

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

Факультет фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи дослідження наноматеріалів

Освітня програма другого (магістерського) рівня

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “30” серпня 2021 р.

м. Івано-Франківськ - 2021

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Методи дослідження наноматеріалів
Викладач (-і)	доктор фізико-математичних наук, професор Ільницький Роман Васильович
Контактний телефон викладача	0501027374
E-mail викладача	roman.ilnitsky@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Лекції, практичні заняття, лабораторні, самостійна робота
Обсяг дисципліни	180 годин (6 кредити)
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	Щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Методи дослідження наноматеріалів» створений для студентів спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали, ОР магістр. Зміст та матеріал навчальної дисципліни стосується деталізації можливості інструментів нанотехнологій та використання цього інструментарію для виготовлення та характеристик наномасштабних матеріалів. Студенти ознайомлюються із практичними методиками формування та дослідження наноматеріалів, теоретичними підходами пояснення їх властивостей, навичками та інструментами, які дозволяють перетворити новітні ідеї зі сфери нанотехнологій у фізичну форму та які дозволять візуалізувати і проаналізувати характеристики наномасштабних об'єктів</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Метою курсу “Методи дослідження наноматеріалів” є забезпечити засвоєння студентами знань про фізичні засади, які лежать в основі роботи вимірних установок. Сформувані у студентів уявлення про сучасний стан вимірної техніки, ознайомити їх з конкретними методами отримання інформації про структуру та фізичні властивості наноматеріалів.</p> <p>Завдання: навчити студента методик вимірювання структури та фізичних властивостей наноб'єктів, способів підготовки зразків до досліджень, аналізувати отримані результати та знаходити оптимальні шляхи отримання інформації про досліджувані наноб'єкти з мінімальною кількістю вимірювань.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні руйнівні і неруйнівні методи досліджень, зокрема X-променеву спектроскопію, порометрію, методи термогравіметричного та диференціально-термічного аналізів, мессбауерівську спектроскопію, мало кутове X-променеве розсіювання, комбінаційне розсіювання світла, катодолюмінісценцію, ядерний парамагнітний резонанс, методи імпедансної спектроскопії, інфрачервону спектроскопію, Оже-електронну спектроскопію, СЕМ і ТЕМ мікроскопії, циклічну вольтамперометрію, електронний парамагнітний резонанс, люмінесценцію.</p> <p>вміти: провести дослідження властивостей наноб'єкту на предмет визначення тих чи інших його параметрів, встановити взаємозв'язок між ними, визначити погрішність проведених вимірів. З'ясувати, при яких розмірах наноб'єкту його властивості кардинально відрізняються від таких властивостей для масивного зразка.</p>	
4. Компетентності	
<p>Загальні компетентності</p> <p>Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.</p> <p>Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p>Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.</p> <p>Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p>	

Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
 Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
Спеціальні (фахові, предметні) компетентності
 Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.
 Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.
 Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефахівцям.
 Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії.
 Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

5. Результати навчання

Програмні результати навчання

Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.

Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

Презентувати результати досліджень у формі доповідей на семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.

Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.

6. Організація навчання курсу

Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	18
семінарські заняття / <u>практичні</u> / <u>лабораторні</u>	26/20
самостійна робота	116

Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
3	104 Фізика та астрономія другий (магістерський) рівень	2	вибірковий

Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1. Руйнівні методи досліджень					
Тема 1. Порометрія Визначення питомої поверхні матеріалу. Визначення розподілу пор за розмірами. Типи ізотерм. Рівняння Brunauer, Emmett і Teller. Рівняння Langmuir. Класифікація пор з IUPAC.	Лекція /практична/ лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції. Доповідь та презентації. Тестування, 1/2/4	5	згідно розкладу
Тема 2. Термічний аналіз Диференціальний термічний аналіз (ДТА). Термогравиметричний аналіз. Дериватографічний аналіз. Розшифровка дериваторам. Розрахунок енергії активації перетворення	Лекція/практична / лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції. Доповідь та презентації. Тестування, 1/2/4	5	згідно розкладу
Тема 3. X-променеви аналіз X-променева спектроскопія. Суцільні і лінійні X-спектри. X-променева дифрактометрія. X-променеви структурний аналіз. Експериментальні методи X-променевого структурного аналізу.	Лекція/практична / лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції. Доповідь та презентації. Тестування, 1/2/4	5	згідно розкладу
Тема 4. Мессбауерівська спектроскопія Ефект Мессбауера. Ширина спектральних ліній. Мессбауерівський спектрометр. Конверсійна Мессбауерівська спектроскопія. Квадрупольне розщеплення.	Лекція/практична / лабораторна	згідно списку літератури	Доповідь та презентації. Тестування 1/1/4	5	згідно розкладу
Тема 5. КРС спектроскопія Інфрачервоні спектри. Спектри комбінаційного розсіювання. Деякі особливості коливальних спектрів. Модель гармонійного осцилятора (ГО). Коливальна енергія молекул. Молекула як ангармонійний осцилятор	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 2/1	5	згідно розкладу
Тема 6. Малокутове X-променеви розсіювання Фрактальна структура. Рівняння Порода. Співвідношенні Гінье.	Лекція/практична / лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції. Доповідь та презентації. 2/2/4	5	згідно розкладу

