

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



Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

**СИЛАБУС  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОМАТЕРІАЛІВ**

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 9 від “26” травня\_2022р.

## **ЗМІСТ**

1. Загальна інформація
2. Опис дисципліни
3. Структура курсу
4. Система оцінювання курсу
5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу
6. Ресурсне забезпечення
7. Контактна інформація
8. Політика навчальної дисципліни

## Загальна інформація

Назва дисципліни	Магнітні властивості наноматеріалів
Освітня програма	
Спеціалізація (за наявності)	
Спеціальність	
Галузь знань	
Освітній рівень	
Статус дисципліни	Вибіркова
Курс / семестр	
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	Лекції – 24 год. Лабораторні роботи – 36 год. Самостійна робота – 120 год.
Мова викладання	Українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	<a href="https://d-learn.pnu.edu.ua/index.php?">https://d-learn.pnu.edu.ua/index.php?</a>

### 1. Опис дисципліни

Мета та цілі курсу (в межах мети на цілей ОП)

**Метою курсу** є ознайомлення студентів 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. Також курс дозволяє студентам 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.

## Компетентності (мають співпадати з матрицею ОП)

### 1. Інструментальні компетентності:

Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

### 2. Міжособистісні компетентності:

Здатність бути критичним і самокритичним.

### 3. Системні компетентності:

Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

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

Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

Здатність до аналізу та синтезу.

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

### Предметні:

Здатність використовувати закони й принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

Здатність будувати відповідні моделі природних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи.

Здатність професійно орієнтуватися в сучасних проблемах прикладної фізики і новітніх фізичних методах досліджень і наукових технологій.

Здатність правильно використовувати набуті знання і навички на практиці та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

### Фахові:

Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати розв'язки наукових проблем на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо в їх більш та менш важливих аспектах.

Здатність використовувати сучасні підходи і методи досліджень методів X-променевої діагностики.

Здатність використовувати теоретичні і практичні знання в галузі чисельних методів, розробляти теоретичні і прикладні моделі розв'язуваних наукових проблемі задач.

Здатність виконувати оригінальні дослідження в експериментальній прикладній фізиці та наноматеріалів і досягати наукових результатів із звертанням та використанням новітніх наукових методів.

Здатність використання наукового обладнання та технологій, що відносяться до прикладної фізики та виробів з наноматеріалів.

Здатність аналізувати дані проведених експериментів із дослідження фізики конденсованого стану та матеріалознавства наноматеріалів.

### Програмні результати навчання (мають співпадати з матрицею ОП)

Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.

Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.

Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.

## 2. Структура курсу

№	Тема	Результати навчання	Завдання
1	<p>Магнітні властивості речовини.                      Магнітні моменти електронів і атомів.                      Орбітальний магнітний момент електрона.                      Спіновий магнітний момент електрона.                      Проекція спінового магнітного моменту електрона Орбітальний магнітний момент атома.                      Атом в магнітному полі.                      Ларморівська прецесія.                      Теорема Лармора</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.                      Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.                      Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	<p>Тестові завдання, лабораторна робота</p>
2	<p>Магнетики. Макроструми і мікроструми. Магнітне поле в речовині.                      Намагніченість. Магнітне поле в речовині. Закон повного струму. Магнітне поле в речовині. Магнітна проникність. Порівняння магнітного і електричного полів. Мікромагнетизм.                      Речовина в магнітному полі</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.                      Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.                      Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	<p>Тестові завдання, лабораторна робота</p>
3	<p>Магнетики. Діамагнетизм-причини виникнення.                      Діамагнетизм.                      Порівняльний аналіз.                      Парамагнетизм.                      Феромагнетизм.                      Температура Кюрі. Петля гістерезису.                      Намагніченість насичення.                      Енергія кристала. Ефект Баркгаузена. Типи феромагнетитного впорядкування.</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.                      Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.                      Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	<p>Тестові завдання, лабораторна робота</p>

