

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

*Факультет фізико-технічний*

*Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій*

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Дифракційні методи дослідження твердих тіл**

Освітня програма *Комп'ютерна фізика*

Спеціальність *104 Фізика та астрономія*

Галузь знань *10 Природничі науки.*

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від “28” серпня 2021 р.

**2021р.**

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Питання для проведення теоретичного змістовного модуля № 1 та №2
7. Питання для проведення теоретичного змістовного модуля № 3 та №4
8. Система оцінювання курсу
9. Політика курсу
10. Політика академічної культури і етики
11. Рекомендована література

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Дифракційні методи дослідження твердих тіл
<b>Викладач (-і)</b>	професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій, кандидат фізико-математичних наук Федорів Василь Дмитрович
<b>Контактний телефон викладача</b>	Роб. 596143
<b>E-mail викладача</b>	Vasyl.fedoriv @ pnu.edu.ua
<b>Формат дисципліни</b>	денна форма навчання
<b>Обсяг дисципліни</b>	3 кредити
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	
<b>Консультації</b>	1 год. на тиждень, ауд. 110
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Дифракційні методи аналізу структури матеріалів ґрунтуються на отриманні і аналізі дифракційної картини, яка виникає в результаті інтерференції рентгенівських променів, електронів та нейтронів розсіювальними центрами досліджуваного об'єкта.</p> <p>Дифракційна картина досліджуваних матеріалів крім атомної, електронної і магнітної мікроструктури визначається як типом дифрагованих часток так і способом реєстрації самої картини.</p> <p>В запропонованому курсі передбачається ознайомлення студентів:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– з кінематичною теорією розсіяння рентгенівського випромінення, яку успішно можна використовувати при аналізі електронограм;</li> <li>– основними методами аналізу кристалічної структури як монокристалів так і полікристалів;</li> <li>– з особливостями використання кінематичної моделі для аналізу структури рентгеноаморфних та нанодисперсних систем;</li> <li>– з основами рентгенівської техніки, будовою і принципами роботи рентгенівських установок, камер для фіксації дифракційних картин на фотоплівку.</li> </ul> <p>В процесі вивчення курсу студент набуває практичних навичок в отриманні рентгенограм та їх аналізі.</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p><b>Мета:</b> забезпечити студентів знаннями кінематичної теорії дифракції рентгенівського випромінення на трьохмірній кристалічній ґратці; ознайомити їх із основними методами аналізу структури різного виду матеріалів; привити студентам практичні навички при експериментальних дослідженнях структури твердих тіл.</p> <p><b>Цілі:</b> сформувані у студентів вміння аналізувати кристалічну структуру матеріалів на основі кінематичного підходу.</p>	
<b>4. Результати навчання (компетентності)</b>	
<p><b>Інтегральна компетентність</b></p> <p>Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми з фізики та/або астрономії у професійній діяльності або у процесі подальшого навчання, що передбачає застосування певних теорій і методів фізики та/або астрономії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.</p> <p><b>Загальні компетентності</b></p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>K02. Здатність застосовувати знання у практичній ситуаціях.</p> <p>K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.</p>	

K04. Здатність бути критичним і самокритичним.

K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

K11. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

K14. Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні.

K15. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, їх місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.

K17. Здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної та науково-технічної інформації, робити усні та письмові звіти, популяризувати сучасні фізичні концепції серед нефакхівців.

### **Спеціальні (фахові) компетентності.**

K18. Знання і розуміння теоретичного та експериментального базису сучасної фізики та астрономії.

K19. Здатність використовувати на практиці базові знання з математики як математичного апарату фізики і астрономії при вивченні та дослідженні фізичних та астрономічних явищ і процесів.

K20. Здатність оцінювати порядок величин у різних дослідженнях, так само як точності та значимості результатів.

K21. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

K22. Здатність виконувати обчислювальні експерименти, використовувати чисельні методи для розв'язування фізичних та астрономічних задач і моделювання фізичних систем.

K23. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.

K26. Здатність працювати з джерелами навчальної та наукової інформації.

K27. Здатність самостійно навчатися і опановувати нові знання з фізики, астрономії та суміжних галузей.

