

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

Фізико-технічний факультет

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методи отримання наноматеріалів

Освітня програма бакалавра

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 3 від “23” жовтня 2019 р.

м. Івано-Франківськ - 2019

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 отримання наноматеріалів
Викладач (-і)	Лоп'яно Михайло Антонович
Контактний телефон викладача	0990063350; 0972577600
E-mail викладача	Mikhaylo.lopyanko@pnu.edu.ua
Формат дисципліни	Очна
Обсяг дисципліни	6 кредитів
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2. Анотація до курсу	
Дисципліна «Методи отримання наноматеріалів» є вибірковою дисципліною циклу дисциплін вільного вибору студентів. Дисципліна «Методи отримання наноматеріалів» присвячена вивченню нових можливостей сучасної фізики, зокрема, матеріалознавства, завдяки переходу від макро- спочатку до мікро-, а тепер і до наносвіту. У курсі розглянуті питання, які торкаються 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.	
3. Мета та цілі курсу	
Метою дисципліни є створення структур із розмірами елементів у області нанометрів і великою густиною таких елементів ($\sim 10^{11}-10^{12}$ см⁻²) у зв'язку з виявленням у таких системах квантово-розмірних ефектів. У зв'язку із цим для студентів фізичних спеціальностей вводиться окремий курс „Методи отримання наноматеріалів”. У результаті вивчення курсу студент має набути таких компетенцій: знання про класифікацію та поділ напівпровідникових квантових структур на нульвимірні, 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; оптичні процеси за участю екситонних збуджень в квантових точках різного радіуса; 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-, нанoeлектроніці та сучасних технологіях. У результаті вивчення дисципліни студенти повинні: знати - існуючу класифікацію наноматеріалів; - основні принципи практичного отримання нанорозмірних матеріалів; - фізичну суть сучасних методів дослідження наноматеріалів; - властивості, технологічні аспекти отримання та застосування окремих класів наноматеріалів, зокрема, фулеренів; - основні закони теоретичного опису наноструктур та аналізу їх властивостей. вміти – використовувати отримані 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. Результати навчання (компетентності)

Інтегральна компетентність

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

Загальні компетентності

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

K02. Здатність застосовувати знання у практичній ситуаціях.

K03. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

K04. Здатність бути критичним і самокритичним.

K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

K06. Навички міжособистісної взаємодії.

K07. Навички здійснення безпечної діяльності.

K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

K09. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.

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.

K16. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, вміння застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури;

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

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.

K24. Здатність використовувати базові знання з фізики та астрономії для розуміння будови та поведінки природних і штучних об'єктів, законів існування та еволюції

Всесвіту.

K25. Здатність виконувати теоретичні та експериментальні дослідження автономно та у складі наукової групи.

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.

K35. Здатність визначати оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети і формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики

K36. Здатність приймати участь в розробці нових методів і методичних підходів в науково-інноваційних дослідженнях та інженерно-технологічній діяльності.

K37. Здатність використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.

Очікувані програмні результати навчання

ПР02. Знати і розуміти фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, приладів і наукоємних технологій, та методи дослідження властивостей речовин і матеріалів.

ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.

ПР06. Оцінювати вплив новітніх відкриттів на розвиток сучасної фізики та астрономії

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	
лабораторні				34	
самостійна робота (виконання індивідуальних завдань)				120	
Ознаки курсу					
Семестр		Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий	
3		105 прикладна фізика та наноматеріали	2	Вибіркові дисципліни (дисципліни вільного вибору студента)	
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Тема 1. Квантові точки, квантові нитки, квантові стінки	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 4 год (тести)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 2. Класифікація наноматеріалів. Віскери, високотемпературні надпровідники. Фотонні кристали. Нанотрубки Лабораторна робота 1. Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 6 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 3. Розмірні ефекти, квантово-розмірні ефекти Лабораторна робота 2. Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 4. Фізичні основи квантово-розмірних структур Лабораторна робота 3. Фрактали у фізиці твердого тіла	Лекція/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	5год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 5. Густина станів у	Лекція/ практичне	Згідно списку	4 год./ 4 год	1-10 балів,	Згідно розкладу

