МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА

Фізико-технічний факультет

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇДИСЦИПЛІНИ

НАНОМАТЕРІАЛИ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Рівень вищої освіти: **перший (бакалаврський)**
Освітня програма: **«Інженерне матеріалознавство»**
Спеціальність: **132 Матеріалознавство**
Галузь знань: **13 Механічна інженерія**

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1
від 28 серпня 2023 р.

м. Івано-Франківськ – 2023

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Наноматеріали та нанотехнології
Викладач (-і)	Никируй Любомир Іванович
Контактний телефон викладача	+380956991785
E-mail викладача	lyubomyr.nykyruy@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	**Очний**/заочний
Обсяг дисципліни	**6 кредитів ЄКТС**, **180 год**.
Посилання на сайт дистанційного навчання	https://d-learn.pnu.edu.ua/developer/course/view/3861
Консультації	

2. Анотація до навчальної дисципліни

Дисципліна «Нанотехнологій і наноматеріали» є нормативною дисципліною і націлена на надання студентам знань про класифікацію та поділ напівпровідникових квантових структур на нуль-вимірні, одновимірні та двовимірні; основні фізичні явища та особливості перебудови енергетичного спектру в низькорозмірних напівпровідникових системах; особливості прояву квантово-розмірних ефектів в нульвимірних, одновимірних та двовимірних структурах; явище квантування енергетичного спектру електронів в сильних магнітних полях як в об'ємних напівпровідниках, так і в двовимірних системах; основні технологічні методи одержання квантових шарів, нанониток, наночастинок та надграток; класифікацію напівпровідникових надграток та їхні фізичні властивості; можливості практичного застосування напівпровідникових квантових структур і надграток в опто-, мікро-, наноелектроніці та сучасних технологіях.

3. Мета та цілі навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є ознайомлення студентів з новими можливостями сучасної фізики, зокрема, матеріалознавства, завдяки переходу від макро- спочатку до мікро-, а тепер і до наносвіту. У курсі розглянуті питання, які стосуються класифікації наноматеріалів, методів їх отримання, дослідження, а також розглянуто існуючі та перспективні напрямки практичного застосування матеріалів нанорозмірів.

Курс дозволяє розширити світогляд студента та виробити навички для самостійної роботи.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

Знати

- основні принципи практичного отримання нанорозмірних матеріалів;
- фізичну суть сучасних методів дослідження наноматеріалів;
- властивості, технологічні аспекти отримання та застосування окремих класів наноматеріалів, зокрема, матеріалів для енергетики, медицини;
- основні закони теоретичного опису наноструктур та аналізу їх властивостей.

Вміти

- використовувати отриманні знання для розв'язання сучасних задач;
- прогнозувати підходи щодо отримання новітніх матеріалів із наперед заданими фізичними властивостями;
- практично застосовувати свої знання щодо оптимізації фізичних властивостей базових матеріалів сучасної електроніки при пониженні їх розмірності;
- уміти користуватися набутими знаннями при розгляді різноманітних практичних задач;

самостійно підготувати та зробити доповідь по сучасному стану нанорозмірного матеріалознавства, використовуючи самостійний літературний пошук.

4. Програмні компетентності та результати навчання

КЗ 02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
КЗ 06. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
КЗ 08. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
КЗ 09. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
КЗ 10. Здатність працювати автономно.
КЗ 11. Здатність працювати в команді.
КЗ 14. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її 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.
КС 3. Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства.
КС 4. Здатність працювати в групі над великими інженерними проектами у сфері матеріалознавства.
КС 11. Здатність організувати роботу відповідно до вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці.
КС 12. Здатність виконувати дослідницькі роботи в галузі матеріалознавства, обробляти та аналізувати результати експериментів.
КС 14. Здатність дотримуватися професійних і етичних стандартів.
ПР 2. Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі відповідної спеціалізації матеріалознавства, на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми.

