

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Волинський національний університет імені Лесі Українки**  
**Навчально-науковий фізико-технологічний інститут**  
**Кафедра експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій**

**СИЛАБУС**  
**вибіркового освітнього компонента**  
**Основи кристалографії**  
**підготовки бакалавра**

Луцьк – 2026

**Силабус освітнього компонента «ОСНОВИ КРИСТАЛОГРАФІЇ» підготовки бакалавра.**

**Розробник:** Шаварова Ганна Петрівна, доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій кандидат фіз.-мат. наук, доцент.

**Погоджено**


Гарант освітньо-професійної програми:



Шаварова Г.П.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій

протокол № 8 від 29 січня 2026 р.

Завідувач кафедри: 

(Галян В.В.)

## I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна форма навчання	10 – Природничі науки  105 – Прикладна фізика та наноматеріали  Прикладна фізика  Бакалавр	Нормативна
Кількість годин / кредитів 150/5		Рік підготовки <u>4-й</u>
		Семестр <u>8 -ий</u>
		Лекції <u>10</u> год.
ІНДЗ: немає		Практичні (семінарські) <u>20</u> год. Лабораторні <u>0</u> год. Індивідуальні <u>0</u> год.
		Самостійна робота <u>110</u> год.
		Консультації <u>10</u> год.
	Форма контролю: залік	
Мова навчання українська		

## II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові: Шаварова Ганна Петрівна

Науковий ступінь: канд. фіз.-мат. наук

Вчене звання: доцент

Посада: доцент кафедри експериментальної фізики, інформаційних та освітніх технологій

Контактна інформація: тел. 0952433322, e-mail: shavarova.hanna@vnu.edu.ua

Дні занять: <https://ps.vnu.edu.ua/cgi-bin/timetable.cgi>

## III. Опис освітнього компонента

### 1. Анотація курсу.

Фізичні властивості монокристалів і енергетичний спектр дефектів у твердих тілах у значній мірі визначаються типом кристалічної решітки. У курсі розглядаються основні поняття і методи, за допомогою яких можна описати і графічно зобразити структуру кристалічних речовин, наводяться типові кристалічні структури і встановлюється взаємозв'язок між структурою матеріалів і їх фізичними властивостями. ЗО знайомляться зі створенням 3-вимірних зображень кристалічних структур у програмі CrystalMaker, з методами визначення структури речовин. Вивчаються основні типи дефектів, які існують у реальних кристалах або вводяться спеціально, способи їх утворення, явища дифузії атомів у кристалах. У заключній частині розглядається будова нових матеріалів: надграток у т.ч. фотонних структур, алотропних форм вуглецю, металорганічних каркасних структур, тощо.

### 2. Мета і завдання освітнього компонента.

**Метою** вивчення освітнього компонента є засвоєння здобувачами освіти основних понять кристалографії, таких, як види симетрії, ґратки Браве, обернена ґратка; ознайомлення з фізичними принципами і методами X-променевого структурного аналізу, а також основними типами дефектів, способами їх утворення та процесами їх руху, закономірностями дифузії атомів кристалічних тіл.

Основними завданнями вивчення освітнього компонента «Основи кристалографії» є: формування у здобувачів освіти навичок аналітичного опису та графічного зображення елементів структури кристалів та їх симетрії, формування професійної компетентності щодо розуміння зв'язку між структурою реальних кристалів та їх фізичними властивостями.

Після вивчення **освітнього компонента «Основи кристалографії»** здобувачі освіти повинні:

*знати:*

- особливості кристалічного та аморфного стану речовини,
- елементи симетрії скінчених фігур та кристалічної ґратки, їх взаємодію; класифікацію видів симетрії;
- трансляції, ґратки Браве просторові групи симетрії,
- основні закони кристалографії;
- властивості оберненої ґратки, її застосування;
- класифікацію та види структурних дефектів;
- основні механізми дифузії атомів у твердих тілах, методи спостереження дифузії.

