ВИБРАНІ РОЗДІЛИ ТЕОРЕТИЧНОЇ ФІЗИКИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	**Третій (освітньо-науковий)**
Галузь знань	Е Природничі науки, математика та статистика
Спеціальність	Е5 Фізика та астрономія
Освітня програма	Фізика
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр; 2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	6 кредитів, 180 годин 1 курс: 2 кредити, 60 годин (30 годин – лекції, 14 годин – практичні, 16 години – СРС) 2 курс: 4 кредити, 120 годин (32 годин – лекції, 16 годин – практичні, 72 години – СРС)
Семестровий контроль/контрольні заходи	1 курс: МКР 2 курс: екзамен/МКР
Розклад занять	http://roz.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Викладачі: 1 курс: д.ф.-м.н., проф. Решетняк Сергій Олександрович, r.sa@ukr.net 2 курс: д.ф.-м.н., проф. Калита Віктор Михайлович, vmkalita@ukr.net
Розміщення курсу	Campus, Платформа Сікорський

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Опис дисципліни. Програму навчальної дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики» складено відповідно до освітньої програми «Фізика» підготовки доктора філософії спеціальності Е5 Фізика та астрономія. Вивчення цілісного курсу теоретичної фізики сприяє формуванню в аспірантів наукового світогляду і сучасного природничого мислення, а викладання вибраних розділів теоретичної фізики в технічному університеті враховує фахову орієнтацію майбутнього науковця. Під час навчання аспіранти опанують вміння застосовувати закони теоретичної фізики для дослідження різних фізичних систем та ознайомляться з основами фізики фазових переходів та критичних явищ.

Мета навчальної дисципліни. Метою навчальної дисципліни є розширення та поглиблення об’єму знань з теоретичної фізики та вдосконалення теоретичного апарату та методик розрахунків задач математичної фізики у аспірантів, а також формування у аспірантів компетентностей в області фізики конденсованого стану, фазових перетворень, явищ та нелінійних процесів, що супроводжують фазові перетворення, критичну поведінку речовин при фазових перетвореннях.

Предмет навчальної дисципліни: методи та моделі теоретичної фізики, явища фазових переходів, критичні явища, що їх супроводжують.

Програмні результати навчання:

Компетентності:
ФК 1. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у фізиці та/або астрономії і дотичних до них міждисциплінарних напрямах і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з фізики (астрономії) та суміжних галузей. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики та/або астрономії, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.
ФК 6. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі фізики та/або астрономії.

Результати навчання:

ПРН 1. Мати сучасні концептуальні та методологічні знання з фізики та/або астрономії та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.
ПРН 4. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичних і експериментальних досліджень, математичного моделювання, комп'ютерного експерименту, а також наявні літературні дані.
ПРН 5. Розробляти моделі процесів і систем у фізиці та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямах, використовувати їх у науково-дослідницькій діяльності для отримання нових знань та/або створення розробок та інноваційних продуктів.
ПРН 6. Уміти працювати автономно. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження з фізики та/або астрономії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проєктні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проєктів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни.

Для успішного засвоєння курсу «Вибрані розділи теоретичної фізики» студент має володіти методами розв'язання диференціальних та інтегральних рівнянь, рівнянь математичної фізики, базовими методами теоретичної фізики. Знання та навички, отримані при вивченні дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики», будуть корисними при виконанні наукових досліджень в рамках роботи аспірантів над дисертацією.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 2 кредитних модулі.
Перший кредитний модуль, який читається на 1 курсі, розділений на 3 розділи:

Розділ 1. Методи функцій Гріна в теоретичній фізиці.
Розділ 2. Функції Гріна фермі-систем.
Розділ 3. Нерівноважні кореляції та функції Гріна.

Другий кредитний модуль, який читається на 2 курсі, розділений на 6 розділів:

Розділ 4. Термодинамічна теорія фазових переходів.
Розділ 5. Моделі фазових переходів.

Розділ 6. Метод середнього поля.
Розділ 7. Квантові фазові переходи.
Розділ 8. Фазові переходи з векторним і тензорними параметрами порядку.
Розділ 9. Критична поведінка ансамблів магнітних наночастинок.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література.