K28. Розвинуте відчуття особистої відповідальності за достовірність результатів досліджень та дотримання принципів академічної доброчесності разом з професійною гнучкістю.

K29. Усвідомлення професійних етичних аспектів фізичних та астрономічних досліджень.

K30. Орієнтація на найвищі наукові стандарти – обізнаність щодо фундаментальних відкриттів та теорій, які суттєво вплинули на розвиток фізики, астрономії та інших природничих наук.

K31. Здатність здобувати додаткові компетентності через вибіркові складові освітньої програми, самоосвіту, неформальну та інформальну освіту.

K32. Здатність застосовувати основні фізичні теорії і методи теоретичної фізики для опису фізичних законів і конкретних фізичних явищ.

K33. Здатність застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури.

K34. Здатність сучасних уявлень про основні теоретичні чи експериментальні методи проведення наукового дослідження фізичних об'єктів та технологічного процесу їхнього створення.

К35. Здатність визначати оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети і формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики.

К37. Здатність використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.

### Очікувані програмні результати навчання

ПРО2. Знати і розуміти фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій, та методи дослідження властивостей речовин і матеріалів.

ПРО3. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.

ПР13. Розуміти зв'язок фізики та/або астрономії з іншими природничими та інженерними науками, бути обізнаним з окремими (відповідно до спеціалізації) основними поняттями прикладної фізики, матеріалознавства, інженерії, хімії, біології тощо, а також з окремими об'єктами (технологічними процесами) та природними явищами, що є предметом дослідження інших наук і, водночас, можуть бути предметами фізичних або астрономічних досліджень.

ПР17. Знати і розуміти роль і місце фізики, астрономії та інших природничих наук у загальній системі знань про природу та суспільство, у розвитку техніки й технологій та у формуванні сучасного наукового світогляду.

ПР27. Здатність пояснити фізику процесів самоорганізації, що протікають під час синтезу наноструктур та наступних їхніх обробок.

## 5. Організація навчання курсу

### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
Лекції	26
Практичні заняття (семінарські) заняття	14
Лабораторні роботи	20
Самостійна робота	120
Вид підсумкового контролю	Залік

### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
2, 3-ий	Фізика і астрономія	1, 2-ий	Вибірковий

### Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
------------	------------------	------------	------------------	----------------	---------------------

### Змістовий модуль 1.

<b>Тема 1. Вступ.</b> Вступ. Мета і задачі курсу. Природа та властивості рентгенівського випромінювання. Гальмівне і характеристичне випромінювання. Умови дифракції. Способи виведення кристала у відбиваюче положення.	Лекція	Згідно списку літератури	1 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 2. Рентгенотехніка.</b> Рентгенотехніка. Коротка	Лекція/ практичні	Згідно списку	2 год./ 4 год		Згідно розкладу

характеристика основних типів рентгенівських апаратів для структурного аналізу. Прилади для фотореєстрації. Рентгенівські дифрактометри та їх класифікація. Способи реєстрації рентгенівського випромінювання. Газові та сцинтиляційні лічильники. Основні характеристики лічильників.		літератури			занять
<b>Тема 3. Деякі елементи структурної кристалографії.</b> Зображення кристалів. Прямий та обернений кристалографічний комплекси та їх проєкції – сферична та стереографічна. Математичний опис кристалічної будови. Поняття прямої та оберненої ґраток. Вектор оберненої ґратки та його властивості.	Лекція	Згідно списку літератури	2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
<b>Тема 4. Основні рівняння дифракції рентгенівського випромінювання в кінематичному наближенні.</b> Розсіяння рентгенівського випромінювання дискретно розподіленими центрами. Розсіяння вільним електроном. Поляризаційний множник. Повна потужність розсіяння. Когерентне розсіяння атомом. Атомна функція розсіяння. Розсіяння рентгенівського випромінювання кристалами малого розміру. Структурна амплітуда. Векторна умова Лауе. Формула Вульфа-Брегів. Побудова Евальда. Інтерференційна функція Лауе.	Лекція	Згідно списку літератури	6 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 5. Зв'язок розміру і форми вузла оберненої ґратки з розмірами і формою кристала.</b> Формула Селякова-Шерера.	Лекція/ практичне	Згідно списку літератури	2 год./ 2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 6. Розсіяння не примігивною елементарною ґраткою.</b> Структурна амплітуда об'ємної та граничної кубічної ґратки. Умови погасання. Розрахунок структурної амплітуди при наявності центра інверсії.	Лекція/ практичне	Згідно списку літератури	1 год./ 2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Колоквіум №1</b>				20	
<b>Семінар</b>				10	

