

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів

Кафедра хімії та експертизи харчової продукції

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор ННІВХБ



Руслан БЕСПАЛЬКО

“ 29 ” *серпня* 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

"ХІМІЯ НАПІВПРОВІДНИКІВ"

(обов'язкова)

Освітньо-професійна програма Хімія

Спеціальність: ЕЗ Хімія

Галузь знань: Е Природничі науки, математика та статистика

Рівень вищої освіти: другий магістерський

Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів

Мова навчання: українська

Чернівці 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Хімія напівпровідників» складена відповідно до освітньо-професійної програми "Хімія".

Розробники: Фочук Петро Михайлович, професор кафедри хімії та експертизи харчової продукції, д.х.н.

Викладачі: Фочук Петро Михайлович, професор кафедри хімії та експертизи харчової продукції, д.х.н.

Погоджено з гарантом ОП  Олег КОПАЧ

Затверджено на засіданні кафедри хімії та експертизи харчової продукції
Протокол № 1 від 27 серпня 2025 року

Завідувач кафедри  Анастасія САЧКО

Схвалено методичною радою навчально-наукового інституту біології, хімії та біоресурсів
Протокол № 1 від 29 серпня 2025 року

Голова методичної ради  Галина МОСКАЛИК

Мета навчальної дисципліни: ознайомлення студентів з хімічними та фізичними основами матеріалознавства напівпровідників як важливого класу твердих тіл, процесами очистки, вирощування та легування донорами та акцепторами, оволодіння методами вирощування кристалів напівпровідників та визначення основних електричних та оптичних властивостей напівпровідників.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є фізико-хімічні основи матеріалознавства напівпровідників та набуття навичок, необхідних для їх вирощування та характеристики.

Основними завданнями вивчення дисципліни “Хімія напівпровідників” є:

- ознайомлення фізико-хімічними основами матеріалознавства напівпровідників;
- розуміння властивостей напівпровідників з точки зору зонної теорії та процесів дефектоутворення;
- засвоєння основ синтезу та вирощування кристалів напівпровідників;
- вироблення навичок дослідження електричних, оптичних та структурних властивостей напівпровідників;
- розуміння принципів аналізу отриманих експериментальних результатів.

Результати навчання

Програмні компетенції

Загальні компетенції

ЗК2 - Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3 - Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4 - Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК7 - Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК12 - Здатність працювати автономно.

ЗК14 - Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

Фахові компетенції

ФК1 - Здатність використовувати закони, теорії та концепції хімії у поєднанні із відповідними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК3 - Здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент.

ФК4 - Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

ФК6 - Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК9 - Здатність обирати оптимальні методи та методики дослідження.

ФК12 - Здатність безпечного поводження з хімічними речовинами, беручи до уваги їх хімічні властивості, у тому числі будь-які конкретні небезпеки пов'язані з їх використанням.

Програмні результати навчання

- ПРН1.** Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.
- ПРН2.** Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються хімії наночастинок та хімії твердого тіла, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.
- ПРН4.** Синтезувати хімічні сполуки із заданими властивостями, аналізувати їх і оцінювати відповідність заданим вимогам.
- ПРН8.** Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефакхівців.
- ПРН9.** Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.
- ПРН10.** Планувати, організовувати та здійснювати експериментальні дослідження з хімії з використанням сучасного обладнання, грамотно обробляти їх результати та робити обґрунтовані висновки.
- ПРН13.** Інтерпретувати експериментально отримані дані та співвідносити їх з відповідними теоріями в хімії.
- ПРН14.** Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження.
- ПРН15.** Вміти здійснювати основні технологічні операції з вирощування монокристалічних матеріалів, обробки їх поверхні та дослідження їх властивостей.
- ПРН17.** Розуміти принципи керування вимірювальним та експериментальним обладнанням і вміти створювати прості автоматизовані установки.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен

знати:

- природу хімічного зв'язку в напівпровідниках;
- основні закономірності, які характеризують і формують важливі властивості напівпровідників;
- принципи та методи очистки та вирощування монокристалів напівпровідників;
- властивості кристалів напівпровідників та методи їх досліджень.

вміти:

- виконувати операції щодо виготовлення зразків напівпровідникового матеріалу для його характеристикації;
- визначати основні електричні та оптичні параметри напівпровідників (тип провідності, питому електропровідність, коефіцієнт пропускання, ширину забороненої зони та інші);
- представляти результати своїх досліджень в графічній та аналітичній формах та аргументовано їх обстоювати.