- особливості структури матеріалів з покращеними адсорбційними, гідрофобними, термоелектричними, магнітними та ін властивостями

*вміти:*

- визначати набір елементів симетрії зовнішньої огранки кристалів та кристалічних структур;
- розшифровувати позначення видів симетрії та просторових груп симетрії в різних системах (міжнародній, за Шенфлісом, Шубніковим);
- будувати вектори трансляцій оберненої ґратки, визначати кути між ними;
- визначати основні параметри кристалічних структур: коефіцієнт компактності, координаційне число, найменшу віддаль між атомами;
- визначати рівноважну концентрацію точкових дефектів, енергію дислокацій;
- розраховувати коефіцієнт дифузії та його температурну залежність;
- використовувати комп'ютерні програми для вивчення та побудови кристалічних структур.

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

У результаті опанування освітнього компонента «Основи кристалографії» здобувач вищої освіти здобуває такі Soft skills:

*здатність до критичного мислення та обґрунтованого прийняття рішень* – у процесі аналізу кристалічних структур, та встановлення взаємозв'язку між структурою матеріалів і їх фізичними властивостями;

*уміння розв'язувати комплексні задачі* - виконання завдань в умовах обмеженого часу із застосуванням аналітичних, графічних та комп'ютерних методів;

*навички ефективної комунікації* – усне й письмове представлення результатів розрахунків і моделювання, участь у фахових дискусіях;

*здатність працювати в команді та досягати спільного результату* - під час виконання групових завдань;

*інформаційно-цифрова компетентність* - використання спеціалізованого програмного забезпечення та робота з науковими джерелами;

*уміння планувати власну навчальну діяльність* - дотримання дедлайнів та відповідальність за отриманий результат;

*готовність до безперервного професійного розвитку* - опанування принципів будови нових матеріалів з особливими фізичними властивостями.

*дотримання принципів академічної доброчесності* - у навчальній роботі, під час контрольних заходів.

#### 4. Структура освітнього компонента

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Практ.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
<b>Змістовий модуль 1. Основи структурної кристалографії</b>						
Тема 1 Класифікація твердих тіл. Кристалічні та аморфні тверді тіла. Близький і далекий порядок. Координаційне число, координаційний багатогранник. Площини спайності. Елементи симетрії зовнішньої огранки кристалів та їх позначення.	14	1	2	10	1	РМГ /4 Т/2
Тема 2 Взаємодія елементів симетрії. 32 види симетрії та їх виведення. Класифікація видів симетрії, категорії, сингонії. Системи позначень видів симетрії. Елементи симетрії нескінчених фігур. Гратки Браве, їх типи. Просторові групи симетрії, їх позначення.	15	1	2	10	2	РМГ/2 ІРС/2
Тема 3. Основні закони кристалографії. Аналітичний опис кристалів. Індокси вузлів, напрямків, площин. Проективне зображення кристалів. Стереографічні та гномостереографічні проекції. Сферичні координати. Обернена гратка. Співвідношення між векторами трансляцій прямої та оберненої гратки.	30	2	6	20	2	РЗ/2 РМГ/2 ІРС/2
Тема 4. Найбільш щільні укладки атомів. Типи порожнин в щільноукладених структурах. Геометричні умови стійкості для іонних кристалів типу АВ. Основні типи кристалічних структур. Створенням 3-вимірних зображень кристалічних структур за допомогою комп'ютерних програм. Експериментальні методи Х-променевого дослідження моно- та полікристалів.	27	2	4	20	1	РЗ/2 ІРС/2
<b>Разом за модулем 1</b>	<b>86</b>	<b>6</b>	<b>14</b>	<b>60</b>	<b>6</b>	<b>20</b>
<b>Змістовий модуль 2. Основні типи дефектів та дифузія у твердих тілах</b>						