ПР 16. Знати і використовувати методи фізичного і математичного моделювання при створенні нових та удосконаленні існуючих матеріалів, технологій їх виготовлення. ПР 22. Використовувати базові методи аналізу речовин, матеріалів та відповідних процесів з коректною інтерпретацією результатів. ПР 24. Знання технічних характеристик, умов роботи, застосування виробничого обладнання для обробки матеріалів та контрольно-вимірювальних приладів. ПР 27. Знання принципів, методів та нормативної бази стандартизації, сертифікації й акредитації матеріалів та виробів з них.

5. Організація навчання	
Обсяг навчальної дисципліни	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
практичні заняття / лабораторні	20 30
самостійна робота	110

	Ознаки навчальної дисципліни			
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)		Нормативний /вибірковий
8	132 Матеріало-знавство	4		Нормативний
	Тематика навчальної дисципліни			

Тема	кількість год.			
	Лекції	Практ. заняття	Лаб. заняття	Сам. роб.
Тема 1. Нанотехнології та розвиток кар'єри у прикладній фізиці. Квантові точки, квантові нитки, квантові стінки. Класифікація наноматеріалів.	2	1		5
Тема 2. Розмірні ефекти, квантово-розмірні ефекти. Фізичні основи квантово-розмірних структур. Густина станів у низькорозмірних системах.	2	1		5
Тема 3. Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія. Самоорганізація та самозбірка у нанотехнологіях. Основні властивості самоорганізованих систем. Використання самоорганізації в нанотехнологіях	2	1		10
Тема 4. Технологія отримання тонких плівок та гетероструктур. Гетероструктури – основа сучасних напівпровідникових технологій. Гетероструктури з квантовими ямами і надґратками.	2	1	5	15
Тема 5. Алмази і алмазоподібні матеріали. Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів. Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки. Фрактали у фізиці	2	2	5	10

твердого тіла. Моно- і мультифрактали. Фрактальні агрегати				
Тема 6. Розсіяння електронів. Дифракційні методи аналізу	2	2		10
Тема 7. Взаємодія електронного потоку з речовиною. Дифракція у просвічувальному мікроскопі	2	2		10
Тема 8. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силової мікроскопії в контактному та безконтаткному режимах. Аналіз поверхневих наноструктур на основі АСМ-досліджень. Програмне середовище GWIDDION	2	4	10	20
Тема 9. Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл. Структурні дослідження нанооб'єктів на основі аналізу СЕМ-зображень. HAADF-STEM лослідження	2	4	10	15
Тема 10. Практичне застосування наноматеріалів. Одноелектронний транзистор. Квантовий комп'ютер. Квантова інформація	2	2		10
ЗАГ.:	20	20	30	110

6. Система оцінювання навчальної дисципліни

Загальна система оцінювання навчальної дисципліни		Поточний контроль проводиться на кожному практичному занятті за виступ чи виконання письмового тестового завдання студентом. Передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми під час роботи на практичних заняттях та набутих професійних навичок під час виконання практичних завдань. Оцінювання відповідей здобувачів освіти на практичних заняттях відбувається згідно навчального розкладу за 100 бальною шкалою. Вага оцінки за кожен вид навчальної роботи та відповідну тему відображені нижче.

		Критерії поточного оцінювання: «*90-100 балів*» – здобувач вищої освіти в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову та додаткову літературу. *«70-89 балів»* – здобувач вищої освіти достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), в основному розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, використовуючи при цьому обов'язкову літературу. Але при викладанні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки. *«50-69 балів»* – здобувач вищої освіти в цілому володіє навчальним матеріалом викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей (в т. ч. у вигляді мультимедійних презентацій), але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, без використання необхідної літератури, допускаючи при цьому окремі суттєві неточності та помилки. *«Менше 50 балів»* – здобувач вищої освіти не в повному обсязі володіє навчальним матеріалом. Фрагментарно, поверхово (без аргументації та обґрунтування) викладає його під час усних виступів та письмових відповідей, недостатньо розкриває зміст теоретичних питань та практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності.
Вимоги до письмових робіт		Протягом семестру здобувачі освіти складають дві контрольні роботи, кожна із яких оцінюється у 20 балів (всього – 40 балів).