низькорозмірних системах Лабораторна робота 4. Моно- і мультифрактали. Фрактальні агрегати	заняття/ лабораторне заняття	літератури	(тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-4 (лаб.роб)	занять
Тема 6. Алмази і алмазоподібні матеріали	Лекція	Згідно списку літератури	5 год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб. роб)	Згідно розкладу занять
Тема 7. Технологія алмазів і алмазоподібних матеріалів	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год. (тести)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 8. Фулерени і матеріали на їх основі. Вуглецеві нанотрубки	Лекція	Згідно списку літератури	5 год./ (контрольна робота)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 9. Фрактали у фізиці твердого тіла	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 4 год (тести)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 10. Моно- і мультифрактали. Фрактальні агрегати Лабораторна робота 5. Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 6 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 11. Методи синтезу наноматеріалів Лабораторна робота 6. Використання самоорганізації в нанотехнологіях	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 12. Отримання напівпровідникових наноматеріалів: літографія, епітаксія Лабораторна робота 7. Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур	Лекція/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять

Тема 13. Самоорганізація та самозбірка у нанотехнологіях. Основні властивості самоорганізованих систем Лабораторна робота 8. Отримання гетероструктур з квантовими точками	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 14. Використання самоорганізації в нанотехнологіях	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб. роб)	Згідно розкладу занять
Тема 15. Методи хімічного збирання поверхневих наноструктур Лабораторна робота 9. Методи отримання вуглецевих наноматеріалів	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год. (тести)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 16. Отримання гетероструктур з квантовими точками Лабораторна робота 10. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно- силовий мікроскопії в контактному режимі	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ (контрольна робота)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 17. Методи отримання вуглецевих наноматеріалів	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 4 год (тести)	1-10 балів,	Згідно розкладу занять
Тема 18. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно- силовий	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 6 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять

мікроскопії в контактному режимі					
Тема 19. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в безконтактному режимі Лабораторна робота 11. Дослідження топографії поверхні твердих тіл методом атомно-силовий мікроскопії в безконтактному режимі	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 20. Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 21. Практичне застосування наноматеріалів. Одноелектронний транзистор. Квантовий комп'ютер	Лекція/ практичне заняття	Згідно списку літератури	4 год./ 4 год (тести)/ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб.роб)	Згідно розкладу занять
Тема 22. Гетероструктури – основа сучасних напівпровідникових технологій Лабораторна робота 12. Принцип роботи і будова електронного просвічуючого мікроскопа у вивченні структури твердих тіл	Лекція/ практичне заняття/ лабораторне заняття	Згідно списку літератури	5 год./ 7 год.(звіт по роботі)	1-10 балів, 1-4 (лаб. роб)	Згідно розкладу занять
Тема 23. Гетероструктури з	Лекція	Згідно списку	4 год./ 4 год.	1-10 балів,	Згідно розкладу