Тема 5. Класифікація структурних дефектів за розмірністю та способом утворення. Власні та невластні дефекти. Точкові дефекти. Вакансії. Міжвузлові атоми та їх рівноважна концентрація. Пари Френкеля. Дефекти за Шоткі. Центри забарвлення. Домішкові точкові дефекти. Лінійні дефекти: крайова та гвинтова дислокація, дислокаційна лінія, вектор Бюргерса. Утворення та методи спостереження дислокацій. Енергія, рух дислокацій. Закріплення і розмноження дислокацій. Вплив дислокацій на міцність кристалів.	28	2	4	20	2	T/2 IPC /2
Тема 6. Основні механізми дифузії атомів у твердих тілах. Розрахунок коефіцієнта дифузії та його температурна залежність. Експериментальне визначення енергії активації дифузії. Макроскопічна дифузія. Розподіл концентрації дифундуючих частинок в зразку I –й та II-й закони Фіка. Методи спостереження дифузії.	20	1	2	15	2	IPC /4
Тема 7. Особливості структури нових матеріалів з особливими фізичними властивостями. Надгратки, у т.ч. фотонні структури, алотропні форми вуглецю: графен, фулерени, нанотрубки. Металорганічні каркасні структури та інші матеріали з унікальними адсорбційними, гідрофобними, термоелектричними, магнітними та ін властивостями.	16	1		15		T/2
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>64</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>50</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
<b>Види підсумкових робіт</b>						
Контрольна робота 1						<b>35</b>
Контрольна робота 2						<b>35</b>
<b>Всього годин / Балів</b>	<b>150</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>110</b>	<b>10</b>	<b>100</b>

Методи контролю\*: РМГ – робота в малих групах, Т – тести, індивідуальна робота здобувача освіти.

## **5. Завдання для самостійного опрацювання.**

1. Поглиблене опрацювання теоретичних основ лекційного матеріалу.
  - Проста форма. Приклади простих форм. Відкрита і замкнута проста форма. Комбінації простих форм.
  - Атомні радіуси та іонні радіуси, способи їх визначення. Закономірності у розмірах іонних радіусів для елементів таблиці Менделєєва. Фактори, що впливають на величину іонних радіусів елемента.
  - Поліморфізм, політипізм.
  - Принципи формування структури кристалів. Структура кристалів з ковалентним, іонним, металічним, водневим та ван-дер-ваальсівським зв'язком.
2. Вивчення питань та тем, які не розглядаються у курсі лекцій.
  - Правильна система точок. Загальне та часткове положення структурної одиниці в елементарній комірці. Кратність правильної системи точок.
  - Симетрія та фізичні властивості кристалів.
  - Взаємодія дислокацій між собою та з точковими дефектами.
  - Поверхні кристала.
3. Підготовка до практичних занять та контрольних робіт.

## **IV. Політика оцінювання**

*Політика викладача щодо здобувача освіти.*

Для ефективності навчального процесу і безпечного перебування у навчальному закладі студент зобов'язаний дотримуватись правил внутрішнього розпорядку університету та правил техніки безпеки; відвідувати лекції, практичні заняття, контрольні роботи відповідно до розкладу, не пропускати заняття без поважних причин, не запізнюватися на заняття.

Поточна навчальна діяльність здобувачів освіти оцінюється за результатами виконання завдань на практичних заняттях, контролю виконання завдань, які виносяться на самостійну роботу, експрес-контролю та контрольних робіт. Максимальна кількість балів, яку може набрати здобувач освіти за поточну навчальну діяльність становить 100 балів.

*Політика щодо академічної доброчесності.*

Здобувач освіти повинен бути порядним і чесним, забороняється підказувати і списувати на практичних заняттях та контрольних роботах. У разі виявлення списування робота оцінюється у 0 балів.

Під час виконання практичних та контрольних робіт, інших видів навчальної діяльності здобувач вищої освіти повинен дотримуватись правил академічної доброчесності, які описані у Кодексі академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки [10].