1. Landau L. D., Lifshitz E. M. Statistical Physics. Vol. 5 (3rd ed.). Butterworth-Heinemann, 1980, 544 p.
2. Стасюк І. В. Функції Ґріна у квантовій статистиці твердих тіл. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2013, 392 с.
3. Швець В. Т. Метод функцій Гріна в теорії металів. Одеса: Латстар, 2002, 400 с.
4. H. Eugene Stanley. Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena. Claredon Press. Oxford, 1971, ISBN-10: 0195053168.
5. Калита В. М., Решетняк С. О., Рябченко С. М. Нестійкість та збурення коливань при індукованому магнітним полем орієнтаційному магнітному фазовому переході у фізичному маятнику, Український фізичний журнал, 2024, 69, 689.

Допоміжна література.

1. Боголюбов М. М. Лекції з квантової статистики. Питання статистичної механіки квантових систем. Київ: Рад. школа, 1949, 228 с.
2. Блажиєвський Л. Ф. Операторні методи квантової теорії: Текст лекцій. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 1993, 64 с.
3. Mahan G. D. Many-particle physics. N.Y.: Plenum press, 1993.
4. Snarskii, A. A., Kalita, V. M., Shamonin, M. (2018). Renormalization of the critical exponent for the shear modulus of magnetoactive elastomers. Scientific reports, 8(1), 1-8.
5. Lavanov, G. Y., Kalita, V. M., Loktev, V. M. (2014). Isostructural magnetic phase transitions and the magnetocaloric effect in Ising ferromagnets. Low Temperature Physics, 40(9), 823-829.
6. Kalita, V. M., Levchenko, G. G. (2020). The average value of the spin squared operator as an order parameter for spin phase transitions without spontaneous lowering of symmetry. Journal of Physics Communications, 4(9), 095024.
7. Lavanov, G. Y., Kalita, V. M., Loktev, V. M. (2018). Change in the entropy during a first-order phase transition induced by a magnetic field in an isotropic non-Heisenberg ferromagnet. Low Temperature Physics, 44(4), 322-327.
8. Lavanov, G. Y., Kalita, V. M., Ivanova, I. M., Loktev, V. M. (2016). Magnetic quantum phase transitions and entropy in Van Vleck magnet. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 416, 466-474.
9. Kalita, V. M., Ivanova, I. M., Loktev, V. M., (2012). Quantum effects of magnetization of an easy-axis ferromagnet with S= 1. Theoretical and Mathematical Physics, 173(2), 1620-1635.
10. Kalita, V. M., Dzhezherya, Y. I., Cherepov et. all, (2021). Critical bending and shape memory effect in magnetoactive elastomers. Smart Materials and Structures, 30(2), 025020.
11. Kalita, V. M., Dzhezherya, Y. I. Levchenko, G. G., (2019). The loss of mechanical stability and the critical magnetization of a ferromagnetic particle in an elastomer. Soft matter, 15(29), 5987-5994.
12. Kalita, V. M., Lozenko, A. F., Ryabchenko, S.M., and all, (2013). The magnetization processes and critical transition in a nanogranular magnetic film with perpendicular anisotropy. Journal of Physics: Condensed Matter, 25(6), 066009.

13. Liedienov, N. A., Kalita, V. M., Pashchenko, A., and all, (2020). Critical phenomena of magnetization, magnetocaloric effect, and superparamagnetism in nanoparticles of non-stoichiometric manganite. Journal of Alloys and Compounds, 836, 155440.
14. Danyang, Su., Liedienov, N.A., Kalita, V.M., and all, (2024). Structural size effect-, aging time-, and pressure-dependent functional properties of Mn-containing perovskite nanoparticles, Acta Materialia, 280, 120332.

Інформаційні ресурси.

1. Науково-технічна бібліотека КПІ ім. Ігоря Сікорського http://library.kpi.ua.
2. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського: http://www.nbuv.gov.ua/
3. Науковий журнал «Український фізичний журнал», який входить до наукометричної бази Scopus: https://ujp.bitp.kiev.ua/index.php/ujp
4. Науковий журнал «Condensed Matter Physics», який входить до наукометричної бази Scopus: http://www.icmp.lviv.ua/journal/
5. Науковий журнал «Журнал фізичних досліджень», який входить до наукометричної бази Scopus: https://physics.lnu.edu.ua/jps/index_ua.html
6. Електронний кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського, методичне забезпечення до кредитного модуля «Вибрані розділи теоретичної фізики».
7. Платформа дистанційного навчання "Сікорський", методичне забезпечення до кредитного модуля «Вибрані розділи теоретичної фізики».