Семінарські заняття		На практичних заняттях студенти можуть отримати бали у 100-бальній шкалі, які за весь семестр переводяться у 10 балів.
Умови допуску до підсумкового контролю		Доступ до підсумкового контролю отримують здобувачі освіти, які отримали протягом семестру за практичні заняття не менше 25 балів.
Підсумковий контроль		Форма контролю: Екзамен; форма здачі: студент за результатами аудиторного навчання повинен виконати поставлені завдання, за які у сумі може отримати 60 балів. Розподіл балів наступний: - Тестування у системі Coursera (курс Nanotechnology: A Maker's Course) – 20 балів (8 блоків – по 2,5 балів за кожен блок) - Поточне тестування – 20 балів (2 тестування у системі d-learn) - Лабораторні роботи – 15 балів (3 роботи по 5 балів) - Усна презентація – 5 балів Екзамен – письмовий контроль знань, за який студент отримує 40 балів.

	7. Політика навчальної дисципліни
	Письмові роботи: У разі виконання завдання здобувачем освіти пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання – «незадовільно», відповідно до «Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності студентів ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019) (див. ст. 4-5). Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/ Академічна доброчесність: Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що

	регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету: • Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. • Положення про Комісію з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. • Положення про запобігання академічному плагіату та інших видів академічної нечесності у навчальній та науково-дослідній роботі здобувачів освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника . • Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника. • Склад комісії з питань етики та академічної доброчесності у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника. • Лист МОН України «До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної доброчесності». Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням: https://pnu.edu.ua/положення-про-запобігання-плагіату/ Відвідування занять Можливість і порядок відпрацювання пропущених здобувачем освіти занять регламентується «Положення про порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів освіти ДВНЗ «Прикарпатського національного університету ім. Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №799 від 26.11.2019) (див. ст. 4). Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/ Неформальна освіта: Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується «Положенням про порядок зарахування результатів неформальної освіти у ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» (введено в дію наказом ректора №819 від 29.11.2019) Ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/

	8. Рекомендована література
	1. Заячук Д.М..Нанотехнології і наноструктури. Львів: "Львівська політехніка", 2009 .-580 с. 2. Б.К.Остафійчук, І.М.Будзуляк, І.І.Григорчак, І.Ф.Миронюк. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення електричної енергії.Ів.-Франк.:ВДВ ЦІТ, 2007 .-206 с. 3. Находкін М.Г., Шека Д.І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки. К.: Київський ун-т, 2005 .-431 с. 4. Архів наукового журналу «Фізика і хімія твердого тіла» 5. Фреїк Д.М., Никируй Л.І., Чобанюк В.М..Фізика твердого тіла. Лабораторний практикум. Частина 1. Кристалічна структура.Ів.-Франк.: ВДВ ЦІТ, 2009 .- 138 с. 6. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології.К.:Академперіодика,2004 .-699 с. 7. Студентський путівник (pnu.edu.ua) 8. Напівпровідникові наноматеріали, нанотехнології та наноелектроніка//.-Ів.-Франківськ: Плай, 2008. - №1(1) .-// ЧислоС. 74-112. 9. Rowe, D. M. (Ed.). (2018). Thermoelectrics handbook: macro to nano. CRC press. 10. Lyshevski, S. E. (Ed.). (2018). Nano and molecular electronics handbook. CRC Press. 11. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології [Текст]: зб. наук. праць. Т.7, Вип.3 .- К.:РВВ ІМФ,2009 .-308 с.

Викладач:
Любомир НИКИРУЙ
Кандидат фізико-математичних наук,
професор,
завідувач кафедри фізики і хімії
твердого тіла