**Опис навчальної дисципліни
Загальна інформація**

Назва навчальної дисципліни «Хімія напівпровідників»												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин					Вид Підсумкового контролю	
			кредитів	годин	Змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота		індивідуальні завдання
Денна	1	1	6	180	2	14			30	130	6	екзамен

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	у тому числі					усього
	лек.	пр.	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Теми занять	Змістовий модуль 1. Методи отримання особливо чистих речовин					
Тема 1. Хімічний зв'язок у напівпровідниках. Елементи зонної теорії твердого тіла.	2		4		20	26
Тема 2. Електричні властивості власних та домішкових напівпровідників.	2		4		20	26
Тема 3. Особливо чисті речовини. Методи очистки напівпровідників.	4		4		20	28
Разом за ЗМ1	8		12		60	80
Теми занять	Змістовий модуль 2. Вирощування монокристалів напівпровідників					
Тема 1. Методи вирощування напівпровідників.	2		6		14	22
Тема 2. Оптичні та структурні властивості напівпровідників та методи їх визначення.	2		6		16	24

Тема 3. Дефекти в напівпровідниках.	2		6		16	24
Тема 4. Реферативні доповіді студентів.				6	24	30
Разом за ЗМ2	6		18	6	70	100
Разом	14		30	6	130	180

Тематика лабораторних занять

№	Назва теми	Число годин
1.	Виготовлення зразків для вимірювань: Різання, шліфовка, поліровка кристалів	10
2.	Визначення ширини забороненої зони по спектру поглинання. Термічна та оптична ширина забороненої зони. Енергія іонізації	4
3.	Визначення типу провідності напівпровідникових матеріалів методом термозонду	2
4.	Вимірювання питомого опору напівпровідників. Чотирьохзондовий метод вимірювання. Теорія методу. Вимірювання на зразках простої геометричної форми. Зняття вольт-амперних характеристик зразків КЦТ	4
5.	Методи вимірювання ефекту Холла Геометрія зразків та розміщення контактів Використання постійного, змінного струму та магнітного поля Принцип роботи установки для виміру Е.Д.С. Холла при змінних струмах та магнітних полях	4
6.	Оптимізація травильних композицій для обробки поверхні монокристалічного CdTe.	4
7.	Практичне застосування CdTe, CdZnTe для детекторів X та Y – випромінювання. Вимірювання гамма-спектрів	2

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерії оцінювання

Оцінка ECTS	Критерії оцінок
A	ВІДМІННО – студент володіє глибокими і дійовими знаннями навчального матеріалу, аргументовано використовує їх у нестандартних ситуаціях, виявляє неординарні творчі здібності в навчальній діяльності; вільно володіє науковими термінами, уміє знаходити джерела інформації, аналізувати їх та застосовувати у практичній діяльності
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – студент володіє глибокими і міцними знаннями, здатний використовувати їх у нестандартних умовах, може робити аргументовані висновки, практично оцінювати окремі нові факти, явища, процеси. Вирішує творчі завдання, здатен сприймати іншу позицію, як альтернативу, знає суміжні дисципліни, в навчанні користується додатковими джерелами інформації. Відповідь його повна,

	логічна і обґрунтована
C	ДОБРЕ – студент володіє достатньо повними знаннями, вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних умовах; розуміє основоположні теорії і факти, логічно висвітлює причинно-наслідкові зв'язки між ними; вміє аналізувати, робити висновки з технічних та економічних розрахунків. Вміє працювати самостійно. Відповідь його повна, логічна, але з деякими неточностями
D	ЗАДОВІЛЬНО – студент розуміє суть дисципліни, виявляє розуміння основних положень навчального матеріалу; може поверхово аналізувати події, ситуації, робити певні висновки, самостійно відтворити більшу частину матеріалу.
E	ДОСТАТНЬО – студент має початковий рівень знань, володіє необхідними уміннями та навичками для вирішення стандартних завдань; виявляє розуміння основних положень навчального матеріалу; здатний з помилками дати визначення понять та категорій, що вивчаються; може самостійно оволодівати частиною навчального матеріалу, але висновки робить нелогічні, непослідовні
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – з можливістю складання екзамену: студент мало усвідомлює мету навчально-пізнавальної діяльності; слабо орієнтується в поняттях, визначеннях; самостійне опрацювання навчального матеріалу викликає значні труднощі; робить спробу розповісти суть заданого, але відповідає лише за допомогою викладача на рівні "так" чи "ні"; однак може самостійно знайти в підручнику відповідь
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним курсом: студент не володіє необхідними знаннями, уміннями, навичками та термінами, демонструє низький рівень комунікативної культури

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
	Оцінка (бали)	Пояснення за розширеною шкалою
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів є:

- модульні контрольні роботи;
- самостійна робота (презентація на обрану тему);
- іспит.

