається написання реферату за темами доповіді чи самостійної роботи, за які отримана незадовільна оцінка, або перескладання колоквіуму чи МКР, за які отримана незадовільна оцінка, з дозволу деканату (за наявності поважної причини, що не дозволила вчасно та якісно підготуватися до доповіді / колоквіуму / МКР).

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі МКР здійснюються у відповідності до „Положення про порядок оцінювання знань студентів при кредитно-модульній системі організації навчального процесу” від 1 жовтня 2010 року.

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень / Marks
Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ ТА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№ п/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	практичні	С/Р
Змістовий модуль 1 Вступ до нанохімії та нанотехнологій				
1	Історія предмету. Поняття «нано». Річард Фейнман – пророк нанотехнологічної революції. Машина творення Е. Дрекслера. Принцип невизначеності Гейзенберга і наномашина. Теплові коливання молекул і наномашина. Машина зцілення.	2	2	5
2	Інструменти і методи наносвіту. Скануючий зондовий мікроскоп. Тунельний мікроскоп. Атомно-силовий мікроскоп. Близньопольний (від "ближнє поле") оптичний мікроскоп. Сканувальний електронний мікроскоп. Трансмісійний електронний мікроскоп. Оптичний пінцет.	2		5
	<i>Модульна контрольна робота 1</i>			
Змістовий модуль 2 Наноматеріали, методи синтезу та дослідження				
3	Графен, графан, оксид графену, фторграфен, Q-графен, графіт, вуглецеві і неуглецеві нанотрубки. Класифікація вуглецевих НТ. Методи синтезу НТ. Способи заповнення внутрішніх порожнин НТ різними речовинами. Методи отримання неуглецевих нанотрубок.	2	4	10
4	Оксидні нанотрубки. Органічні наночастинки. Методи одержання органічних наночастинок: Механічне подрібнення основної речовини. Лазерна абляція. Метод заміни розчинника. Хімічне відновлення у розчині. Використання надкритичних флюїдів. Кріохімічний синтез. Властивості і використання органічних наночастинок.	2		10
5	Фулерени. Методи синтезу фулеренів. Альтернативні методи одержання фулеренів. Структурні та хімічні властивості фулеренів. Фулерити. Методи одержання сполук фулеренів. Фулеренові адукти. Родинні сполуки і аналоги фулерену. Сфери застосування фулеренів. Дендримери. Структура дендримерів і дендронів. Методи синтезу дендримерів. Структурні та фізичні властивості дендримерів. Дивергентний та конвергентний метод синтезу дендримерів. Дослідження чистоти дендримерів. Застосування дендримерів.	2		10
	<i>Модульна контрольна робота 2</i>			
Змістовий модуль 3 Наноматеріали. Області їх застосування.				

6	Методи одержання наночастинок. Золь-Гель метод. Сольвотермальний синтез. Нанореактори. Газофазний синтез. Детонаційний метод. Метод електровибуху. НВЧ-обробка. Ультразвук. Механосинтез.	4		10
7	Наночастинки срібла та золота. Методи одержання: Традиційні методи синтезу наночастинок срібла. 1.Цитратний метод (метод Туркевича). 2. Боргідридний метод. 3. Органічне відновлення. 4. Методи синтезу в зворотних міцелах. Нетрадиційні методи отримання наночастинок срібла. а) Метод лазерної абляції. б) Радіолітичні методи. в) Вакуумне випаровування металу і електроконденсаційний метод Сведберга. г) Біосинтез наночастинок срібла. Синтез неферичних наночастинок срібла. Синтез в міцелярних і просторово обмежених середовищах. Методи синтезу неферичних об'єктів, оснований на кінетично контрольованих перетвореннях. Оптичні властивості НЧ срібла. Антибактеріальні властивості наносрібла. Дисперсійні і конденсаційні методи синтезу НЧ золота. Цитратний метод синтезу НЧ золота. Одержання наночастинок золота в неводних середовищах. Метод Браста-Шифрина. Синтез наночастинок золота з використанням синтетичних полімерів і біомолекул, лікарських речовин.	4	4	10
8	Деякі області застосування нанотехнологій. Наноматеріали і нанотехнології в хімічних і біохімічних сенсорах. Нанокompозити.	2		
	<i>Модульна контрольна робота 3</i>			
	УСЬОГО	20	10	60

Загальний обсяг **90** год.¹, в тому числі:

Лекцій – **20** год.

