

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

Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Магнітні властивості наносистем

Освітня програма Фізика та астрономія

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 5 від “20” грудня 2018 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	Магнітні властивості наносистем
Викладач (-і)	професор кафедри матеріалознавства і новітніх технологій, доктор фізико-математичних наук Коцюбинський Володимир Олегович контакти: ауд. 01 (ц.к.)
Контактний телефон викладача	0973803959
E-mail викладача	kotsuybynsky@gmail.com
Формат дисципліни	семестровий
Обсяг дисципліни	6 кредитів
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
Курс "Магнітні властивості наносистем" дозволяє здобувачам підвищити фундаментальну підготовку та вдосконалити компетентності щодо системного бачення законів природи, місця науки у сучасному світі, організації науково-дослідної роботи, а саме у використанні методів і методик наукового дослідження, що стосується магнетизму наносистем; компетентності в роботі з науковою літературою й інформаційними ресурсами, необхідними при проведенні досліджень.	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета: навчальної дисципліни є ознайомлення здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з основними видами магнітних нанорозмірних матеріалів, з основними ідеями і методами сучасної фізики магнетизму та наномагнетизму; вивчення умов, критеріїв існування магнітних властивостей ультрадисперсних речовин та областей їх застосування.</p> <p>Завданнями курсу є:</p> <p>теоретичні:</p> <ul style="list-style-type: none"> • освоєння здобувачами теоретичного опису властивостей нанорозмірних речовин з різними магнітними властивостями та видами магнітного впорядкування; • засвоєння студентами теоретичних засад методик отримання ультрадисперсних матеріалів з керованими магнітними характеристиками; • ознайомити з основними теоретико-методологічними основами досліджень магнітних наносистем; <p>практичні:</p> <ul style="list-style-type: none"> • набути практичні навички з експериментального дослідження різних магнітних характеристик наносистем; • набути навички в отриманню ультрадисперсних матеріалів з наперед заданими магнітними характеристиками; • отримати уміння здійснювати оформлення та статистичну обробку результатів експерименту; <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретичні основи магнетизму з позицій класичної і квантової фізики; - джерела магнетизму нанорозмірних об'єктів - види та характер взаємодій між магнітними моментами ультрадисперсних частинок - області застосування та вимоги до параметрів магнітних матеріалів <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - описувати магнітні явища в низькорозмірних матеріалах; - кваліфіковано пояснювати механізми впливу зовнішніх полів на наносистеми; - вміти використовувати існуючі пристрої вимірювання магнітних - орієнтуватись у шляхах керування параметрами магнітних матеріалів; - добирати необхідний комплекс експериментальних методик для з'ясування природи взаємодій, що визначають магнітні властивості ультрадисперсних матеріалів. 	
4. Результати навчання (компетентності)	
<p>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</p> <p>Загальні компетентності</p> <p>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.</p>	

K05. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
 K07. Навички здійснення безпечної діяльності.
 K08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.
 K10. Прагнення до збереження навколишнього середовища.
 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.
 K23. Здатність моделювати фізичні системи та астрономічні явища і процеси.
 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.
 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.
 K35. Здатність визначати оптимальні умови виконання експерименту для досягнення поставленої фізичної мети і формулювати технічні вимоги до компонентів експериментальної методики

Очікувані програмні результати навчання

ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії. фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики та/або астрономії.
 ПР03. Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.
 ПР05. Знати основні актуальні проблеми сучасної фізики та астрономії.
 ПР07. Розуміти, аналізувати і пояснювати нові наукові результати, одержані у ході проведення фізичних та астрономічних досліджень відповідно до спеціалізації.
 ПР09. Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики або астрономії, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.
 ПР10. Вміти планувати дослідження, обирати оптимальні методи та засоби досягнення мети дослідження, знаходити шляхи розв'язання наукових завдань та вдосконалення застосованих методів.
 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.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу	
Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	24
семінарські заняття / практичні / лабораторні	36
самостійна робота	120

Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий		
7	Фізика та астрономія	4	вибірковий		
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год.	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1					
Тема 1. Наночастинки і нанофізика. Вступ. Предмет і задачі дисципліни "Магнітні властивості наносистем". Роль дисципліни у підготовці майбутніх спеціалістів та її зв'язок з іншими дисциплінами. Значення поверхневих властивостей матеріалів. Особливості магнетизму нано-матеріалів.	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год	2	Два тижні
Тема 2. Основні положення магнетизму. Розвиток уявлень про магнітні властивості речовин. Основні магнітні характеристики. Напруженість магнітного поля. Магнітна індукція. Намагніченість. Магнітна сприйнятливність. Магнітна проникливість. Методи вимірювання магнітних характеристик. Балістичний метод. Магнітометричний метод. Метод вимірювання у замкнутому колі. Метод скидання. Метод визначення магнітної сприйнятливності.	лекція	[1-13]	Тестові завдання 10 год.	2	Два тижні
Тема 3. Магнітні матеріали і технології. Магнітом'які матеріали. Магнітотверді матеріали. Петля гістерезису. Намагніченість та індукція насиченості. Остаточна намагніченість. Реманенц. Коерцитивна сила. Розмагнічуючий фактор. Магнітні матеріали спеціального призначення. Кристали феритів. Аморфні магнітні плівки сплавів рідкісноземельних і перехідних металів. Метод магнетронного розпилення.	лекція	[1-13]	Тестові завдання 10 год.	2	Два тижні
Тема 4. Природа магнетизму. Види магнетиків. Магнітні	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год.	2	Два тижні

<p>властивості електронних оболонок атомів. Гіромагнітне відношення. Досліди Енштейна та Гааза по визначенню гіромагнітного відношення. Спіновий магнітний момент. Діамагнетизм. Парамагнетизм. Феромагнетизм.</p>					
<p>Тема 5. Фізична суть феромагнетизму. Досліди Дорфмана по дослідженню природи сил, які приводять до упорядкованої орієнтації спінів. Теорія Френкеля та Гейзенберга. Обмінна взаємодія. Критерій Бете-Слетера. Доменна структура феромагнетиків. Самовільне намагнічування. Умови утворення доменної структури. Кристалографічна магнітна анізотропія. Магніострикційна деформація. Енергія магнітного поля феромагнетика.</p>	лекція/лаб.р.	[1-13]	Тестові завдання, захист лаб.роб. 40 год.	25	Два тижні
<p>Тема 6. Джерела магнетизму мікроскопічних об'єктів. Спін як невід'ємна характеристика квантових об'єктів. Власний магнітний момент електрона. Магнітні моменти електронних оболонок атомів. Атомний діамагнетизм і парамагнетизм. Обмінна взаємодія та магнітне впорядкування в твердих тілах. Магнітні фазові переходи.</p>	лекція	[1-13]	Тестові завдання 15 год.	2	Два тижні
<p>Тема 7. Поведінка магнетиків у зовнішніх електромагнітних полях. Енергія феромагнітного стану. Магнітні домени та причини їх утворення. Намагнічування багатодоменного магнетика. Крива технічного намагнічування. Магнітом'які та магнітожорсткі матеріали. Динамічні процеси в магнетиках. Магнітний</p>	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 15 год.	2	Два тижні

резонанс та його різновиди. Прикладні застосування магнетиків. Вимоги до параметрів магнітних матеріалів.					
Тема 8. Магнітні біоматеріали. Особливості феритину. Біозахоплення та розділення магнітних біоматеріалів. Молекулярна магнітнорезонансна томографія. Доставляння ліків. Магнітна гіпертермія.	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год.	2	Два тижні
Тема 9. Метод месбауерівської спектроскопії. Гамма-спектроскопія. Фізичні основи метода. Енергія віддачі ядер при випромінюванні гамма-квантів. Ефект Доплера та зсув спектрів поглинання та випромінювання. Компенсація зсуву інструментальними методами. Енергія зв'язку атомів у твердих тілах та порівняння її з енергією віддачі. Особливості ефекту Месбауера та його використання для дослідження електронної структури та властивостей наносистем.	лекція/лаб.р.	[1-13]	Тестові завдання, захист лаб.роб. 30 год.	25	Два тижні
Тема 10. Ядерний магнітний резонанс. Магнітний момент атомних ядер. Ядерний магнітний резонанс (ЯМР). Ядерний парамагнетизм. Рівняння Блоха. Сигнал магнітного резонансу. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Фізичні основи методу: магнітний момент та магнітне квантове число ядра, ефект Зеемана, ларморова частота та умова резонансного поглинання зовнішнього радіочастотного електромагнітного поля ядрами, релаксаційні процеси в ядерній системі, спін-гратова та спін-спінова релаксація. Техніка експерименту ЯМР. Сигнал та спектр ЯМР. Екранування ядер, константа екранування,	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год.	2	Два тижні