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Загальний методичний підхід до викладання навчальної дисципліни визначається як комунікативно-когнітивний та професійно орієнтований, згідно з яким у центрі освітнього процесу знаходиться аспірант – суб'єкт навчання і майбутній науковець. Лекційна частина забезпечується інформаційно-рецептивним методом, надаючи базу для використання репродуктивного методу та методу проблемного викладу на практичних заняттях.

Лекційні заняття.

Перший кредитний модуль.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	**Розділ 1.** **Лекція 1.** Методи функцій Гріна в теоретичній фізиці. Математичний та фізичний зміст функцій Гріна. Властивості функцій Гріна. Граничні умови.
2	**Лекція 2.** Динамічна та статико-механічна інформація в функціях Гріна. Слабонеідеальний бозе-газ.
3	**Лекція 3.** Метод наближеного вторинного квантування.
4	**Лекція 4.** Апроксимації для функцій Гріна. Апроксимація Хартрі та Хартрі-Фока.
5	**Лекція 5.** Вплив зіткнень на функції Гріна. Методи отримання апроксимацій для функції Гріна.

6	**Лекція 6.** Основні моделі теорії сильноскорельованих електронних систем. Модель Хаббарда та модель Фалікова-Кімбала.
7	**Розділ 2.** **Лекція 7.** Функції Гріна фермі-систем. Функція Гріна макроскопічної системи. Функція Гріна ідеального фермі-газа.
8	**Лекція 8.** Діаграмна техніка для фермі-систем. Представлення взаємодії. Хронологічне впорядкування для операторів.
9	**Лекція 9.** Функція Гріна для систем із парною взаємодією. Двочастинкова функція Гріна.
10	**Лекція 10.** Похідні від функцій Гріна. Двочасові функції Гріна для ідеальних систем. Метод розщеплення для функцій Гріна.
11	**Лекція 11.** Інші типи функцій Гріна. Температурні функції Гріна. Термодинамічні функції Гріна. Функція Гріна для гармонічних фононів. Ангармонізми. Псевдогармонічне наближення.
12	**Розділ 3.** **Лекція 12.** Нерівноважні кореляції та функції Гріна. Кореляції в частинній рівновазі. Нерівноважні часові функції Гріна.
13	**Лекція 13.** Спектр одночастинкових збуджень у моделі БКШ. Метод канонічного перетворення та метод функцій Гріна.
14	**Лекція 14.** Наближення та функції Гріна. Квантова кінетика з початковими кореляціями. Наближення Т-матриці.
15	**Лекція 15.** Феромагнетизм у моделі колективізованих електронів; спектр колективних збуджень.

Другий кредитний модуль.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	**Розділ 4**. **Лекція 1.** Термодинамічна теорія фазових переходів. Означення фази. Поняття фазовий перехід. Фазові діаграми, критичні точки. Приклади фазових переходів та фазових діаграм: структурні, магнітні, тиск – температура, намагніченість – температурі, поляризація – температура. Формула Клайперона – Клаузіуса.
2	**Лекція 2.** Параметр порядку. Теорія Ландау фазових переходів 2-го роду. Термодинамічна теорія фазових переходів 1-го роду. Орієнтаційні фазові переходи 1-го та 2-го роду. Астроїда Стонера-Вольфарта.
3	**Лекція 3.** Флуктуації параметру порядку. Ефективний гамільтоніан. Кореляційна функція. Співвідношення Леванюка-Гінзбурга. Критичні індекси. Метод Паде.
4	**Розділ 2**.

