

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ**  
**КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧНОЇ ТА КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ІМЕНІ**  
**А.В СВДЗИНСЬКОГО**

**СИЛАБУС**

вiбiркового освiтнього компонента

**ФІЗИКА НАНОСТРУКТУР**

пiдготовки маiстра

**Луцьк 2026**

**Силабус освітнього компонента «ФІЗИКА НАНОСТРУКТУР»**  
підготовки магістра.

**Розробник:**

Пирого С.А., доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної фізики імені  
А. В. Свідзинського, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

**Погоджено**

Гарант освітньо-професійної програми:



доц. Сахнюк В.Є.

**Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри  
теоретичної та комп'ютерної фізики імені А. В. Свідзинського  
протокол № 6 від 10 лютого 2026 р.**

Завідувач кафедри



доц. Сахнюк В.Є.

## I. Опис освітнього компонента

| Найменування показників                  | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень   | Характеристика освітнього компонента |
|--|--|--------------------------------------|
| Денна очна форма навчання                | <b>Е Природничі науки,<br/>Е5 Фізика та астрономія,<br/>Фізика та астрономія</b><br><br><b>Другий<br/>(магістерський)<br/>рівень</b> | <b>Нормативна</b>                    |
| Кількість годин/кредитів<br><b>120/4</b> |  | Рік навчання <b>2</b>                |
| ІНДЗ: <u>немає</u>                       |  | Семестр <b>3-ий</b>                  |
|  |  | Лекції <b>10</b> год.                |
|  |  | Практичні (семінари) <b>14</b> год.  |
|  |  | Самостійна робота <b>88</b> год.     |
|  |  | Консультації <b>8</b> год.           |
|  | Форма контролю: <b>залік</b>   |                                      |
| <b>Мова навчання</b>                     | українська   |                                      |

## II. Інформація про викладача

|   |  |
|---|--|
| Прізвище, ім'я та по батькові                 | Пирога Степан Андрійович   |
| Науковий ступінь                              | кандидат фізико-математичних наук  |
| Вчене звання                                  | доцент   |
| Посада  | доцент   |
| e-mail  | <a href="mailto:pyroha.stepan@vnu.edu.ua">pyroha.stepan@vnu.edu.ua</a>   |
| Дні занять (посилання на електронний розклад) | на <a href="http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700">http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700</a> |

### **III. Опис освітнього компонента**

#### **1. Анотація курсу.**

Силабус вибіркового освітнього компонента «Фізика наноструктур» складено з урахуванням можливості формування індивідуальної освітньої траєкторії здобувачів освіти магістерського рівня. Курс охоплює результати фундаментальних і прикладних досліджень наноструктур та фізичні основи нанотехнологій, які стали визначальними у розвитку багатьох наук – фізики, хімії, матеріалознавства, біології.

#### **2. Мета і завдання освітнього компонента:**

Формування у майбутнього фізика системи знань з будови та фізико-хімічних властивостей різного типу наноструктур. Це передбачає виклад закономірностей будови наноструктур та їх взаємозв'язку з властивостями, які визначають практичне застосування. Предмет освітнього компонента включає основні поняття фізики наноструктур, закономірності поведінки наноструктур з врахуванням розмірного та квантово розмірного ефектів та передбачає формування компетентностей, необхідних для дослідження та аналізу різного типу наноструктур, моделювання процесів їх утворення та поведінки залежно від зміни термодинамічних та кінетичних умов їх існування.

#### **3. Soft skills.**

1. Критичне та аналітичне мислення (здатність аналізувати вплив квантово-розмірних ефектів на макроскопічні властивості матеріалів, інтерпретувати результати скануючої тунельної та атомно-силової мікроскопії).
2. Креативність та інноваційність (проєктування нових конфігурацій напівпровідникових гетероструктур та пошук нестандартних застосувань для вуглецевих нанотрубок і фулеренів в електроніці).
3. Інформаційна грамотність (навичка роботи зі спеціалізованою науковою літературою в галузі нанотехнологій, моделювання енергетичних спектрів та щільності станів у низькорозмірних системах).
4. Комунікаційні навички (уміння вести наукову дискусію та дебати щодо природи квантових явищ, аргументовано захищати обрані методи дослідження наноструктур).
5. Адаптивність та гнучкість (готовність до швидкого опанування сучасних високотехнологічних методів діагностики та розуміння міждисциплінарних зв'язків фізики наноструктур з хімією та біологією).
6. Самоорганізація та тайм-менеджмент (ефективне планування значного обсягу самостійної роботи для засвоєння фізичних основ нанотехнологій та виконання індивідуальних завдань).