*Політика щодо дедлайнів та перескладання.*

Якщо здобувач вищої освіти не відвідував окремі аудиторні заняття (з поважних причин), на консультаціях він має право відпрацювати пропущені заняття та добрати кількість балів за пропущені теми, відповідно до силабусу. Пропущені з поважних причин практичні заняття слід відпрацювати протягом 2-х тижнів після виходу студента на навчання. Форма і час відпрацювання узгоджується з викладачем.

*Можливість визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та інформальній освіті.*

Відповідно до «Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки» [11] здобувачеві вищої освіти можуть бути зарахованими результати навчання, які отримані у формальній, неформальній та/або інформальній освіті.

*Можливість отримати додаткові (бонусні) бали.*

Здобувачам освіти, які брали участь у роботі конференцій, підготовці наукових публікацій, в олімпіадах, конкурсах студентських наукових робіт, може бути присуджено додаткові (бонусні) бали, які зараховуються як результати поточного контролю. Систему бонусних балів погоджує науково-методична комісія інституту. При цьому загальна кількість балів за поточну роботу не може перевищувати 100 балів [12].

## V. Підсумковий контроль

Формою підсумкового контролю з ОК «Основи кристалографії» є залік. Відповідно до Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки [12] залік викладач виставляє за результатами роботи здобувача освіти з відповідних тем та контрольні роботи.

Семестровий залік викладач виставляє за умови виконання здобувачем освіти завдань, передбачених силабусом ОК. Мінімальна позитивна кількість балів – 60. У випадку, якщо здобувач освіти набрав менше ніж 60 балів, він складає залік під час ліквідації академічної заборгованості. У цьому випадку бали, набрані під час поточного оцінювання, анулюються.

Залік проводиться у письмовій формі. Білет складається з теоретичних питань та практичних завдань відповідно до тем змістових модулів. Максимальна кількість балів під час ліквідації академічної заборгованості з заліку – 100.

Здобувач освіти, який не погоджується з результатами підсумкового контролю, отриманих під час семестрового контролю в день оголошення результатів підсумкового оцінювання, має право звернутися з *апеляційною заявою* на ім'я проректора з навчальної роботи та рекрутації. Проректор своїм розпорядженням створює апеляційну комісію, яка розглядатиме звернення здобувача. Апеляція має бути розглянута на засіданні апеляційної комісії не пізніше наступного дня після її подання. Здобувач освіти, який подав апеляцію, має право бути присутнім при розгляді своєї заяви [13].

### *Критерії оцінювання.*

– Оцінка «відмінно» (максимальна кількість балів, яка передбачена у стовпці Форма контролю/ Бали): здобувач освіти упевнено володіє навчальним матеріалом, самостійно опрацьовує основні й додаткові джерела, творчо підходить до виконання групових завдань та самостійної роботи.

– Оцінка «добре» (75% максимальної кількості балів, передбачених у стовпці Форма контролю/ Бали): виставляється у випадку, коли здобувач освіти володіє достатнім обсягом навчального матеріалу, здатний аналізувати і частково узагальнювати отримані знання, уміє застосовувати теоретичні положення для розв'язування типових задач, хоча іноді допускає незначні неточності або потребує допомоги викладача під час розв'язування складніших завдань.

– Оцінка «задовільно» (50% максимальної кількості балів, передбачених у стовпці Форма контролю/ Бали): виставляється, якщо здобувач освіти засвоїв основні положення навчального матеріалу, але демонструє фрагментарні знання. Може виконувати типові завдання за зразком, однак припускається помилок у розрахунках або тлумаченні результатів. Потребує допомоги викладача для усвідомлення окремих теоретичних аспектів і корекції ходу розв'язання задач.

– Оцінка «незадовільно» (25% % максимальної кількості балів, передбачених у стовпці Форма контролю/ Бали): виставляється, якщо здобувач освіти не володіє необхідним мінімумом знань із освітнього компонента. У процесі розв'язування задач допускає принципові неточності або не може завершити роботу навіть з допомогою викладача.