<b>Змістовий модуль 3.</b>					
<b>Тема 7. Інтенсивність інтерференційних максимумів.</b> Інтегральна інтенсивність розсіяного рентгенівського випромінювання від монокристала. Відбиваюча здатність кристала. Інтегральна інтенсивність розсіяного рентгенівського випромінювання від полікристала. Вплив поглинання на відбиваючу здатність.	Лекція	Згідно списку літератури	3 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 8. Дифузне розсіяння рентгенівських променів.</b> Теплове дифузне розсіяння. Дифузне розсіяння твердим розчином. Розсіяння аморфними речовинами та рідинами. Розсіяння під малим кутом.	Лекція/ практичне	Згідно списку літератури	2 год./ 2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Змістовий модуль 4.</b>					
<b>Тема 9. Основні методи рентгеноструктурного аналізу.</b> Аналіз структури методами Лауе та методом обертання кристала. Метод полікристала (Дебая-Шерера). Рентгенівська дифрактометрія. Індиціювання рентгенограм. Прецезійне визначення постійної ґратки.	Лекція	Згідно списку літератури	3 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 10. Фазовий аналіз.</b> Якісний фазовий аналіз. Методи кількісного фазового аналізу. Вибір умов експерименту.	Лекція/ практичне	Згідно списку літератури	2 год./ 2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 11. Аналіз структури аморфних речовин.</b> Опис структури простих речовин і методи їх аналізу. Структура аморфних металів і сплавів.	Лекція	Згідно списку літератури	самостійна робота		Згідно розкладу занять
<b>Тема 12. Аналіз дефектів кристалічної структури.</b> Рентгенівський аналіз макронапруг. Класифікація дефектів по уширення дифракційних ліній. Методи виділення вкладу фізичного уширення; метод апроксимації; метод гармонічного аналізу.	Лекція	Згідно списку літератури	2 год.		Згідно розкладу занять
<b>Тема 13. Дифракція електронів і нейтронів.</b> Основи теорії розсіяння електронів і нейтронів речовиною. Електронографія. Отримання нейтронограм і	Лекція/ практичне	Згідно списку літератури	самостійна робота/ 2 год.		Згідно розкладу занять

основні застосування нейтронної дифракції.					
<b>Колоквіум №2</b>				20	
<b>Семинар</b>				10	
<b>Лабораторні роботи.</b>					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
<b>Тема 1.</b> Вивчення будови та юстування рентгенівського дифрактометра ДРОН-3.0.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	3 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 2.</b> Визначення кута дифракційних максимумів при дифрактометричній реєстрації.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	2 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 3.</b> Теоретичний розрахунок рентгенограм.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	3 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 4.</b> Прецизійне визначення параметра кристалічної ґратки методом графічної електрополяції.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	2 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 5.</b> Методика розділення $Ka_{112}$ -дублету.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	2 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 6.</b> Визначення розмірів блоків когерентного розсіяння та густини дислокацій методом апроксимації.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	3 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 7.</b> Індиціювання рентгенограм полікристалічних речовин кубічної сингонії.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	3 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Тема 8.</b> Індиціювання рентгенограм речовин гексагональної сингонії.	Лабораторне заняття	Згідно списку літератури	2 год.	5 балів	Згідно розкладу занять
<b>Всього:</b>				40 балів	
<b>8. Система оцінювання курсу.</b>					
Загальна система оцінювання курсу	Для перевірки знань, умінь і навичок студентів при вивченні навчальної дисципліни використовуються такі форми контролю: - поточний; - підсумковий (залік). Поточний контроль передбачає оцінювання колоквиумів, синтезів, лабораторних робіт студентів та результатів тестування. Підсумковий контроль здійснюється на основі накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю.				
Вимоги до письмової роботи.	Письмова робота з будь-якого виду занять, повинна бути належним чином оформлена, повинна містити умову поставленого завдання (задачі), пояснення, рисунки, формули, графіки тощо. Письмова робота повинна бути грамотно написана і читабельна. При оцінці роботи студента на практичному /семинарському занятті враховується: розуміння студентом теоретичного матеріалу, пов'язаного з темою, яка обговорюється на занятті, вміння теоретично обґрунтовувати хід розв'язку задачі, вміння викладати свої думки письмово (у випадку				



