МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний Факультет
Кафедра фізики металів

Затверджено
На засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № 9 від 29 серпня 2025 р.)

Завідувач кафедри _____проф Мудрий С. І.

Силабус з навчальної дисципліни «*Фізика кластерних і наноструктурних матеріалів*», що викладається в межах ОПП *Фізика та астрофізика* першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності *104 Фізика та астрономія*

Львів 2025 р.

Назва дисципліни	Фізика кластерних і наноструктурних матеріалів
Адреса викладання дисципліни	вул. Кирила і Мефодія 8, 79005 Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 природничі науки, 104 Фізика та астрономія
Викладачі дисципліни	Штаблавий Ігор Іванович, канд. фіз.-мат. наук, професор, професор кафедри фізики металів
Контактна інформація викладачів	ihor.shtablavyi@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/shtablavyj-i-i
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/fizyka-klasternykh-i-nanostrukturnykh-materialiv-op-kompiuterna-fizyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Фізика кластерних і наноструктурних матеріалів» є вибірковою дисципліною з спеціальності Фізика та астрономія для освітньої програми Фізика та астрофізика, яка викладається в сьомому семестрі в обсязі трьох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, уміння, навички, загальні та фахові компетентності для розв'язання комплексних проблем у галузі фізики наночтруктурованих матеріалів. Тому у курсі представлено як теоретичний матеріал, необхідний для отримання нових знань які стосуються фізичних явищ та ефектів, які виникають в наноструктурованих матеріалах, так і лабораторні роботи, які потрібні для отримання практичних навичок пов'язаних з синтезом та дослідженням наноматеріалів.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Фізика кластерних і наноструктурних матеріалів» є формування у майбутнього фізика системи знань з будови та фізико-хімічних властивостей різного типу наносистем. Це передбачає виклад закономірностей будови кластерів та наночастинок та їх взаємозв'язку з властивостями, які визначають практичне застосування. цілісної картини фізичних явищ, електричними та магнітними властивостями речовин та електромагнітного поля. Предмет навчальної дисципліни включає основні поняття фізики кластерів та наносистем, закономірності поведінки наноречовин з врахуванням розмірного та квантово розмірного ефектів.
Література для вивчення дисципліни	**Базова:** 1. Фізика кластерів і наноситем. Навчальний посібник. / С.Мудрий, І.Штаблавий – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. –356с. 2. НАНОМАТЕРІАЛИ, НАНОТЕХНОЛОГІЇ, НАНОПРИСТРОЇ/ Боровий М.О., Куницький Ю.А., Каленик О.О., Овсієнко І.В., Цареградська Т.Л**.** – Київ: «Інтерсервіс», 2015. – 350 с. 3. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низько розмірні системи. К.: Академперіодика, 2003. – 310с. 4. S.M. Lindsay Introduction to Nanoscience. − Oxford University Press, 2010. – 470 p.

	5. Ковальчук Є.П. Решетняк О.В. Фізична хімія. –Львів.: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. –800с. **Допоміжна:** 1. Шпак А.П., Лисов В.І., Куницький Ю.А., Цареградська Т.Л.. Кристалізація і аморфізація металевих систем. – К. Академперіодика, 2002. – 208с. 2. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Захаренко М.І., Волощенко А.С.. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. – К.: Академперіодика, 2003. – 207с. **Інформаційні ресурси:** Wikipedia. http://www.wikipedia.org
Обсяг курсу	**48** годин аудиторних занять. З них 16 годин лекцій, 32 години лабораторних робіт та 42 години самостійної роботи
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде : **Знати** 1. основні поняття та закони, які описують поведінку наносистем у різних термодинамічних умовах. 2. особливості будови кластерів, наночастинок та нанокластерних систем та вплив розмірного фактора на ці особливості.. 3. основні механічні, електричні, магнітні та оптичні властивості наноматеріалів 4. методи дослідження та способи отримання наноматеріалів різного типу 5. квантові явища та фізичні процеси у низько розмірних структурах 6. практичне застосування наночастинок і фізико-хімічні основи нанотехнологій **Вміти** 1. застосовувати фундаментальні знання з фізики кластерних і наноструктурних систем для аналізу закономірностей формування структур малих розмірів у нерівноважних умовах. і 2. проводити експериментальні дослідження структури і властивостей наносистем і аналізувати отримані результати. 3. моделювати процеси структуроутворення в наносистемах і застосовувати їх до реальних наноматеріалів 4. вибирати наноматеріали для конкректних практичних потреб і синтезувати з них гетероструктури різного функціонального призначення.
Ключові слова	Кластери, наночастинки, наносистеми, фізичні властивості, квантово-розмірні ефекти
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Наведено у таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з вищої математики і загальної фізики, термодинаміки, хімії, статистичної фізики та квантової механіки.
Навчальні методи та	Презентація, лекції, дискусія

техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	
Необхідне обладнання	персональний комп'ютер, операційні системи (Windows, Linux), загальновживані комп'ютерні програми, проектор, програмне забезпечення для моделювання та візуалізації матеріалів на атомному рівні, обладнання для синтезу та дослідження фізичних властивостей наносистем.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • лабораторні: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 • контрольні заміри (модулі): 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50 Підсумкова максимальна кількість балів 100. **Письмові роботи:** Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт (есе, вирішення кейсу). **Академічна доброчесність**: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і практичні зайняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом. **Література.** Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
Питання на контрольні заміри знань.	1. Структура та властивості кластерів. 2. Структурні та електронні магічні числа. 3. Класифікація кластерів. Молекулярні кластери. 4. Лігандні та безлігадні кластери. 5. Кластери інертних газів. 6. Металічні кластери і кулонівський вибух. 7. Магнітні і вуглецеві кластери.

	8. Термодинамічні та кінетичні умови утворення нанокластерів. 9. Наночастинки. 10. Фулерени, їх структура та властивості. 11. Фулерени заміщення та ендоендральні фулерени. Екзоедральні фулерени. 12. Механізм утворення фулеренів. Утворення фулеренів і самоорганізація. 13. Експериментальні методи отримання фулеренів. 14. Фулерити і фулериди. 15. Кластерні системи. Фрактальні структури і фракали. 16. Фрактальна розмірність і методи визначення фракальної розмірності. 17. Кінетика утворення фракталів. 18. Вуглецеві нанотрубки. Типи нанотрубок. 19. Структура нанотрубок. 20. Механізм утворення нанотрубок. 21. Фізичні властивості нанотрубок. 22. Методи отримання нанотрубок. Електродуговий метод, лазерне оплавлення і хімічний каталіз. 23. Капілярні явища в нанотрубках. Розкриття нанотрубок та їх заповнення іншими елементами. 24. Практичне застосування нанотрубок. 25. Магнітні властивості наночастинок. 26. Квантове магнітне тунелювання. 27. Суперпарамагнетизм. 28. Гіганський магнітоопір в наносистемах. 29. Типи наноструктур з гігантським магнітоопором. 30. Оптичні властивості наносистем. 31. Наносистеми з магнітними кластерами. 32. Плазмони. 33. Оптичні властивості наносистем з напівпровідниковими кластерами. Екситони. 34. Квантово-розмірний ефект. 35. Квантові точки, потенціальні ями і квантові дроти. 36. Делокалізація і локалізація електронів у квантово-розмірних системах.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Фізика кластерних і наноструктурних матеріалів»

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
1–2	Тема 1. Кластери, їхня структура та властивості.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
3–4	Тема 2. Кластерна структура	Лекції — 2 год.	2 тижні

Тижні	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Термін виконання
	невпорядкованих систем.	лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	
5–6	Тема 3. Наночастинки. Найпростіші кластерні системи.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
7–8	Тема 4. Вуглецеві нанотрубки.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
9–10	Тема 5. Синтез нанотрубок та їх застосування.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні
11–12	Тема 6. Магнітні властивості наносистем. Магнітоопір в наносистемах.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
13-14	Тема 7. Оптичні властивості наносистем.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 5 год.	2 тижні
15-16	Тема 8. Квантово-розмірний ефект.	Лекції — 2 год. лабораторні — 4 год. самостійна робота — 6 год.	2 тижні