



КВАНТОВА ТЕОРІЯ МАГНЕТИЗМУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>Е Природничі науки, математика та статистика</i>
Спеціальність	<i>Е5 Фізика і астрономія</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма «Моделювання фізичних процесів»</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити (150 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен усний</i>
Розклад занять	<i>Розклад занять викладено на сторінці http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни Практичні заняття: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни</i>
Розміщення курсу	<i>На платформі дистанційного навчання Google Клас за посиланням https://classroom.google.com/c/NzEwMTk3MDI5NDAz?cjc=gs4gczu , код класу gs4gczu, постійне посилання на Google Meet https://meet.google.com/vxm-fnzz-ggn</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей.

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК7. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності спеціальності:

ФК1. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК2. Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем в області фізики та/або астрономії.

ФК5. Здатність сприймати ново здобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними.

ФК9. Здатність самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

Основні завдання кредитного модуля:

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати наступні **результати навчання**:

ПРН01. Використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної і експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем.

ПРН02. Проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН05. Здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних фізичних та/або астрономічних явищ, об'єктів і процесів.

ПРН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи із колегами.

ПРН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела.

ПРН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

ПРН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

ПРН15. Планувати наукові дослідження з урахуванням цілей та обмежень, обирати ефективні методи дослідження, робити обґрунтовані висновки за результатами дослідження.

ПРН16. Брати продуктивну участь у виконанні експериментальних та/або теоретичних досліджень в області фізики та астрономії.

ПРН18. Вміти використовувати набуті знання для розв'язання різних задач з фізики та астрономії.

ПРН19. Вміти моделювати фізичні і не тільки процеси та явища, що виникають в навколишньому світі.

ПРН20. Вміти створювати та досліджувати різні фізичні теорії за допомогою моделювання фізичних та астрономічних процесів.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Кредитний модуль «Квантова теорія магнетизму» відноситься до дисципліни «Квантова теорія магнетизму», яка належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки, і вивчається студентами в 2-му семестрі навчання за напрямом «фізика». Цей кредитний модуль спрямований на формування у студентів базових понять, вмінь та навичок стосовно курсу «Квантова теорія магнетизму». Вивчення даного кредитного модуля базується на курсах «Механіка», «Молекулярна фізика», «Електрика та магнетизм», «Класична механіка», «Математичний аналіз» та ін. Знання, отримані студентами з курсу електродинаміки, використовуються в курсах «Вступ до фізики твердого тіла», «Основи квантової теорії поля» та ін.

3. Зміст навчальної дисципліни

В результаті вивчення дисципліни "Квантова теорія магнетизму" у студентів буде сформовано сучасні уявлення про природу магнетизму твердих тіл з точки зору квантової теорії, отримано навичок роботи з сучасними теоретичними методами опису властивостей систем магнітних моментів, здійснено знайомство з фізичними основами експериментальних методик, отримано знання про класичні та сучасні експериментальні результати з магнітних властивостей твердих тіл.

