

**СИЛАБУС**  
**навчальної дисципліни (обов'язкова)**  
**ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНОГО СТАНУ**  
Обсяг освітнього компоненту (кредитів – 3/годин - 90)

Освітня програма «Композиційні та порошкові матеріали, покриття»  
першого рівня вищої освіти  
Спеціальність – 132 Матеріалознавство

**ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧА**



***Гіржон Василь Васильович, доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізичного матеріалознавства.***

***Контактна інформація:***

*0677239560, телефон викладача,*

*E-mail [vgirzhon@gmail.com](mailto:vgirzhon@gmail.com)*

***Час і місце проведення консультацій:***

*1 корпус, аудиторія 166а та онлайн за графіком консультацій кафедри*

**ОПИС КУРСУ**

**Завдання:**

**Завдання курсу** – узагальнення системного уявлення про особливості будови твердих тіл; вивчення інформації про кристалохімічні особливості взаємодії атомів у ґратках; засвоєння матеріалу щодо природи дифузійних процесів у кристалічних тілах та методів їх описання..

**МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ**

**Метою курсу є:** формування професійних компетенцій в області фізики конденсованого стану, зокрема фізики твердого тіла і фізики металів; розуміння принципів будови твердих тіл; основні методи досліджень структури і властивостей металів і сплавів; уявлення про закономірності кристалічної будови та її дефекти; знання природи і типів міжатомних зв'язків; формування уявлення про особливості дифузійних процесів у твердих тілах.

Компетентності та результати навчання, формування яких забезпечує вивчення дисциплін:

У результаті вивчення компоненту студент повинен отримати:

**загальні компетентності:**

**КЗ.01.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

**КЗ.03.** Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями

**КЗ.04.** Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми

**КЗ.05.** Здатність приймати обґрунтовані рішення

**КЗ.06.** Здатність до адаптації та дії в новій ситуації

**спеціальні (фахові) компетентності:**

**КС.01.** Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, фізичні методи для вирішення інженерних матеріалознавчих завдань

**КС 03.** Здатність продемонструвати розуміння питань використання технічної літератури та інших джерел інформації в галузі матеріалознавства

**КС.04.** Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства

**КС.05.** Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем

**КС.09.** Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем..

**Очікувані програмні результати навчання:**

**ПРН1.** Демонструвати володіння логікою та методологію наукового пізнання.

**ПРН2.** Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

**ПРН8.** Уміти застосувати свої знання для вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі

**ПРН10.** Уміти поєднувати теорію і практику для розв'язування завдань матеріалознавства.

**В результаті вивчення дисципліни студенти повинні мати:**

Освоєння основи фізики конденсованого стану, яка розглядає закономірності будови твердих тіл, основи їх структуроутворення, знання критеріїв класифікації кристалічних речовин. З'ясування основних видів та геометрії дефектів будови кристалічної структури. Поглиблення знань, щодо

ролі реальної кристалічної будови матеріалів у формуванні їхніх фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей.

## ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вивченню навчальної дисципліни «Фізика конденсованого стану» передують загальні та фахові знання, отримані при вивченні курсів загальної фізики, вищої математики, кристалографії та дефектів кристалічної будови. Одержані знання з даної дисципліни можуть бути використані при подальшому вивченні курсів «Методи структурного аналізу матеріалів», «Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів», «Фізичні властивості і методи дослідження матеріалів»..

## ПЕРЕЛІК ТЕМ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН) ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1 – Загальний тематичний план аудиторної роботи

Номер тижня	Теми лекцій, год.	Теми практичних занять, год.
1	2	3
<b>Змістовий модуль 1 . Геометрична і структурна кристалографія.</b>		
1	Вступ. Класифікація конденсованих речовин (2 год.)	Вектор трансляції. Координати атомів у кристалічній ґратці. Базис (2 год)
2	Кристалічна ґратка. Розташування атомів у кристалічній ґратці (6 год.)	Методика побудови кристалографічних напрямків, площин, сімейств площин у кристалічних ґратках різного типу (4 год)
3		
4		
5	Методи визначення структури твердих тіл (4 год.)	Визначення типу хімічних зв'язків та валентностей у сполуках різного типу (2 год)
6		
7		
8	Хімічний зв'язок і валентність (4 год)	
<b>Змістовий модуль 2 Дефекти кристалічної будови</b>		
9	Класифікація дефектів кристалічної будови (2 год.)	Розрахунок кількості вакансій в металах при різних температурах (2 год.)
10	Точкові дефекти (4 год.)	
11		
12	Дислокації (4 год.)	Методи визначення густини дислокацій в кристалічних матеріалах (2 год.)
13		
14	Поняття дифузії. Дифузія в кристалах (6 год.)	Використання законів Фіка при описанні дифузійних процесів (4 год)
15		
16		