Практичні заняття – **10** год.

Самостійна робота – **60** год.

¹ Загальна кількість годин, відведених на дану дисципліну згідно навчального плану.

Рекомендована література:

Основна: (Базова)

1. Підручник для ВНЗ: Савченко І.О. „Нанохімія і нанотехнології” ВПЦ “Київський університет” Київ, 2019 р
2. О. М. Завражна, О. О. Пасько, А. І. Салтикова. Основи нанотехнологій. Навчально-методичний посібник для вчителів та студентів педагогічних університетів. Суми Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016, 184 с.
3. Нанохімія і нанотехнології [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія» / НТУУ «КПІ» ; уклад. І. В. Коваленко, В. І. Лисін, О. О. Андрійко. –Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – 63 с.
4. Заячук Д. М. Нанотехнології і наноструктури : навч. посібник / Д. М. Заячук ; Нац. ун-т “Львів. політехніка”. – Львів, 2009. – 580 с.
5. Афтанділянц, Є. Г. Наноматеріалознавство: підручник / Є. Г. Афтанділянц, О. В. Зазимко, К. Г. Лопатько. - Перше вид. - Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. - 550 с.
6. Волков С. В. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С. В. Волков, Е. П. Ковальчук. – Київ : Наукова думка, 2008. – 423 с.
7. Нанонаука, нанобіологія, нанофармація: моногр. / І. С. Чекман, З. Р. Ульберг, В. О. Маланчук [та ін.]. – Київ : Поліграф плюс, 2012. – 328 с.

Додаткова література

1. M. Nelson. The Potential of Nanotechnology for Molecular Manufacturing (Rand Monograph Report), RAND Corp., 1995, 47 p.
2. G.B. Sergeev, K.J. Klabunde. Chapter 11 - Nanoparticles in Science and Technology. Nanochemistry (Second Edition). 2013, 299-345.
3. Kroto H.W. C₆₀: Buckminsterfullerene. The celestial sphere that fell to earth // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1992. Vol. 31. P. 111-129.
- 3a. Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C. et al. C₆₀-Buckminsterfullerene // Nature (London). 1985. Vol. 318. P. 162-163.
4. Okino F. and Touhara H. Graphite and fullerene intercalation compounds // Comprehensive supramolecular chemistry / Ed. J.L. Atwood, J.E.D. Davies, D.D. MacNicol and F. Vogtle. Oxford: Pergamon, 1996. Vol. 7. P. 25-76.
5. Schwartz H. C₆₀-Fullerene - a playground for chemical manipulations on curved surfaces and in cavities // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1992. Vol. 31. P. 293-298.
6. Diederich F. and Gomez-Lopez M. Supramolecular fullerene chemistry // Chem. Soc. Rev. 1999. Vol. 28. P. 263-277.
7. Diederich F. Complexation of neutral molecules by cyclophane hosts // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1988. Vol. 27. P. 362.
8. Balch A.L., Catalano V.J., Lee J.W., Olmstead M.M. Supramolecular aggregation of an (η²-C₆₀) iridium complex involving phenyl chelation of the fullerene // J. Amer. Chem. Soc. 1992. Vol. 114. P. 5455.
9. Andersson T., Nilsson K., Sundahl M. et al. C₆₀ embedded in γ-cyclodextrin - a water-soluble fullerene // J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1992. P. 604.
10. Atwood J.L., Barbour L.J., Raston C.L., Sudria I.B.N. C₆₀ and C₇₀ compounds in the pincerlike jaws of calyx[6]arene // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1998. Vol. 37. P. 981.
11. Atwood J.L., Koutsantonis G.A., Raston C.L. Purification of C₆₀ and C₇₀ by selective complexation with calixarenes // Nature. 1994. Vol. 368. P. 229.
12. Suzuki T., Nakashima K., Shinkai S. A very convenient and efficient purification method for fullerene (C₆₀) with 5,11,17,23,29,35,41,47-octa-tert-butylcalix[8]arene-49,50,51,52,53,54,55,56 -octol // Chem. Lett. 1994. P. 699.