Назви розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять			
	Всього	Лекції	Практичні заняття	СРС
Семестр 2				
Розділ 1. Парамагнетизм.				
Тема 1.1. Квантова механіка атомів.	7	2	1	4
Тема 1.2. Квантова теорія парамагнетизму.	7	2	1	4
Тема 1.3. Теорія кристалічного поля. Заморожування орбітального моменту в кристалічному полі.	7	2	1	4
Тема 1.4. Ефективний спіновий Гамільтоніан.	7	2	1	4
Розділ 2. Взаємодіючі спіни.				
Тема 2.1. Модель феромагнетизму Вейса.	7	2	1	4
Тема 2.2. Мікроскопічна основа феромагнетизму.	6	1	1	4
Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля.				
Тема 3.1. Вільна енергія Гельмгольца.	5.5	1	0.5	4
Тема 3.2. Магнітна сприйнятливість.	5.5	1	0.5	4
Тема 3.3. Теплоємність феромагнетика.	5.5	1	0.5	4
Розділ 4. Одновимірний магнетизм.				
Тема 4.1. Ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$.	5.5	1	0.5	4
Тема 4.2. Модифіковані ланцюжки спінів.	5.5	1	0.5	4
Розділ 5. Двовимірний квантовий магнетизм.				
Тема 5.1. Від напівкласичної моделі порядку Нееля до неупорядкованих станів.	6.5	2	0.5	4
Розділ 6. Молекулярний магнетизм.				
Тема 6.1. Експериментальні та теоретичні методи досліджень молекулярного магнетизму.	6	2	0	4
Розділ 7. Спінові хвилі в Гейзенбергівських магнетиках.				
Тема 7.1. Аналіз спінових хвиль в одномірних феромагнетиках.	7	2	1	4
Розділ 8. Польові теоретичні методи в квантовому магнетизмі.				
Тема 8.1. Підхід Гамільтоніана. Моделі антиферомагнетиків.	7	2	1	4
Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків.				
Тема 9.1. Інтегровані обмінні Гамільтоніани.	7	2	1	4
Тема 9.2. XYZ модель.	7	2	1	4

Тема 9.3. Рівняння для спин-1/2 XYZ ланцюжка	7	2	1	4
Тестування. Підготовка до екзамену	34			34
Разом	150	30	14	106

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова: [1-5]

Додаткова: [6-9]

- [1] H.Y. Yuan, Y. Cao, A. Kamra, R.A. Duine, P. Yan, Quantum magnonics: When magnon spintronics meets quantum information science, Phys. Rep. 965 (2022) 1–74.
<https://doi.org/10.1016/j.physrep.2022.03.002>.
- [2] B.A. Frandsen, H.E. Fischer, A New Spin on Material Properties: Local Magnetic Structure in Functional and Quantum Materials, Chem. Mater. (2024).
<https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.4c01535>.
- [3] B.G. Mendis, Quantum theory of magnon excitation by high energy electron beams, Ultramicroscopy. 239 (2022) 113548. <https://doi.org/10.1016/j.ultramic.2022.113548>.
- [4] M. Bernaschi, I. González-Adalid Pemartín, V. Martín-Mayor, G. Parisi, The quantum transition of the two-dimensional Ising spin glass, Nature. 631 (2024) 749–754.
<https://doi.org/10.1038/s41586-024-07647-y>.
- [5] О.Ю. Горобець, С.В. Горобець, К.Ю. Хахно, Мова python для інженерних та наукових задач [Електронний ресурс]: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра та магістра за спеціальностями 162 «Біотехнології та біоінженерія» та 104 «Фізика та астрономія», 1st-ше вид. ed., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2024.
- [6] N. Majlis, The Quantum Theory of Magnetism, World Scientific, 2007.
<https://books.google.com.ua/books?id=EKT4YaovXuYC&printsec=frontcover&hl=uk#v=onepage&q&f=false>.
- [7] U. Schollwöck, J. Richter, D.J.J. Farnell, R.F. Bishop, Quantum Magnetism, Springer, 2008.
https://books.google.com.ua/books?id=biB6CwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=uk&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- [8] B. Keimer, J.E. Moore, The physics of quantum materials, Nat. Phys. 13 (2017) 1045–1055.
<https://doi.org/10.1038/nphys4302>.
- [9] M.N. Leuenberger, D. Loss, Quantum computing in molecular magnets, Nature. 410 (2001).
<https://doi.org/10.1038/35071024>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Лекція 1. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.1. Квантова механіка атомів.
2.	Лекція 2. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.2. Квантова теорія парамагнетизму.
3.	Лекція 3. Розділ 1. Парамагнетизм.