#### 4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем   | Усього | Лек. | Практ | Лаб. | С/р. | Конс | Форма контролю/Бали* |
|---|--------|------|-------|------|------|------|----------------------|
| <b>Змістовий модуль 1. Фізика та технологія наноструктур</b>  |        |      |       |      |      |      |                      |
| Тема 1. Квантово-розмірні ефекти. Принцип розмірного квантування. Умови спостереження квантових розмірних ефектів. Щільність станів у нанооб'єктах. Квантово-розмірні напівпровідникові структури. Напівпровідникові квантові ями. Застосування квантових наноструктур в електроніці. | 27     | 2    | 4     | 0    | 19   | 2    | ДС/20                |
| Тема 2. Технологія приготування квантових наноструктур. Молекулярно-променева епітаксія (МПЕ). Особливості технології отримання квантових ям. Нанолітографія. Особливості технології одержання квантових ниток. Квантові точки.   | 25     | 2    | 2     |      | 20   | 1    | ДБ,Т/3/10            |
| Тема 3. Методи дослідження наноструктур. Скануюча тунельна мікроскопія. Використання СТМ в літографії. Атомний-силовий мікроскоп (АСМ). Магнітно-силова мікроскопія.  | 17     | 2    | 4     |      | 10   | 1    | ДБ,Т/3, КР/20        |
| Тема 4. Напівпровідникові надґратки. Типи надґраток. Властивості надґраток. Напівпровідникові квантові нитки та точки.  | 26     | 2    | 2     |      | 20   | 2    | ДБ,Т/3/10            |

|   |     |    |    |  |    |   |              |
|---|-----|----|----|--|----|---|--------------|
| Балістичний транспорт електронів і квантування. Квантовий ефект Холла.  |     |    |    |  |    |   |              |
| Тема 5. Наноструктури на основі вуглецю. Фулерени. Вуглецеві нанотрубки. Застосування вуглецевих нанотрубок. Принцип роботи водневого паливного елемента. | 25  | 2  | 2  |  | 19 | 2 | ДБ,Т/3, КР10 |
| <b>Разом за модулем 1</b>   | 120 | 10 | 14 |  | 88 | 8 | 70           |
| <b>Контрольна робота</b>  |     |    |    |  |    |   | 30           |
| <b>Всього балів</b>   |     |    |    |  |    |   | 100          |

\*Форма контролю\*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

### 5. Завдання для самостійного опрацювання.

Самостійна робота студента є основним засобом засвоєння навчального матеріалу в час, вільний від обов’язкових навчальних занять, без участі викладача. Самостійна робота включає:

- опрацювання теоретичних основ лекційного матеріалу;
- вивчення окремих тем або питань, що не розглядаються в курсі лекцій;
- систематизацію вивченого матеріалу перед заліком та ін. види роботи.

Студентам також рекомендується для самостійного опрацювання відповідна наукова література та періодичні видання.

### IV. Політика оцінювання

Політика оцінювання результатів навчання здобувачів освіти регламентується положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки від 26 червня 2025 року (<https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/2025.-Про-поточне-і-підсумк.оцінювання.pdf>).

Відвідування лекцій студентом не оцінюється. Однак, для засвоєння студентам рекомендується відвідувати лекційні заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для розв’язування задач на практичних заняттях, виконання домашніх завдань та завдань, що пропонуються на контрольних заходах. Відвідування практичних занять є обов’язковим.

Поточна оцінка формується з:

- 1) оцінювання виконання завдань на практичних заняттях: 10 балів;

2) оцінки за контрольну роботу (на контрольній пропонується п'ять завдання типових до тих, що виконувались на практичних заняттях, кожне завдання оцінюється у 6 балів).

Завдання практичного заняття вважаються виконаними вчасно, якщо здобувач освіти надав викладачу звіт з їх виконання не пізніше наступної практичної роботи.

У випадку пропуску практичних занять (з поважних причин) здобувач освіти має право відпрацювати пропущені заняття на консультаціях та добрати ту кількість балів, яку було визначено на пропущені теми.

Згідно Порядку визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки ([https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024\\_Viznannya\\_rezultativ\\_VNU\\_im.\\_L.U.\\_red.pdf](https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024_Viznannya_rezultativ_VNU_im._L.U._red.pdf)) студентів можуть бути зарахованими результати навчання, які отримані у формальній, неформальній та/або інформальній освіті.