квантовими ямами і над ґратками. Самоорганізація наночастинок		літератури	(тести)		занять
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 лабораторних робіт студентів та результатів тестування. Підсумковий контроль здійснюється на основі накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю.				
Вимоги до письмової роботи	Звіт по лабораторних роботах включає зазначення мети та завдання лабораторної роботи, вихідні дані, основні розрахункові формули, оформлені у вигляді таблиць. Виконання звіту закінчується висновком, який є коротким підсумком лабораторної роботи.				
Семінарські заняття	-				
Умови допуску до підсумкового контролю	Студент допускається до підсумкового контролю за наявності звітів до лабораторних робіт та виконанню всіх лабораторних робіт, а також результатів тестування по тематиці практичних занять.				
7. Політика курсу					
Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на практичних та лабораторних заняттях, поточному тестуванні, самостійній роботі. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Вимоги викладача. Кожен викладач ставить студентам систему вимог та правил поведінки студентів на заняттях, доводить до їх відома методичні рекомендації щодо виконання контрольних робіт, тестових завдань. Все це гарантує високу ефективність навчального процесу і є обов'язковою для студентів.					
8. Рекомендована література					
Базова					
1. Заячук Д.М..Нанотехнології і наноструктури.Львів:"Львівська політехніка", 2009 .- 580 с. 2. Ковальчук Б.М., Кремнев В.В. .Сильноточные наносекундные коммутаторы .Новосибирск: Наука, 1979 .-176 с. 3. 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. 4. Находкін М.Г., Шека Д.І..Фізичні основи мікро- та наноелектроніки.К.: Київський ун-т, 2005 .-431 с. 5. Рагуля А.В., Скороход В.В. .Консолидированные наноструктурные материалы .К.: Наукова думка, 2007 .-376 с. 6. .Большая книга о малом наномире .Луганск:Альма-матер,2008 .-531 с. 7. Грузинцев А.Н., Емельченко Г.А., Ермолаева Ю.В., и др..Материалы для					

нанофотоники: формирование и свойства наночастиц и наноструктур. Харьков: "ИСМА", 2010 .-400 с.

8. Азаренко Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., та ін. Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии. Харків: ХНУ имени В.Н.Каразина, 2009 .-209 с.
9. 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.
10. Демиховский В.Я. Квантовые ямы, нити, точки: Что это такое?. Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С. 80-86
11. Борисенко В.Е. Нанoeлектроника – основа информационных систем XXI века. Соросовский Образовательный Журнал. 1997. № 5. С. 100-104.
12. С.П.Губин. Химия кластеров. М.: Наука, 1987
13. Суздаев И.П., Суздаев П.И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Успехи Химии - 2001. Т.70. №.3. С.203-240
14. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. К.: Академперіодика, 2004 .-699 с.

Допоміжна

1. И.В. Медихов. Тенденции развития нанохимии // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
2. Е.Ф. Шека. Квантовая нанотехнология и квантовая химия // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
15. М. Роко. Перспективы развития нанотехнологии: национальный программы, проблемы образования // Рос. Хим. Ж. XLVI, № 5, 2002.
3. В.В. Жиков. Фракталы // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – С. 109-116
4. А.А. Малыгин. Поверхности и нанотехнология // Соросовский образовательный журнал. – Т. 8, № 1. – 2004. – С. 109-116
5. Б.И. Белявский. Физические основы полупроводниковой наноэлектроники // Соросовский образовательный журнал. – Т. 8, № 2. – 1998. – С. 92-98
6. Фреїк Д. М.
7. Напівпровідникові наноматеріали, нанотехнології та наноелектроніка//.-Ів.-Франківськ:Плай,2008.-№1(1) .-//ЧислоС. 74-112
8. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології [Текст]: зб. наук. праць. Т.7, Вип.3 .- К.:РВВ ІМФ, 2009 .-308 с.
9. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології [Текст]: зб. наук. праць. Т.7, Вип.2 .- К.:РВВ ІМФ, 2009 .-318 с.

11. Інформаційні ресурси

1. <http://lib.pu.if.ua/> – наукова бібліотека Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.
2. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського.
3. <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0> - Доступ до колекції журналів Springer Journal Collection.
4. <http://www.sciencedirect.com> - Інформаційні продукти Elsevier sciencedirect
5. <http://www.scopus.com/home.url> - Scopus. Наукометрична реферативна база даних 38 млн. записів про публікації світового репертуару
6. <http://search.epnet.com/> - Бази даних Academic Search Premier; Inspec; Library, Information Science & Technology Abstracts; MEDLINE; Newspaper Source
7. Зібрання журналів американських наукових товариств
American Chemical Society: <http://pubs.acs.org/about.html>
American Institute of Physics: <http://journals.aip.org/>
American Physical Society: <http://publish.aps.org/>
American Society of Mechanical Engineers: <http://www.asmedl.org/journals/doc/ASMEDL-home/jrnls/>

Викладач _____ Лоп'янюк М.А.