	Тема 1.3. Теорія кристалічного поля. Заморожування орбітального моменту в кристалічному полі.
4.	Лекція 4. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.4. Ефективний спіновий Гамільтоніан.
5.	Лекція 5. Розділ 2. Взаємодіючі спіни. Тема 2.1. Модель феромагнетизму Вейса.
6.	Лекція 6. Розділ 2. Взаємодіючі спіни. Тема 2.2. Мікроскопічна основа феромагнетизму.
7.	Лекція 7. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.1. Вільна енергія Гельмгольца. Тема 3.2. Магнітна сприйнятливість.
8.	Лекція 8. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.3. Теплоємність феромагнетика.
9.	Лекція 9. Розділ 4. Одновимірний магнетизм. Тема 4.1. Ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$. Модифіковані ланцюжки спінів.
10.	Лекція 10. Розділ 5. Двовимірний квантовий магнетизм. Тема 5.1. Від напівкласичної моделі порядку Нееля до неупорядкованих станів.
11.	Лекція 11. Розділ 6. Молекулярний магнетизм. Тема 6.1. Експериментальні та теоретичні методи досліджень молекулярного магнетизму.
12.	Лекція 12. Розділ 7. Спінові хвилі в Гейзенбергівських магнетиках. Тема 7.1. Аналіз спінових хвиль в одновимірних феромагнетиках.
13.	Лекція 13. Розділ 8. Польові теоретичні методи в квантовому магнетизмі. Тема 8.1. Підхід Гамільтоніана. Моделі антиферомагнетиків.
14.	Лекція 14. Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків. Тема 9.1. Інтегровані обмінні Гамільтоніани.
15.	Лекція 15. Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків. Тема 9.2. XYZ модель. Рівняння для спінів- $1/2$ XYZ ланцюжка.

6. Практичні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Практичне заняття 1. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.1. Квантова механіка атомів. Тема 1.2. Квантова теорія парамагнетизму.

2.	Практичне заняття 2. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.3. Теорія кристалічного поля. Заморожування орбітального моменту в кристалічному полі. Тема 1.4. Ефективний спіновий Гамільтоніан.
3.	Практичне заняття 3. Розділ 2. Взаємодіючі спіни. Тема 2.1. Модель феромагнетизму Вейса. Тема 2.2. Мікроскопічна основа феромагнетизму.
4.	Практичне заняття 4. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.1. Вільна енергія Гельмгольца. Тема 3.2. Магнітна сприйнятливість.
5.	Практичне заняття 5. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.3. Теплоємність феромагнетика. Розділ 4. Одновимірний магнетизм. Тема 4.1. Ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$.
6.	Практичне заняття 6. Розділ 4. Одновимірний магнетизм. Тема 4.2. Модифіковані ланцюжки спінів. Розділ 5. Двовимірний квантовий магнетизм. Тема 5.1. Від напівкласичної моделі порядку Нееля до неупорядкованих станів.
7.	Практичне заняття 7. Розділ 7. Спінові хвилі в Гейзенбергівських магнетиках. Тема 7.1. Аналіз спінових хвиль в одновимірних феромагнетиках.

7. Самостійна робота студента

№	Назва теми СРС
1.	СРС 1. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.1. Квантова механіка атомів.
2.	СРС 2. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.2. Квантова теорія парамагнетизму.
3.	СРС 3. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.3. Теорія кристалічного поля. Заморожування орбітального моменту в кристалічному полі.
4.	СРС 4. Розділ 1. Парамагнетизм. Тема 1.4. Ефективний спіновий Гамільтоніан.
5.	СРС 5. Розділ 2. Взаємодіючі спіни. Тема 2.1. Модель феромагнетизму Вейса.
6.	СРС 6. Розділ 2. Взаємодіючі спіни. Тема 2.2. Мікроскопічна основа феромагнетизму.
7.	СРС 7.