13. Udachin K.A., Ripmeester J.A. A complex clathrate hydrate structure showing bimodal guest hydration // *Nature*, 1999. Vol. 397. P. 420.
14. Vaughan G. B. M. et al. *Science*, V. 254, P. 1350 (1991).
15. G. V. Andrievsky, M. V. Kosevich, O. M. Vovk, V. S. Shelkovsky, L. A. Vashchenko. On the production of an aqueous colloidal solution of fullerenes. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* 12 (1995) 1281—1282.
16. G. V. Andrievsky, V. K. Klochkov, A. Bordyuh, G. I. Dovbeshko. Comparative analysis of two aqueous-colloidal solutions of C₆₀ fullerene with the help of FT-IR reflectance and UV-VIS spectroscopy. *Chem. Phys. Letters*, 364 (2002) 8-17.
17. John J. Ryan et al. Fullerene Nanomaterials Inhibit the Allergic Response (англ.) // *The Journal of Immunology*. — 2007. — T. 179. — C. 665-672.
18. Simon H. Friedman et al. Inhibition of the HIV-1 protease by fullerene derivatives: model building studies and experimental verification // *J. Am. Chem. Soc.*. — 1993. — T. 115. — № 15. — C. 6506–6509.
19. Hirsch, A.; Brettreich, M. *Fullerenes: Chemistry and Reactions*; WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, 2005.
20. X. Lu, Z. Chen Curved Pi-Conjugation, Aromaticity, and the Related Chemistry of Small Fullerenes (<C60) and Single-Walled Carbon Nanotubes // *Chemical Reviews*. — 105 (10) C. 3643-3696.
21. Iijima Sumio Direct Observation of the Tetrahedral Bonding in Graphitized Carbon Black by High Resolution Electron Microscopy // *Journal of Crystal Growth*. — 50 (1980) C. 675–683.
22. *Nanotechnologies for the Life Sciences Vol. 7 Nanomaterials for Cancer Diagnosis*. Edited by Challa S. S. R. Kumar.
23. «Supramolecular Chemistry of Dendrimers» Steven C. Zimmerman, Laurence J. Lawless Department of Chemistry, University of Illinois, 600 South Mathews Ave, Urbana, Illinois 61801, USA
24. *Supramolecular Chemistry*, Jonathan W. Steed, Jerry L. Atwood; John Wiley & Sons, Ltd, 2000; part 2.
25. «Dendrons, Dendrimers New Materials for Environmental and Science Applications» Rachid Touzani, *J. Mater. Environ. Sci.* 2 (3) (2011) 201-214
26. Lee J. W., Kim J.H., Kim Byung-Ku. Synthesis of azide-functionalized PAMAM dendrons at the focal point and their application for the synthesis of PAMAM-like dendrimers, *Tetrahedron Letters*, 2006. 47:2683–2686
27. «Dendrimers and nanotubes: a fruitful association», Anne-Marie Caminade and Jean-Pierre Majoral *Chem. Sociological Review*, 2010, 39, 2034-2047.
28. Bosman A. W.f Janssen H.M., Meijer E. W. About dendrimers: Structure, physical properties and applications // *Chem Rev.* 1999. Vol. 99. P. 1665-1688.
29. Fischer M. and Vogue F. Dendrimers: From design to application // *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* 1999. Vol. 38. P. 884-905.
30. Jansen J.F.G.A., de Brabander-van den Berg E.M.M., Meijer E. W. Induced chirality of guest molecules encapsulated into a dendritic box // *Rec. Trav. chim. Pays Bas.* 1995. Vol. 114. P. 225.
31. Dandliker P.J., Diederich F., Gisselbrecht J.-P. et al. Water-soluble dendritic iron porphyrins: Synthetic models of globular heme proteins // *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.* 1995. Vol. 34. P. 2725.
32. Fox M.A. Fundamentals in the design of molecular electronic devices: Long-range charge carrier transport and electronic coupling // *Ace. Chem. Res.* 1999. Vol. 32. P. 201.
33. http://www.fda.gov/nanotechnology/powerpoint_conversions/chbsa-nanotech-presentation06-05_files/textonly/slide10.html
34. <http://www.wag.caltech.edu/gallery/4brdbbox.gif>