4	<p>Механізми виникнення діа- та парамагнітних властивостей. Сильний та слабкий магнетизм Ларморівський діамагнетизм Типи діамагнетизму Аналіз причин парамагнітних властивостей Парамагнетизм-Механізм Ланжевена–Кюрі Правила Хунда Заповнення електронами оболонки.</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
5	<p>Магнітні моменти атомів Магнітні моменти іонів 4f-метали (лантаноїди) 3d- та 4f-метали – порівняння Температурна залежність магнітної сприйнятливості парамагнетиків Парамагнетизм-Механізм Паулі Температурна залежність <math>\chi</math> при парамагнетизмі Паулі Парамагнетизм металів</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
6	<p>Кінетичні ефекти у магнітних полях. Гальваномагнітні ефекти. Парні та непарні гальваномагнітні ефекти Ефект Хола Класичний ефект Хола Квантовий ефект Хола Рівні Ландау Магнітоопір Магнітоопір. Феноменологічна модель Коефіцієнт магнітоопору</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота

7	<p>Поперечний гальванотермомагнітний ефект (ефект Еттінгсгаузена) Поздовжній гальванотермомагнітний ефект (ефект Нернста) Ефект звуження плазмового шнура (пінч-ефект) Термомагнітні ефекти Ефект Томсона Поперечний ефект Нернста–Еттінгсгаузена Поздовжній ефект Нернста–Еттінгсгаузена Ефект Рігі–Ледюка Ефект Маджі–Рігі–Ледюка</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
8	<p>Магнітооптичні ефекти Фотоелектромагнітний ефект (Кікоїна–Носкова) Магнітооптичний ефект Фарадея Подвійне променезаломлення</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
9	<p>Магнітні моменти ядер Ядерний магнітний резонанс ЯМР-спектроскопія. Основні принципи Електронний парамагнітний резонанс Циклотронний резонанс Циклотронний резонанс у металах</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності. Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень. Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатofункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота

10	<p>Магнетики з далеким магнітним порядком. Коленіарний та неколеніарний феромагнетизм Обмінна та диполь-дипольна взаємодія Обмінний інтеграл Обертання спінів. Доменні стінки Крива намагнічування феромагнетиків Магнітострикція Магнітокалоричний ефект. Антиферомагнетизм Феримагнетизм</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.</p> <p>Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.</p> <p>Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
11	<p>Ідея ефекту Месбауера Резонансне поглинання без віддачі Ядерні переходи Месбауерівські елементи Схема експерименту Надтонкі взаємодії Хімічний (ізомерний) зсув Квадрупольне розщеплення Магнітні надтонкі взаємодії <sup>57</sup>Fe Магнони</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.</p> <p>Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.</p> <p>Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота
12	<p>Магнітні наноматеріали Магнітна рідина Суперпарамагнетизм Гіпертермія Спінова електроніка Тунельний магнітоопір Спіновий клапан Спін-поляризаційний струм Пам'ять на магнітоопорі Спіновий польовий транзистор Спін-вентильний транзистор</p>	<p>Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.</p> <p>Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.</p> <p>Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.</p>	Тестові завдання, лабораторна робота

### 3. Система оцінювання курсу

Накопичування балів під час вивчення дисципліни	
Види навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Лекція	10
Лабораторні роботи	70
Самостійна робота	10
Індивідуальне завдання	0
Залік	10
Максимальна кількість балів	100

### 5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу



Види навчальної роботи	Навчальні тижні															Разом		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Лекції	1		1		2		2		2		2							10
Лабораторні р-ти		10		10		10		10		10		10	10					70
Самостійна р-та														10				10
Індивідуальні завдання																		0
Залік																	10	10
Всього за тиж-нь	1	10	1	10	2	10	2	10	2	10	2	10	10	10	10	10		100