### *Можливість отримати додаткові (бонусні) бали.*

Здобувачам освіти, які брали участь у роботі конференцій, підготовці наукових публікацій, в олімпіадах, конкурсах студентських наукових робіт, може бути присуджено додаткові (бонусні) бали, які зараховуються як результати поточного контролю. Систему бонусних балів погоджує науково-методична комісія інституту. При цьому загальна кількість балів за поточну роботу не може перевищувати 100 балів [9]

## Шкала оцінювання

Рейтингова оцінка з навчальної дисципліни визначається як сума у балах поточної та підсумкової оцінки.

### Шкала оцінювання знань здобувачів освіти

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка
90–100	Зараховано
82–89	
75-81	
67-74	
60-66	
1–59	Незараховано (необхідне перескладання)

### VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

#### Основна:

1. Кристалографія, кристалохімія та мінералогія. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/items/a5c212cb-09d0-4ff4-b5fe-40cf818531a8>
2. Конспект лекцій з дисципліни «Кристалографія» [Електронний ресурс] / [Упоряд. : С.О. Колінько., Т.І. Бутенко, Ващенко В.А.]; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2020. – 99 с. URL: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/4011/1/Конспект%20лекцій%20з%20кристалографії.pdf>
3. Foundations of Crystallography with Computer Applications /Maureen M. Julian, Carla Slebodnic and Francis Julian: Taylor & Francis, 2024. 488 p.
4. Crystallography Open Database URL: <https://www.crystallography.net/cod/>
5. Crystallography - an overview | ScienceDirect Topics URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/crystallography>
6. Geometry of crystals, polycrystals, and phase transformations URL: [https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2020/Crystallography\\_book.pdf](https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2020/Crystallography_book.pdf)
7. INTERNATIONAL TABLES FOR CRYSTALLOGRAPHY Volume A SPACE-GROUP SYMMETRY. URL: [http://www.physics.gov.az/book\\_I/Theo\\_Hahn.pdf](http://www.physics.gov.az/book_I/Theo_Hahn.pdf)
8. Introduction to Crystallography (Intro to Solid-State Chemistry). MIT OpenCourseWare URL: <https://www.youtube.com/watch?v=R0sw85RkKCY>
9. Crystallography. URL: <https://www.vbspu.ac.in/e-content/Shashikant-Yadav/Crystallography.pdf>

#### Додаткова:

10. Кодекс академічної доброчесності Волинського національного університету імені Лесі Українки. URL: [https://ra.vnu.edu.ua/akademichna\\_dobrochesnist/kodeks\\_akademichnoi\\_dobrochesnosti/](https://ra.vnu.edu.ua/akademichna_dobrochesnist/kodeks_akademichnoi_dobrochesnosti/)
11. Положення про визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у Волинському національному університеті імені Лесі Українки від 29 червня 2022 року. URL: [https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024\\_Визнання\\_резул\\_татів\\_ВНУ\\_ім.\\_Л.У.\\_ред.pdf](https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2024/09/2024_Визнання_резул_татів_ВНУ_ім._Л.У._ред.pdf)
12. Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки. (Наказ № 269-з від 26.06.2025 р.) URL: <https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/06/2025.-Про-поточне-і-підсумк.оцінювання.pdf>
13. Положення про організацію освітнього процесу на першому (бакалаврському) та другому (магістерському) рівнях у Волинському національному університеті імені Лесі Українки (затверджено 29.08.2024 р.). URL: [https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/2024-olozhennya\\_pro\\_org\\_anizatsiyu\\_navch.\\_pr\\_otsesu\\_u\\_VNU\\_ред.pdf](https://ed.vnu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/2024-olozhennya_pro_org_anizatsiyu_navch._pr_otsesu_u_VNU_ред.pdf)