хімічний зсув ЯМР-сигналу, дельта-шкала. Приклади ЯМР- спектрів та їх аналіз.					
<p>Тема 11. Метод електронного парамагнітного резонансу. Фізичні основи методу ЕПР. g-фактор та його значення. Надтонке розщеплення сигналу ЕПР при магнітній взаємодії неспареного електрону з одним та декількома ядрами. Число компонент мультиплету, розподіл інтенсивності. Константа надтонкої взаємодії (ЗТВ). Спін-спіновий обмін в парамагнітних системах та його прояв в спектрах ЕПР. Застосування методу ЕПР в хімії. Визначення вільних радикалів та інших парамагнітних центрів. Дослідження кінетики хімічних реакцій за участю вільних радикалів. Використання методу спінових міток в хімії, біології, медицині. Блок-схема спектрометру ЕПР. Методика проведення експерименту.</p>	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год.	2	Два тижні
<p>Тема 12. Матеріали спінтроники та технологія їх формування. Механізми росту плівкових матеріалів. Класифікація плівкових наноструктур. Електронна структура і магнітне обмінне розщеплення. Магнітні властивості. Фізичні явища у плівкових спінтронних структурах. Анізотропний магніторезистивний ефект та гігантський магнітоопір. Спін-вентильні структури. Гранульовані плівкові сплави. Структури із тунелюванням електронів. Метод надпровідних контактів. Методи керування запам'ятовувальними елементами та способи кодування інформації. Структура спін-вентильних елементів. Елементи для зчитування інформації. Спін-вентильні елементи для зчитування інформації.</p>	лекція	[1-13]	Тестові завдання, 10 год.	2	Один тиждень

Спін-тунельні структури.				
Підсумковий контроль (залік)			30	
6. Система оцінювання курсу				
Загальна система оцінювання курсу	<p><i>Поточний контроль</i> здійснюється протягом семестру під час виконання лабораторних робіт і оцінюється сумою набраних балів (10 балів за одну роботу). Об'єктами поточного контролю є:</p> <p>а) систематичність, активність та результативність роботи над вивченням програмного матеріалу дисципліни, рівень знань теоретичних відомостей лабораторної роботи; б) експериментальне виконання завдань лабораторної роботи; в) рівень відповідей на контрольні запитання.</p> <p>Контроль систематичного виконання <i>самостійної роботи</i> та активності на лекційних та лабораторних заняттях. Оцінювання знань здобувача першого (бакалаврського) рівня вищої освіти під час лекційного модуля та лабораторних занять (максимальна кількість балів 20) проводиться за такими критеріями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) розуміння, ступінь засвоєння теорії та методології проблем, що розглядаються; 2) ступінь засвоєння фактичного матеріалу навчальної дисципліни; 3) ознайомлення з рекомендованою літературою, а також із сучасною літературою з питань, що розглядаються; 4) вміння поєднувати теорію з практикою при виконанні лабораторних робіт, розв'язанні поставлених задач; 5) логіка, структура, стиль викладу матеріалу в звітах до лабораторних робіт, здійснювати узагальнення інформації та робити висновки. 			
Вимоги до письмової роботи	<p><i>Залікова робота</i> складається з трьох теоретичних запитань (перелік питань подано вище). Кожне теоретичне завдання оцінюється в 10 балів, з яких:</p> <p>6 балів – за надання на теоретичну складову повних, обґрунтованих відповідей, які мають аналітично-логічну структуру з використанням необхідних знань, передбачених навчальною програмою.</p> <p>2 бали – за наведення прикладів застосування теоретичних знань.</p> <p>2 бали – за формулювання повного структурно-логічного висновку стосовно розв'язання поставленого завдання.</p>			
Семинарські заняття	-			
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; 				

- відпрацювати лабораторні заняття, пропущені з поважних причин
- самостійно працювати з рекомендованою та допоміжною літературою.