Форми поточного та підсумкового контролю

Формами поточного контролю є модульні контрольні роботи, відповіді студента, презентація на обрану тему.

Формою підсумкового контролю є екзамен.

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна робота)		Самостійна робота (презентація)	Кількість балів (екзаменаційна робота)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль № 2			
20	20	30	30	100

Розподіл балів за виконання проєкту (реферату)

Виклад та розуміння основних положень змісту роботи	Презентація змісту роботи	Захист роботи	Сумарна к-ть балів
до 15	до 5	до 10	До 30

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та / або інформальної освіти, у системі формальної освіти) ЧНУ» https://drive.google.com/file/d/1O7Chn1UqlqjW_JybxDr-syswxxHuGOn/view у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25 % балів, отриманих за результатами неформальної та/або інформальної освіти з проблем, які відповідають тематиці курсу.

Перелік питань для самоконтролю та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

№	Назва теми
1	Механізми розсіювання та рухливості носіїв заряду.
2	Дослідження дефектів в напівпровідниках.
4	Вивчення процесів дифузії, розчинності та коефіцієнту розподілу.
3	Властивості елементарних напівпровідників.
5	Властивості напівпровідників типу A^2B^6 та A^3B^5 .
6	Дефекти в напівпровідниках
7	Вирощування кристалів методом Чохральського
8	Зонна плавка
9	Методи дослідження напівпровідників
10	Вплив термообробки на властивості напівпровідників

Рекомендована література Базова (основна)

1.	Хімія напівпровідників. Конспект лекцій. (Укладач О. Панчук). 2019. 70 с.
2.	Пінчук С.І., Чигиринець О.Е. Хімія твердого тіла (короткий курс):

	підручник – Київ, ТОВ «Видавничий дім АртЕк», 2018. – 124 с. https://www.book-on-demand.com.ua/wp-content/uploads/2018/09/Ukr_Himiya.pdf
3.	Хімія твердого тіла : навч. посіб. для студ. фіз. та хім. спец. вищ. навч. закл. / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад ; Ужгор. нац. ун-т. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Ужгород : Патент, 2011. – 448 с.
4.	Олексеюк І.Д. Хімія твердого тіла: навчальний посібник до вивчення курсу для студ. хім. ф-ту / І.Д. Олексеюк, О.В. Парасюк, І. А. Іващенко; Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, кафедра неорганічної та фізичної хімії. - Луцьк : Вежа-Друк, 2016. - 312 с.
5.	Сич А. М., Нагорний П. Г. Основи матеріалознавства: Навчальний посібник. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2003.
6.	Crystal Growth from the Melt. By G. Muller. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1988. 136 p. DOI: 10.1007978-3-642-73208-9.
7.	H. J. Scheel and P. Capper. Crystal Growth Technology. Wiley-VCH Verlag GmbH@Co.KGaA. 2012. 509 p.

Допоміжна

1.	Physics and Properties of Narrow Gap Semiconductors. Springer Science+Business Media, LLC. 2008. 613 p.
2.	Hans J. Scheel and Peter Capper. Crystal Growth Technology. 2003 ISBN: 978-0-471-49059-3.
3.	Jackson, K. A. Kinetic Processes Crystal Growth, Diffusion, and Phase Transitions in Materials. 2004. ISBN: 978-3-527-30694-7.

Інформаційні ресурси

Серед інформаційних ресурсів доступних студентам для навчання є: сайт дистанційної освіти ЧНУ <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=3423> та інші інтернет джерела відповідного спрямування.

Політика академічної доброчесності

Освітня діяльність (викладача і студента) під час вивчення навчальної дисципліни ґрунтується на принципах співробітництва та академічної доброчесності. Очікується, що роботи студентів будуть оригінальним дослідженням чи міркуванням й об'єктивно оцінені викладачем.

«Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>;

«Положенням Про виявлення та запобігання академічному плагиату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича» <https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu/>