	Лекція 4. Моделі фазових переходів. Рівняння Ван-дер-Ваальса. Модель Ізінга. Модель ізоструктурного фазового переходу для спінових переходів.
5	**Лекція 5.** Опис негейзенбергівського феромагнетика з одноіонною анізотропією. Ізотропний негейзенбергівський феромагнетик з обміном 4-го порядку по спіну. Модель двохпідграткового антиферомагнетика: спін-флоп, спін-фліп переходи.
6	**Розділ 3**. **Лекція 6.** Метод середнього поля. Метод середнього поля. Метод Брега-Вільямса. Метод максимуму ентропії. Рівняння стану. Критичні точки. Розрахунок температурної залежності для параметра порядку. Польові залежності для параметру порядку, Зміна ентропії в наближенні середнього поля.
7	**Розділ 4**. Квантові фазові переходи. **Лекція 7.** Визначення квантового фазового переходу. Енергія та рівняння стану. Опис фазового переходу у випадку феромагнетика з одноіонною магнітною анізотропією.
8	**Лекція 8.** Індуковані магнітним полем квантові фазові переходи у димеризованому антиферомагнетику.
9	**Лекція 9.** Квантові фазові переходи у ван-флеківському антиферомагнетику типу DTN.
10	**Розділ 5**. **Лекція 10.** Фазові переходи з векторним і тензорними параметрами порядку.
11	**Лекція 11.** Магнітопружні фазові переходи. Фазові переходи в магнетику з біквадратичним обміном та прояви магнітопружності в ньому.
12	**Лекція 12.** Критична втрата стійкості магнітної частинки в еластомері. Пружна енергія деформованого еластомеру при повороті частинки. Повна енергія частинки в еластомері. Лагранжіан. Рівняння стану.
13	**Лекція 13.** Магніто-реологічний ефект при зсуві та згині магніто-активних еластомерів. Ефект пам'яті форми та критичний згин магніто-активних еластомерів в магнітному полі.
14	**Розділ 6**. **Лекція 14.** Критична поведінка ансамблів магнітних наночастинок. Експериментальні дані намагнічування наногранулярної плівки з перпендикулярною магнітною анізотропією. Модель перемагнічування наногранулярнї плівки з перепендикулярною анізотропією. Супердомени, їх спостереження та опис.
15	**Лекція 15.** Експериментальні дані намагнічування ансамблів наночастинок манганітів. Критична температура та критичні індекси. Побудови Аррота.
16	**Лекція 16.** Магнітокалоричний ефект. Вклад суперпарамагнетизму в магнітокалоричний ефект ансамблю наночастинок манганіту.

Практичні заняття.

Перший кредитний модуль.

№ з/п	Назва практичного заняття
1	Діагоналізація квадратичних форм за бозе- та фермі-операторами народження і знищення.
2	Система ферміонів із парною взаємодією. Перетворення Боголюбова.
3	Когерентні стани та їх властивості. Статистична сума ідеального бозе-газу у представленні когерентних станів.
4	Когерентні стани для фермі-систем. Грасманові змінні.
5	Когерентні стани для спінових систем.
6	Метод розщеплення для функцій Гріна.
7	Основи діаграмної техніки для спінових операторів та операторів Хаббарда. Рівняння Дайсона та рівняння Ларкіна.

Другий кредитний модуль.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Теорія Ландау фазових переходів
2	Гамільтоніан, вільна енергія, рівняння стану для спінового фазового переходу.
3	Гамільтоніан середнього поля, рівняння стану, вільна енергія для двох-, трьох-рівневих систем.
4	Хвильова функція, енергія основного стану, рівняння стану для квантових фазових переходів
5	Поля деформацій, кути повороту магніто-анізотропної частинки в еластомері
6	Ланжевенівське намагнічування, магнітна ентропія, зв'язок між критичними індексами для наночастинок
7	Критична температура та критичні індекси. Побудови Аррота.
8	Магнітокалоричний ефект.

6. Самостійна робота аспіранта

Самостійна робота здобувача наукового ступеня доктора філософії є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час і включає:

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	60
2	Підготовка до МКР	12
3	Підготовка до екзамену	30