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).

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

8. Рекомендована література

Базова

1. Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер. Лекции по магнетизму. М., Физматлит, 3-е изд., 2005. 512 с.
 2. J.M.D. Coey. Magnetism and Magnetic Materials. Cambridge, Cambridge University Press, 2010. 614 p.
 3. С. Тикадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества. М., Мир, 1983. 304 с.
 4. С. Тикадзуми. Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения. М., Мир, 1987. 420 с.
 5. О.І. Товстолиткін, М.О. Боровий, В.В. Курилюк, Ю.А. Куницький. Фізичні основи спінтроніки. Навчальний посібник. Вінниця, Нілан-ЛТД, 2014. 500 с.
 6. А.Г. Гуревич, Г.А. Мелков. Магнитные колебания и волны. Москва, Физматлит, 1994. 464 с.
 7. M. Getzlaff. Fundamentals of Magnetism. Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. 387 p.
 8. J.P. Liu, E. Fullerton, O. Gutfleish, D.J. Sellmyer. Nanoscale Magnetic Materials and Applications. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2009. – 720 p.
 9. J. Stöhr and H. C. Siegmann, Magnetism: From Fundamentals to Nanoscale Dynamics, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
 10. А. И. Ахиезер, В. Г. Барьяхтар, С. В. Пелетминский, Спиновые волны. – М.:Наука, 1967.
 11. А. М. Косевич, Б. А. Иванов, А. С. Ковалев, Нелинейные волны намагниченности. Динамические и топологические солитоны. Киев, 1983.
 12. Д. Д. Шека, Основи магнетизму: Методичний посібник для студентів – К.: КНУ, 2012, 74 с.
1. Преображенский А.А. Теория магнетизма, магнитные материалы и элементы М.: Высшая школа 1972-288с.

Допоміжна

1. A. Hubert and R. Schafer, Magnetic domains: the analysis of magnetic microstructures, Springer-Verlag, 2000.
2. A. Aharoni, Introduction to the theory of Ferromagnetism, Oxford University Press, 1996.
3. Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер, Лекции по магнетизму, М.: 2005
4. С. В. Вонсовский, Магнетизм. М., Наука, 1971
5. О. В. Третьяк, В. А. Львов, О. В. Барабанов, Фізичні основи спінової електроніки, К., 2002.
6. Маттис Д., Теория магнетизма, М., 1967
7. Denny D. Tang, Yuan-Jen Lee, "Magnetic Memory: Fundamentals and Technology", Cambridge University Press, 2010
8. Alberto P. Guimaraes, "Principles of Nanomagnetism", Series: NanoScience and Technology, Springer, 2009.
9. Sellmyer, D., Skomski, R. Advanced Magnetic Nanostructures, Springer, 2006.
10. N.A. Spaldin. Magnetic Materials: Fundamentals and Applications. Cambridge, Cambridge University Press, 2011. 274 p.
11. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, М.І. Захаренко, А.С. Волощенко. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. Київ: Академперіодика, 2003 208 с.
12. A.P. Guimaraes. Principles of Nanomagnetism. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 222 p.

Інформаційні ресурси

1. <http://nano.com.ua/>
2. <http://www.all-fizika.com/news/nano.php>
3. <http://elibrary.ru/item.asp?id=9232602>
4. [http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/05_04/NANO.HTM-](http://vivovoco.rsl.ru/VV/JOURNAL/NATURE/05_04/NANO.HTM)
5. <http://math.nist.gov/oommf/>

Викладач курсу



В.О.Коцюбинський