Тема 7. Катодолюмінісценція Формування катодолюмінісцентного випромінювання. Апаратура. Інформативність сигналу катодолюмінісценції.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
Тема 8. Ядерний магнітний резонанс Внутрішньокристалічне поле. Квадрупольний момент ядра. Розщеплення ліній ядерного магнітного резонансу. Ефект Зеемана.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
Змістовий модуль 2. Неруйнівні методи досліджень					
Тема 9. Імпедансна спектроскопія Визначення електрохімічних характеристик системи методом імпедансної спектроскопії. Годограф. Гальваностатичний метод. Потенціодинамічний метод. Діаграми Найквіста, Боде. Еквівалентні електричні схеми. Модель Рендлса-Ершлера	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/1	5	згідно розкладу
Тема 10. ІЧ-спектроскопія ІЧ-область випромінювання. Закон Бугера-Ламберта. Фур'є спектрометри. Поглинання інфрачервоного світла металами, діелектриками та напівпровідниками.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/1	5	згідно розкладу
Тема 11. Оже-електронна спектроскопія Фізичні основи Оже-електронної спектроскопії. Реалізація методу. Кількісна Оже-спектроскопія. Растрова Оже-електронна спектроскопія. Застосування Оже-електронної спектроскопії.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
Тема 12. СЕМ і ТЕМ мікроскопії Растровий електронний мікроскоп. Просвічуючий електронний мікроскоп. Роздільна здатність. Скануюча зондова мікроскопія. Атомно силова мікроскопія. Магнітно силова мікроскопія.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 2/2	5	згідно розкладу

<p>Тема 13. Циклічна вольт-амперометрія (ЦВА) Лінійна розгортка потенціалу. Вольтамперограми. Циклічна вольтамперограма ідеально оборотного електрохімічного процесу. Швидкість електрохімічної реакції.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
<p>Тема 14. Електронний парамагнітний резонанс Парамагнетизм. Явище електронного парамагнітного резонансу. Квантовомеханічна інтерпретація ЕПР. Класична інтерпретація ЕПР. Спектрометри ЕПР. Основні характеристики спектрів ЕПР.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
<p>Тема 15. Люмінесценція Явище люмінесценції. Загальний опис. Історія розвитку люмінесцентного аналізу. Прилади для люмінесцентного аналізу. Види люмінесцентного аналізу. Кількісний та якісний аналіз.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції Тестування 1/2	5	згідно розкладу
Підсумковий контроль (залік)					
6. Система оцінювання курсу					
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	<p>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.</p> <p>При оцінці роботи студента на практичному /семінарському 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</p>				

	(активність) студента при розв'язку задач та в дискусії при обговоренні питань на семінарі.
Семінарські заняття	<p>Робота на семінарських заняттях оцінюється за наступними критеріями:</p> <ul style="list-style-type: none"> - присутність на занятті та підготовлений конспект згідно плану практичного заняття - 1 бал; - опрацювання проблемних питань та їх усне обговорення в дискусійній формі (доповнення, відповіді на запитання викладача, висловлювання своєї обґрунтованої точки зору під час обговорення проблемних питань, тощо) - 3 бали; - виступ із доповіддю на питання, яке визначене планом практичного завдання - 4 бали (за умови, що відповідь буде змістовною та відповідати плановому питанню); - якщо при виступі проявлена ґрунтовна підготовка, висловлюється власна точка зору щодо означеної проблеми, яка підкріплюється відповідною аргументацією, використовується попередньо розроблена презентація, подані правильні відповіді на уточнюючі запитання викладача та студентів - 5 балів. <p>Таким чином участь в роботі практичних занять може забезпечити отримання до 5 балів за одне заняття.</p> <p>В межах 5 запланованих семінарських занять є обов'язковою 1 (одна) усна відповідь.</p>
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Студент допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за весь курс набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Студент не допускається до складання заліку, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів. У цьому випадку студенту у відомості робиться запис "не допущений" і виставляється набрана кількість балів.</p> <p>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.</p> <p>Напередодні заліку викладач подає доповідну декану про недопуск студентів академічної групи. Відмітка про недопуск у відомості робиться при наявності розпорядження декана.</p>
7. Політика курсу	
<p>Політика курсу:</p> <ul style="list-style-type: none"> • не запізнюватися та не пропускати заняття; • добросовісно готуватися до виконання лабораторних робіт; • відпрацьовувати лабораторні заняття, пропущені з поважних причин • самостійно працювати з рекомендованою та допоміжною літературою. <p>Норми академічної етики мають повністю відповідати Кодексу честі ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», який Ухвалений Конференцією трудового колективу ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» 29 грудня 2015 року (зі змінами від 29 листопада 2017 року, протокол засідання Вченої ради ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» №11).</p>	

Різні конфліктні ситуації відкрито обговорюються у групі, безпосередньо, з викладачем або едвайзером чи співробітниками деканату.