	<i>Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.1. Вільна енергія Гельмгольца.</i>
8.	<i>CPC 8. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.2. Магнітна сприйнятливність.</i>
9.	<i>CPC 9. Розділ 3. Теорія самоузгодженого поля. Тема 3.3. Теплоємність феромагнетика.</i>
10.	<i>CPC 10. Розділ 4. Одновимірний магнетизм. Тема 4.1. Ланцюжок Гейзенберга зі спіном $\frac{1}{2}$.</i>
11.	<i>CPC 11. Розділ 4. Одновимірний магнетизм. Тема 4.2. Модифіковані ланцюжки спінів.</i>
12.	<i>CPC 12. Розділ 5. Двовимірний квантовий магнетизм. Тема 5.1. Від напівкласичної моделі порядку Нееля до неупорядкованих станів.</i>
13.	<i>CPC 13. Розділ 6. Молекулярний магнетизм. Тема 6.1. Експериментальні та теоретичні методи досліджень молекулярного магнетизму.</i>
14.	<i>CPC 14. Розділ 7. Спінові хвилі в Гейзенбергівських магнетиках. Тема 7.1. Аналіз спінових хвиль в одновимірних феромагнетиках.</i>
15.	<i>CPC 15. Розділ 8. Польові теоретичні методи в квантовому магнетизмі. Тема 8.1. Підхід Гамільтоніана. Моделі антиферомагнетиків.</i>
16.	<i>CPC 16. Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків. Тема 9.1. Інтегровані обмінні Гамільтоніани.</i>
17.	<i>CPC 17. Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків. Тема 9.2. XYZ модель.</i>
18.	<i>CPC 18. Розділ 9. Інтегрованість квантових ланцюжків. Рівняння для спінів-1/2 XYZ ланцюжка.</i>
19.	<i>Тестування. Підготовка до екзамену</i>

Політика та контроль

8. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять (згідно розкладу і згідно загально-університетського розпорядку);
- правила поведінки на заняттях (активність на практичних заняттях є обов'язковою, бали за активність на практичних заняттях не ставляться, відключення телефонів є обов'язковим);
- правила захисту індивідуальних завдань (тестування <https://classroom.google.com/c/NzEwMTk3MDI5NDAz?cjc=qs4qczu>);

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 8 цього силабусу);
- політика дедлайнів та перескладань (згідно загально-університетського розпорядку);
- політика щодо академічної доброчесності (згідно загально-університетського розпорядку);
- Студент зобов'язаний зареєструватися на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals (в минулому G Suit For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Квантова теорія магнетизму» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NzEwMTk3MDI5NDAz?cjc=qs4qczu> . Для цього студенту необхідно спочатку отримати акаунт в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua. Для отримання акаунта в Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua необхідно заповнити Google Форму: https://sikorsky-distance.kpi.ua/reg_gsuite/ . Після реєстрації та модерації заявки студента, адміністратор надішле студенту на пошту пароль та логін до акаунту, з яким студент зможе використовувати всі доступні інструменти та сервіси Google Workspace for Education Fundamentals. Google Workspace for Education Fundamentals – це пакет спеціалізованого хмарного програмного забезпечення, інструментів для спільної роботи та дистанційного навчання від компанії Google. Основна складова пакету – система управління навчанням Google Клас, яка дозволяє викладачу створювати навчальні класи, оцінювати завдання, надавати учням зворотній зв'язок, публікувати оголошення і поширювати навчальні матеріали. Викладач може бачити, хто виконав завдання, а хто ще продовжує над ним працювати, а також читати питання і коментарі учнів. Для приєднання до навчального курсу «Квантова теорія магнетизму» студенту потрібно перейти у Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com>, натиснути зображення «+» у верхньому правому кутку браузера, вибрати «Приєднатися до класу» та ввести код курсу gs4gczu. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Квантова теорія магнетизму» Google Класу тому, що автоматичний імпорт оцінок за тестування можливий виключно з акаунта на домені @LLL.kpi.ua. Система Google Клас автоматично надсилає кожному студенту бали по кожному з видів контролю на електронну пошту. Тому для ознайомлення з балами за кожен окремий вид контролю студенту необхідно змінити налаштування електронної пошти так, щоб ці електронні листи не потрапляли у спам. Всі виконані завдання для перевірки викладачем студент повинен завантажувати через систему Google Клас (результати виконання завдань, надіслані через телеграм канал перевірятися не будуть);
- Листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни.

9. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: тести, МКР, ДКР

Календарний контроль: контроль виконання самостійної роботи проводиться двічі на семестр у формі тестів як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестрова атестація проводиться у вигляді екзамену. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом.

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин			Контрольні заходи
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні заняття	СРС	Семестр атест.
2	5	150	30	14	106	Екзамен

Рейтинг студентів 2 курсу магістратури ФМФ з «Квантової теорії магнетизму» складається з балів, які вони отримують за:

- 1) СРС
- 2) МКР
- 3) ДКР
- 4) відповіді на екзамені.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання.

Студентам, які успішно виконують СРС (самостійна робота студентів), можуть нараховуватися за семестр максимум 60 балів. СРС полягає у самостійній роботі із вивчення лекційного матеріалу. Перевірка виконання СРС та вміння розв'язувати задачі на практичних заняттях, а також ДКР та МКР здійснюватиметься оцінюванням результатів тестування на платформі дистанційного навчання Google Workspace for Education Fundamentals на домені @LLL.kpi.ua в системі Google Клас за посиланням <https://classroom.google.com/c/NzEwMTk3MDI5NDAz?cjc=qs4qczu>. Кожен з тестів можливо пройти тільки один раз. Рейтингові (вагові) бали занять і рейтингові оцінки по всіх видах контролю в Google Класі дорівнюють відповідним балам в Силабусі з коефіцієнтом 10 для зручності розрахунку балів (щоб не використовувати дробові числа). Відповідно перед кожною атестацією, а також в кінці семестру всі набрані студентом бали в Google Класі будуть ділитися на 10 і вноситись до системи АІС «Електронний кампус» КПІ імені Ігоря Сікорського.

Необхідною умовою допуску до екзамену з «Квантової теорії магнетизму» є задовільне виконання СРС, МКР, ДКР (не менше 20 балів).

Екзаменаційна робота з «Квантової теорії магнетизму» складається з 2 питань (2 теоретичних питання), кожне теоретичне питання максимально оцінюється в 25 балів. Всього 50 балів.

Критерії оцінювання (до екзамену):

- Студент демонструє фрагментарні знання навчального матеріалу, не достатньо розуміючи зв'язок між окремими розділами програми, робить не достатньо обґрунтовані висновки (0-23 бали).
- Студент правильно відтворює навчальний матеріал, знає основоположні теорії і факти, вміє наводити окремі власні приклади на підтвердження певних думок (24-40 балів)
- Студент добре володіє вивченим матеріалом, застосовує знання в стандартних ситуаціях, вміє аналізувати і систематизувати інформацію, використовує загальновідомі докази із самостійною і правильною аргументацією (41-45 балів)
- Студент має гнучкі знання в межах вимог навчальної програми, аргументовано використовує їх в різних ситуаціях, уміє знаходити інформацію та аналізувати її, ставити і розв'язувати проблеми (46-50 балів)

Сума вагових балів контрольних заходів з «Квантової теорії магнетизму» протягом семестру складає:

$R_C = 50$ балів.

Екзаменаційна складова шкали **$R_E = 50$ балів.**

Рейтингова шкала з Квантової теорії магнетизму складає **$R_D = R_C + R_E = 100$ балів.**

Для виставлення оцінок до залікової книжки рейтинг переводиться у оцінки відповідно до таблиці.

Студенти, які набрали протягом семестру стартовий рейтинг з дисципліни (r_C) менше 0,4 $R_C = 20$ балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з Квантової теорії магнетизму і мають академічну заборгованість.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре

75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані інші умови допуску до екзамену	Не допущено

10. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в тестах в системі дистанційного навчання Google Клас*
<https://classroom.google.com/c/NzEwMTk3MDI5NDAz?cjc=gs4gczu>;
- *можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою не передбачена.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів, д.ф.-м.н., професором Горобець О.Ю.

Ухвалено кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 1/06-25 від 25.06.2025).

Погоджено Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 27.06.2024).