	письмової роботи), правильність і послідовність викладання своїх думок (розв'язку задачі), самостійно висловлювати ідеї і вміння відстоювати їх, вміння застосовувати теоретичні положення теми до розв'язку конкретних задач, застосування ілюстрацій (презентацій) впродовж доповіді на семінарі, участь (активність) студента при розв'язку задач та в дискусії при обговоренні питань на семінарі.
Семінарські заняття	-
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за весь курс набрав сумарно 50 балів. Студент не допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 50 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів. Допускається, як виняток, з дозволу декана факультету за заявою, погодженою з відповідною кафедрою, одноразове виконання студентом додаткових видів робіт з навчальної дисципліни (відпрацювання пропущених занять, перескладання змістових модулів, виконання індивідуальних завдань тощо) для підвищення оцінок за змістові модулі. Напередодні заліку викладач подає доповідну декану про недопуск студентів академічної групи. Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.
<b>7. Політика курсу</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Відвідування і підготовка до семінарських, лабораторних робіт обов'язкова.</li> <li>2. Обов'язковим є виконання всіх видів самостійної роботи. Самостійна робота передбачає опрацювання навчального матеріалу лекційних занять; самостійне опрацювання окремих тем, передбачених робочою програмою; підготовку до семінарських, лабораторних занять та оформлення звіту виконаних робіт із спецпрактикуму.</li> <li>3. Дотримуватися методичних рекомендацій при виконанні робіт із спецфізпрактикуму.</li> <li>4. У випадку незадовільного модульного контролю студент повинен пройти додатковий модульний контроль. При цьому отримана рейтингова оцінка не повинна перевищувати з/к максимального значення (див.табл.). Повторне проходження модульного контролю при отриманні раніше позитивної оцінки не допускається.</li> <li>5. У випадку не готовності студента до семінарських або лабораторних занять студент відробляє його у встановленому для цього порядку.</li> </ol>	
<b>8. Політика академічної поведінки і етики</b>	
<p>Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших. Заперечення повинні формулюватися тільки в коректній формі. Плагіат та академічна недоброчесність несумісні з принципами діяльності ВНЗ. Не допускається підказування та списування під час здачі будь-яких робіт (проміжного</p>	

контролю, модулів, екзамену тощо).

## 11. Рекомендована література

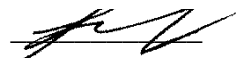
### Основна

1. Уманский и др. Кристаллография, рентгенография и электронная спектроскопия. – М.: «Металлургия», 1982.
2. Горелик С.С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. – Изд.2., М.: Metallurgiya, 1970
3. Хейкер Д.М., Зевин Л.С. Рентгеновская дифрактометрия. — М.: Физматгиз, 1965.
4. Уманский М.М. Рентгенография металлов и полупроводников. — М.: Metallurgiya, 1969.
5. Уманский М.М. Аппаратура рентгеноструктурных исследований. — М.: Физматгиз, 1960.
6. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. — М.: Metallurgiya, 1969.
7. Русаков А.А. Рентгенография металлов. — М.: Атомиздат. 1977.
8. Под ред. Палатника. Структура и физические свойства твердого тела. Лабораторный практикум. — М.: Metallurgiya, 1983.
9. Федорів В.Д., Яремій І.П., Мокляк В.В. Дифракційні методи дослідження твердих тіл. Лабораторний практикум. – Івано-Франківськ: “Гостинець”, 2009р.

### Додаткова

1. Васильев Д.М. Дифракционные методы исследования структур. — Санкт-Петербург 1998.
2. Жданов Г.С. Дифракционный и резонансный структурный анализ. — М. «Наука» 1998.

Викладач



Федорів В.Д.