8. Рекомендована література

Базова

1. Лившиц Б. Г. Физические свойства металлов и сплавов / Б. Г. Лившиц, В. С. Крапошин, Я. Л. Линецкий. – М. : Metallurgiya, 1980.– 320 с.
2. Лившиц Б. Г. Физические свойства металлов и сплавов / Б. Г. Лившиц. – М. : ГНТИ, 1959.– 368 с.
<ftp://lib.localnet/ebooks/nashiskanirovannie/1126.pdf>.
3. Избранные методы исследования в металловедении / пер. с нем. под ред. Хунгера Г. И. – М. : Metallurgiya, 1985.– 416 с.
4. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение / пер. с англ. – М. : Атомиздат, 1975.– 472 с.
5. Ермаков С. С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения: учеб. пособие. – Л. : Изд. Ленинградского университета, 1989.– 280 с.
6. Журавлев Л. Г. Физические методы исследования металлов и сплавов / Л. Г. Журавлев, В. И. Филатов. – Челябинск : Из-во ЮУрГУ, 2004.– 157 с.
7. Белоус М. В. Физика металлов / М. В. Белоус, М. П. Браун. – М. : Высшая школа, 1986.– 343 с.
8. Таблицы физических величин: справочник / под. ред. И. К. Кикоина. – М. : Атомиздат, 1976.– 1008 с.
9. Физические величины: справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; под. ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М. : Энергоатомиздат, 1991.– 1232 с.
10. Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии: Структурные методы и оптическая спектроскопия / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. – М. : Высшая школа, 1987.– 366 с.
11. Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии: Резонансные и электрооптические методы / Л. В. Вилков, Ю. А. Пентин. – М. : Высшая школа, 1989.– 288 с. 253
12. Нефедов В. И. Электронная структура химических соединений / В. И. Нефедов, В. И. Вовна. – М. : Наука, 1987.– 347 с.
13. Вовна В. И. Электронная структура органических соединений по данным фотоэлектронной спектроскопии.– М. : Наука, 1991.– 246 с.
14. Мазалов Л. Н. Рентгеновские спектры и химическая связь. – Новосибирск : Наука, 1982.– 111 с.
15. ЦКП «Материаловедение и диагностика в передовых технологиях» при ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Рентгено-спектральный микроанализ с использованием энергодисперсионного спектрометра // методические указания к лабораторным работам по диагностике материалов. – Санкт-Петербург, 2010.– 19 с.
16. Количественный электронно-зондовый микроанализ / Quantitative electron-probe microanalysis / под ред. В. Скотта, Г. Лава. – М. : Мир, 1986.– 352 с.
17. Электронно-зондовый микроанализ / Electron probe microanalysis / пер. с англ. С. Г. Конникова и А. Ф. Сидорова. – М. : Мир, 1974.– 264 с.
18. Рид С. Электронно-зондовый микроанализ / Electron microprobe analysis / пер. с англ. А. И. Козленкова. – М. : Мир, 1979.– 425 с.
19. Избранные методы исследования в металловедении: пер. с нем. / Под ред. Г. Й. Унгера. – М. : Metallurgiya, 1985.– 408 с.
20. Микроанализ и растровая электронная микроскопия / под ред. Ф. Морис, Л. Мени, Р. Тиксье. – М. : Metallurgiya, 1985.– 392 с.
21. Горелик С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. – М. : МИСиС, 1994.– 330 с.

22. Гоулдстейн Дж. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ / Дж. Гоулдстейн, 254 Д. Ньюбери, П. Эчлин П. и др. – М. : Мир, 1984.– Кн. 1.– 303 с.
23. Томас Г. Просвечивающая электронная микроскопия / Г. Томас, Дж. Гориндж. – Москва: Наука, 1983.– 320 с.
24. Пилянкевич А. Н. Электронные микроскопы / А. Н. Пилянкевич, А. М. Климовицкий. – Киев: Техника, 1976.– 168 с.
25. Проценко І. Ю. Прилади і методи дослідження плівкових матеріалів: навч. посіб. // І. Ю. Проценко, А. М. Черноус, С. І. Проценко; за заг. ред. І. Ю. Проценка. – Суми : Сумський державний університет, 2007.– 264 с.
26. Горшковский Я. Техника высокого вакуума. – М. : Мир, 1975.– 622 с.
27. Деркач В. П. Электронно-зондовые устройства / В. П. Деркач, Г. Ф. Кияшко, М. С. Кухарчук. – Київ : Наукова думка, 1974.– 354 с.
28. Гоулдстейн Дж. Практическая растровая электронная микроскопия / Дж. Гоулдстейн, Х. Яковица: пер. с англ. – М. : Мир, 1978.– 656 с.
29. Хокс П. Электронная оптика и электронная микроскопия. – М. : Мир, 1974.– 354 с. 255 Навчальне видання.

Викладач _____ Ільницький Р.В.