## САМОСТІЙНА РОБОТА

1. Визначення кристалічних матеріалів: з'ясування поняття "кристалічне тіло", їхньої основної властивості - наявності впорядкованого, симетричного розташування частинок (атомів, іонів, молекул) у просторі, що утворюють кристалічну ґратку. Критерії класифікації: розуміння основного критерію класифікації кристалічних речовин - типу хімічного зв'язку та природи частинок, що розташовані у вузлах. Анізотропія кристалів: вивчення явища анізотропії - залежності фізичних властивостей від напрямку в кристалі. Різновиди кристалічних тіл. Порівняння з аморфними тілами (1 тиждень).
2. Вивчення базових понять, таких як кристалічна ґратка, вузол ґратки, елементарна комірка, періоди трансляції та кристалографічні осі. Необхідно розрізняти різні типи ґраток Браве (наприклад, проста кубічна, об'ємно-центрована кубічна, гранецентрована кубічна, гексагональна щільноупакована) (2 тиждень).
3. Визначення та побудова кристалографічних напрямків. Ознайомлення з правилами визначення індексів напрямків (числа, що записуються у квадратних дужках, наприклад,  $[hkl]$ ) на основі координат вузлів ґратки. Важливо навчитися знаходити початок координат та визначати цілочисельні координати вектора напрямку, зводячи їх до найменших цілих чисел (3 тиждень).
4. Визначення та побудова кристалографічних площин (індекси Міллера). Засвоєння методики визначення індексів Міллера для площин (числа, що записуються у круглих дужках, наприклад,  $(hkl)$ ). Це включає знаходження точок перетину площини з кристалографічними осями, взяття обернених величин цих перетинів та зведення їх до найменших цілих чисел (4 тиждень).
5. Поняття сімейств напрямків і площин. Розуміння концепції симетрично-еквівалентних (рівноцінних) напрямків або площин, які позначаються фігурними дужками (наприклад,  $\{hkl\}$  для сімейства площин або  $\langle hkl \rangle$  для сімейства напрямків). Ці сімейства мають однакові фізичні та хімічні властивості в кристалі (5 тиждень).
6. Особливості різних типів кристалічних ґраток. Вивчення специфічних систем позначень, наприклад, використання чотирьох індексів Міллера-Браве ( $[hkil]$  або  $(hkil)$ ) для гексагональної сингонії, що використовує додаткову вісь для зручності опису. Необхідно вміти застосовувати загальні правила до конкретних типів ґраток (6 тиждень).
7. Теоретичні основи: види хімічного зв'язку. Електронна природа хімічного зв'язку, електронна теорія валентності. Механізми утворення та основні характеристики йонного, ковалентного (полярного та неполярного) та металічного зв'язків. Поняття електронегативності та її впливу на тип зв'язку між різними атомами (наприклад, між металом і неметалом, двома неметалами) (7 тиждень).
8. Валентність та ступені окиснення: правила визначення та застосування. Правила визначення валентності елементів у бінарних сполуках. Розрахування ступеня окиснення для всіх атомів у нейтральних молекулах та йонах, Відпрацювання навичок складання хімічних формул сполук на основі заданої валентності або ступеня окиснення елементів (8 тиждень).
9. Основні типи точкових дефектів у кристалах та їх вплив на фізичні властивості матеріалів. Класифікація дефектів (вакансії, міжвузлові атоми, домішки заміщення та впровадження) та їхній вплив на такі властивості, як електропровідність, оптичні властивості та міцність матеріалу (9 тиждень).
10. Механізми утворення точкових дефектів (термічний, радіаційний, легування) та методи експериментального визначення їхньої концентрації. Процеси виникнення дефектів та методи їхнього вимірювання (наприклад, за допомогою диференціальної скануючої калориметрії, електронної мікроскопії або вимірювань провідності) (10 тиждень).

11. Фундаментальний зв'язок між існуванням та рухом дислокацій (лінійних дефектів кристалічної ґратки) і пластичною деформацією кристалічних матеріалів. Розуміння того, що саме дефекти, а не одночасне зміщення всіх атомних площин, дозволяють матеріалам змінювати форму під дією напруження, що є ключовим аспектом фізики міцності (11 тиждень).

12. Основні механізми зміцнення матеріалів (наприклад, зменшення розміру зерна, твердорозчинне зміцнення, деформаційне зміцнення), що ґрунтуються на взаємодії з дислокаціями та вплив цих механізмів впливають на рух дислокацій. Практичне застосування теорії дислокацій для модифікації механічних властивостей матеріалів, а також аналізу різних типів взаємодій між дислокаціями та іншими дефектами чи структурними елементами (12-13 тиждень).

13. Пояснення механізмів дифузії. Основні механізми дифузії атомів у кристалічних ґратках (наприклад, вакансійний, міжвузловий). Їхні ключові відмінності та приклади матеріалів, де переважає певний механізм (14 тиждень).

14. Вплив температури та домішок на дифузійні процеси. Вплив зміни температури та наявності дефектів або домішок на швидкість дифузії в кристалах. Фізичні закони (наприклад, рівняння Арреніуса), що описують цю залежність (15 тиждень).

15. Практичне застосування та наслідки дифузії (наприклад, у напівпровідниковій промисловості, металургії, геології). Інженерні або природні процеси, існування яких неможливе без цього явища (15 тиждень).

## РЕКОМЕНДОВАНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

### Навчально-методичні розробки:

1. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану» - <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=5579>
2. Навчальні моделі кристалів, макети просторових ґраток, презентації до розділів курсу <https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=5579>

### Літературні джерела:

1. Фізика конденсованого стану матеріалів: навч. посіб. / Т.П. Говорун, В.О. Пчелінцев, В.М. Радзівський, Л.В. Носонова. - Суми: СумДУ, 2015. - 236 с.
2. С.О. Колінько., Т.І. Бутенко, Ващенко В.А. Конспект лекцій з дисципліни «Фізика конденсованого стану матеріалів» М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 175 с.
3. Зиман З.З., Сіренко А.Ф. Основи фізичного матеріалознавства, Х., ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2005.-288 с.
4. Поплавко Ю. М. Фізичне матеріалознавство , Ч. 3. Провідники та магнетика. /Ю. М. Поплавко, С. О. Воронов, Ю. І. Якименко.. Навчальний посібник. К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 372 с..
5. О.М.Бялік, В.С.Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. Матеріалознавство.: Підручник.- К.: ІВЦ «Політехніка», 2001.- 375 с.с.
6. Подопрігора Н.В. Фізика твердого тіла: О.М.Бялік, В.С.Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. Матеріалознавство.: Підручник.- К.: ІВЦ «Політехніка», 2001.- 375 с.с.авчальний посібник для студентів фізичних спеціальностей педагогічних університетів / Подопрігора Н.В., Садовий М.І.,

Трифорова О.М. – Кіровоград: ПП «Центр оперативної поліграфії «Авангард», 2014. – 416 с..

7. Robert W. Cahn The Coming of Materials Science.- Pergamon Materials Series, Cambridge, UK, 2001, 568 p

8. Chaikin P. M., Lubensky T. C. Principles of Condensed Matter Physics. - Cambridge University Press, 1995.

9. R.W. Cahn, P. Haasen, E.J. Kramer. Materials science and technology (Weinheim an der Bergstrasse, Germany) Imprint Weinheim ; New York : VCH, 1991- 257 p.

## ОЦІНЮВАННЯ

Види контролю: поточний, рубіжний( проміжна атестація).

Форма підсумкового контролю – залік.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів з компоненту, згідно Рекомендації з навчально-методичного забезпечення у НУ «Запорізька політехніка» є:

Контроль успішності спрямований на отримання відомостей про рівень опанування Вами програмного матеріалу, оволодіння теоретичними знаннями та практичними навичками і вміннями, що необхідні для виконання завдань професійної діяльності.

В загальну оцінку знань входять активна участь в діалоговому спілкуванні у рамках лекційного та лабораторного заняття.

**Оцінювання:** За результатами засвоєння дисципліни складається залік. За виконання завдань нараховується від 60 до 100 балів, після розраховується загальна кількість балів та діляться на кількість тем в змістовних модулях. Якщо отримана оцінка не задовольняє здобувача, екзамен за питаннями розміщених на порталі Moodle.

Поточне тестування та самостійна робота											Підсумковий тест (екзамен)	Сума
МОДУЛЬ 1							МОДУЛЬ 2					
Змістовий модуль 1.1							Змістовий модуль 2.1					
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	60-100	$\sum T_n/9$	100

Позитивними оцінками для всіх форм контролю є оцінки від 60 до 100 балів за 100-бальною шкалою та оцінка «зараховано» за двобальною. Межею незадовільної оцінки за результатами підсумкового контролю є оцінка нижче 60 балів за 100-бальною шкалою або оцінка «не зараховано» за двобальною шкалою. Отримання оцінки 60 балів та вище або оцінки «зараховано» передбачає отримання позитивних оцінок за всіма, визначеними програмою освітнього компонента, обов'язковими видами поточного, проміжного (рубіжного) контролю

---

## ПОЛІТИКИ КУРСУ

**Політика щодо відвідування.** Відвідування є обов'язковим. Допускається пропуски занять з поважних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік тощо), які підтверджуються документально. Відпрацювання пропущених занять проводяться згідно з графіком консультацій викладачів або в режимі он-лайн на платформі Zoom.

**Політика щодо проведення аудиторних занять.** Під час проведення аудиторних занять слід дотримуватися встановленого порядку, брати активну участь в обговоренні запропонованих питань, висловлюючи та відстоюючи власну думку, виказуючи повагу та толерантність до чужої думки. Мобільні пристрої можна використовувати. За «гострої» потреби дозволяється залишати аудиторію на короткий час. Обов'язковою є особиста присутність, а не присутність аватара.

**Політика щодо академічної доброчесності** спрямована на самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Студент повинен дотримуватися політики академічної доброчесності. Академічна доброчесність визначається Кодексом академічної доброчесності Національного університету «Запорізька політехніка» [https://zp.edu.ua/uploads/dept\\_nm/Nakaz\\_N253\\_vid\\_29.06.21.pdf](https://zp.edu.ua/uploads/dept_nm/Nakaz_N253_vid_29.06.21.pdf).

---

## ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ДЛЯ РОБОТИ НА КУРСІ

Щоб мати доступ до навчально-методичних розробок курсу, необхідно мати особистий доступ до університетської навчальної платформи Moodle.