Зважаючи на те, що значна частина загального часу вивчення дисципліни відведена на самостійну роботу, аспіранти, готуючись до лекційних та практичних занять, в першу чергу, повинні ознайомитися з темою відповідного розділу, опрацювати матеріал за допомогою конспекту та навчально-наукових матеріалів, список яких наведений у розділі 4.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед аспірантом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо аспірант не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання МКР здійснюється за узгодженням з викладачем;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» https://kpi.ua/files/honorcode.pdf встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Вибрані розділи теоретичної фізики»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, дві МКР.
Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
Семестровий контроль: екзамен (другий кредитний модуль).
Умови допуску до семестрового контролю: не менше 36 балів стартового рейтингу, набраних протягом семестру.
На першому занятті аспіранти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (РСО) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Система рейтингових балів та критерії оцінювання.
Рейтинг аспіранта з другого кредитного модуля складається з балів, які він отримує:
1) за роботу на практичних заняттях;
2) за модульну контрольну роботу (МКР);
3) за відповідь на екзамені.
Практичні заняття.
Ваговий коефіцієнт дорівнює 5. Максимальна кількість балів, які може отримати аспірант на практичних заняттях становить 5х8=40 бали. Нарахування балів на одному практичному занятті:
- відмінні відповіді 7 балів;
- дуже добрі, добрі відповіді 5,6 балів;
-задовільні, достатні відповіді 3,4 бали.

Модульна контрольна робота (МКР).

Ваговий коефіцієнт дорівнює 20. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить 1х20=20 балів. Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 10-15 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Екзамен.

Екзаменаційний білет містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюються у 20 балів. Всього 2х20=40 балів.

Нарахування балів за екзаменаційну відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 36-40 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 30-35 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 24-29 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Таблиця 1 - Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

- Означення фази. Поняття фазовий перехід. Фазові діаграми, критичні точки. Приклади фазових переходів та фазових діаграм: структурні, магнітні, тиск – температура, намагніченість – температурі, поляризація – температура. Формула Клайперона – Клаузіуса.
- Параметр порядку. Теорія Ландау фазових переходів 2-го роду.
- Термодинамічна теорія фазових переходів 1-го роду. Орієнтаційні фазові переходи 1-го та 2-го роду. Астроїда Стонера-Вольфарта.
- Флуктуації параметру порядку. Ефективний гамільтоніан. Кореляційна функція. Співвідношення Леванюка-Гінзбурга.
- Критичні індекси. Метод Паде.
- Рівняння Ван-дер-Ваальса. Модель Ізінга. Модель ізоструктурного фазового переходу для спінових переходів.
- Модель негейзенбергівського феромагнетика одноіонною анізотропією, з обміном 4-го порядку по спіну.
- Модель двопідграткового антиферомагнетика: спін-флоп, спін-фліп переходи.
- Метод середнього поля. Метод Брега-Вільямса. Метод максимуму ентропії.
- Рівняння стану в методі середнього поля. Критичні точки. Розрахунок температурної залежності для параметра порядку, впливу зовнішнього поля та зміни ентропії.

- Визначення квантового фазового переходу. Енергія та рівняння стану. Опис фазового переходу у випадку феромагнетика з одноіонною магнітною анізотропією.
- Індуковані магнітним полем квантові фазові переходи у димеризованого антиферомагнетика.
- Квантові фазові переходи та фазова діаграма ван-флеківського антиферомагнетика типу DTN.
- Магнітопружні фазові переходи. Фазові переходи в магнетику з біквадратичним обміном.
- Критична втрата стійкості магнітної частинки в еластомері. Енергія, рівняння стану, лагранжіан.
- Ефект пам'яті форми та критичний згин магнітоактивних еластомерів в зовнішньому магнітному полі.
- Експериментальні дані намагнічування наногранулярної плівки з перпендикулярною магнітною анізотропією. Модель перемагнічування наногранулярнї плівки з перпендикулярною анізотропією. Супердомени, їх спостереження та опис.
- Експериментальні дані намагнічування ансамблів наночастинок манганітів. Критична температура та критичні індекси. Побудови Аррота. Магнітокалоричний ефект. Вклад суперпарамагнетизму в магнітокалоричний ефект ансамблю наночастинок манганітів.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Наказі № 7-177 від 01.10.2020 р. «Про затвердження положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті».

Робочу програму навчальної дисципліни (Силабус):

Склали:

завідувач кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф. С.О. Решетняк,

професор кафедри загальної фізики, д.ф.-м.н., проф. В.М. Калита.

Ухвалено кафедрою загальної фізики (протокол № 6 від 02.06.2026 р.).

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 11 від 26.06.2026 р.)