**Примітка:** не рекомендується на один тиждень планувати кілька форм контролю.

### 6. Ресурсне забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення	Мультимедіа забезпечення, науково-навчальні лабораторії
<p><b>Література:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. A. Hubert and R. Schafer, Magnetic domains: the analysis of magnetic microstructures, Springer-Verlag, 2000.</li> <li>2. A. Aharoni, Introduction to the theory of Ferromagnetism, Oxford University Press, 1996.</li> <li>3. О. В. Третьак, В. А. Львов, О. В. Барабанов, Фізичні основи спінової електроніки, К., 2002.</li> <li>4. Д. Д. Шека, Основи магнетизму: Методичний посібник для студентів – К.: КНУ, 2012, 74 с.</li> <li>5. Denny D. Tang, Yuan-Jen Lee, "Magnetic Memory: Fundamentals and Technology", Cambridge University Press, 2010</li> <li>6. Alberto P. Guimaraes, "Principles of Nanomagnetism", Series: NanoScience and Technology, Springer, 2009.</li> <li>7. Sellmyer, D., Skomski, R. Advanced Magnetic Nanostructures, Springer, 2006.</li> <li>8. N.A. Spaldin. Magnetic Materials: Fundamentals and Applications. Cambridge, Cambridge University Press, 2011. 274 p.</li> <li>9. А.П. Шпак, Ю.А. Куницький, М.І. Захаренко, А.С. Волощенко. Магнетизм аморфних та нанокристалічних систем. Київ: Академперіодика, 2003 208 с.</li> <li>10. A.P. Guimaraes. Principles of Nanomagnetism. – Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 2008. – 222 p.</li> </ol>	

## 7. Контактна інформація

Кафедра	<a href="https://kmint.pnu.edu.ua/">https://kmint.pnu.edu.ua/</a>
Викладач (і) Гостьові лектори	<b>Коцюбинський Володимир Олегович</b> доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри матеріалознавства і
Контактна інформація викладача	 +380973803959  <a href="mailto:Volodymyr.kotsuybynsky@pnu.edu.ua">Volodymyr.kotsuybynsky@pnu.edu.ua</a>

## 8. Політика навчальної дисципліни

Академічна добročесність	<p>Дотримання академічної добročесності засновується на ряді положень та принципів академічної добročесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <a href="#">Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Наказ №530 від 27.09.2022 р. “Про введення в дію нової редакції Кодексу честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника”</a></li> <li>➤ <a href="#">Положення про запобігання академічному плагіату та іншим порушенням академічної добročесності у навчальній та науково дослідній роботі студентів Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника .</a></li> <li>➤ <a href="#">Положення про Комісію з питань етики та академічної добročесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника</a></li> <li>➤ <a href="#">Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника .</a></li> <li>➤ <a href="#">Склад комісії з питань етики та академічної добročесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника .</a></li> <li>➤ <a href="#">Лист МОН України “До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної добročесності”.</a> Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням: <a href="https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/">https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/</a></li> </ul>
Пропуски занять (відпрацювання)	Можливість і порядок відпрацювання пропущених студентом занять регламентується Порядком організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя

	<p>Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням:  <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
<p>Виконання завдання пізніше встановленого терміну</p>	<p>У разі виконання завдання студентом пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання - «незадовільно», відповідно до Порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням:  <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
<p>Невідповідна поведінка під час заняття</p>	<p>Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність (див. вище) та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти (студента) «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до п.14 «Відрахування студентів» <a href="#">«Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти»</a> - ознайомитися із положенням можна за посиланням:  <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
<p>Додаткові бали</p>	<p>Отримання додаткових балів за дисципліною можливе в разі виконання індивідуальних завдань, попередньо узгоджених з викладачем. Перелік індивідуальних завдань міститься у навчальній програмі до курсу.</p> <p>Також за рішенням кафедри студентам, які брали участь у науково-дослідній роботі (роботі конференцій, студентських наукових гуртків та проблемних груп, підготовці публікацій), а також були учасниками олімпіад, конкурсів, можуть присуджуватися додаткові бали відповідності Порядку організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету</p>

	<p>імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf">https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf</a>)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням:  <a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a></p>
Неформальна освіта	<p>Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується <a href="#">Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (Редакція 3) (введено в дію наказом ректора № 672 від 24.11.2022 р.)</a> (<a href="https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/">https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</a>)</p>

Викладач

Володимир КОЦЮБІНСЬКИЙ