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись положень Кодексу академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки (<http://ra.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/06/Kodeks-akademichnoyi-dobrochesnosti.pdf>), і розуміють, що за його порушення несуть особисту відповідальність.

## **V. Підсумковий контроль**

Формою підсумкового семестрового контролю є залік. Оцінювання здійснюється за накопичувальною шкалою.

Залік виставляється за результатами поточної роботи за умови, що здобувач освіти виконав ті види навчальної роботи, які визначено силабусом. У дату складання заліку записується у відомість сума поточних балів, які здобувач освіти набрав під час поточної роботи.

У випадку, якщо здобувач освіти протягом поточної роботи набрав менше як 60 балів, він складає залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання анулюються. Максимальна кількість балів на залік під час ліквідації академічної заборгованості 100 балів. Під час ліквідації академічної заборгованості студенту необхідно виконати п'ять завдань, типові до тих, що виконувались на практичних роботах. При цьому кожне завдання оцінюється максимум у 20 балів.

У день складання заліку за основною сесією заборонено проводити додаткові опитування здобувача освіти, а також здобувач освіти не має права дозавати будь-який вид робіт, передбачений силабусом освітнього компоненту.

## VI. Шкала оцінювання

| Оцінка в балах | Лінгвістична оцінка                    |
|----------------|--|
| 90–100         | Зараховано                             |
| 82–89          |  |
| 75–81          |  |
| 67–74          |  |
| 60–66          |  |
| 0–59           | Незараховано (необхідне перескладання) |

## VII. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Пирога С.А. Фізика наноструктур: навчальний посібник. Луцьк: ВЕЖА, 2016, 167 с.
2. Поп М.М., Біланич В.С., Фізика і технологія наноструктур: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ». 2024. 104 с.
3. Основи технології виготовлення мікро- та наносистемної техніки: навчальний посібник. Уклад. Ю.В. Діденко, Д.Д. Татарчук. Київ: КПІ імені Ігоря Сікорського. 2022. 113 с.
4. Попов В.В., Крючин А.А., Куницький Ю.А., Рубіш В.М., Лапчук А.С., Костюкевич С.О. Методи нанолітографії. Київ: Наукова думка. 2015. 262 с.
5. Ткач О.П. Наноматеріали і нанотехнології у приладобудуванні: навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет. 2014. 127 с.
6. Мудрий С.І. Фізика кластерів та наносистем. Навч. посібн. Львів: ЛНУ, 2010. 450 с.
7. Шпак А.П.(Шпак А.П. Куницький Ю.А., Карбовський В.Л.) Кластерные и наноструктурные материалы. Киев : Академперіодика, 2001. Т 1. –588 с.
8. Шпак А.П., Куницький Ю.А., Коротченков О.О., Смик С.Ю. Квантові низькорозмірні системи. К.: Академперіодика, 2003. – 310с.
9. Суздалев И.П.. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. – М.: КомКнига, 2006. –592с.
10. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. –М.: Техносфера, 2004. –328с.
11. Ковальчук Є.П. Решетняк О.В. Фізична хімія. –Львів.: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. –800с.
12. Шпак А.П., Черемской П.Г., Куницький Ю.А., Соболев О.В. Кластерные и наноструктурные материалы. Т.3. Пористость как особое состояние структуры в твердотельных наноматериалах. –Київ.: Академперіодика, 2005. – 516с.

13. Харрис П. Углеродные нанотрубки и родственные структуры. Новые материалы XXI века. – М.: Техносфера, 2003 – 336с.

#### **Додаткова**

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.
3. Строщко М., Дутта М., Фононы в наноструктурах / Пер. с англ. под ред. Г.Н. Жижина. – М.: Физматлит, 2006. – 320с.
4. Золотухин И.В. Физические свойства аморфных металлических материалов. – М.: Металлургия, 1986. – 176с.
5. Булавін Л.А., Кармазіна т.В., Клепко В.В., Слісенко В.І. Нейтронна спектроскопія конденсованих середовищ – К.: Академперіодика, 2005. – 640с.
6. Андо Т., Фаулер А., Стерн Ф. Электронные свойства двухмерных систем – М.: Мир. 1985, – 416с.
7. Балицький О., Миколайчук О. Дифракція електронів для дослідження структури матеріалів – Л. Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2008. – 63с.