



# НАНОМАГНЕТИЗМ

## 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)</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Рік підготовки, семестр                           | <i>1 курс, весняний семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Обсяг дисципліни                                  | <i>5 кредити/150 годин</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | <i>Екзамен, усний</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Розклад занять                                    | <i>Розклад занять викладено на сторінці <a href="http://roz.kpi.ua/">http://roz.kpi.ua/</a></i>                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Мова викладання                                   | <i>Українська</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | <i>Лектор: доктор фізико-математичних наук, професор Горобець Оксана Юріївна, листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни<br/>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 <a href="https://classroom.google.com/c/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvjcs">https://classroom.google.com/c/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvjcs</a>, код курсу 2ijvjcs, постійне посилання на Google Meet <a href="https://meet.google.com/ess-rktt-zrm">https://meet.google.com/ess-rktt-zrm</a></i>                        |

### Програма навчальної дисципліни

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

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів навичок та вмінь щодо теорії та експериментального дослідження магнітних властивостей наноматеріалів, особливостей магнітних явищ в наноматеріалах, статичних і динамічних магнітних властивостей тонких плівок і наночастинок і їх залежності від структури і морфології поверхні наноматеріалів, явищ, пов'язаних із спіном і процесом перевертання спіну.

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 спілкуючись 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. Зміст навчальної дисципліни

| Назви тем                                 | Кількість годин |              |                   |     |
|-------------------------------------------|-----------------|--------------|-------------------|-----|
|                                           | Всього          | У тому числі |                   |     |
|                                           |                 | Лекції       | Практичні заняття | СРС |
| Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів. | 18              | 2            | 2                 | 14  |

|                                                        |     |    |    |     |
|--------------------------------------------------------|-----|----|----|-----|
| Тема 2. Магнітні властивості матеріалів                | 24  | 6  | 4  | 14  |
| Тема 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах | 18  | 4  | 0  | 14  |
| Тема 4. Спінова динаміка                               | 34  | 8  | 6  | 20  |
| Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль        | 26  | 10 | 2  | 14  |
| Тестування. Підготовка до екзамену.                    | 30  |    |    | 30  |
| Разом                                                  | 150 | 30 | 14 | 106 |

### 3. Навчальні матеріали та ресурси

*Базова [1-6]*

*Додаткова [7-20]*

- [1] Ю. М. Поплавко, О. В. Борисов, І. П. Голубева, and Ю. В. Діденко, Магнетики в Електроніці: Курс Лекцій [Електронний Ресурс]: Навч. Посіб. Для Студ. Спеціальності 153 «Мікро- Та Наносистемна Техніка» Освітньої Програми «Мікро- Та Наноелектроніка» (КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2021).
- [2] Скіцько І.Ф. Вивчення магнітних властивостей феромагнетика у змінних магнітних полях Інструкція до лабораторної роботи [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 125 “Кібербезпека”, 172 “Телекомунікації та радіотехніка” / І. Ф. Скіцько,; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,272 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 48 с.
- [3] Papaefthymiou, G. C. Nanomagnetism An Interdisciplinary Approach: Boca, Raton, London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2022. 436с.
- [4] Coey, J. M. D., Parkin, S. S. P. Handbook of Magnetism and Magnetic Materials: Dublin: Springer, 2021. 1714с.
- [5] О. Ю. Горобець, С. В. Горобець, and 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», 1-ше вид. (КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, 2024).
- [6] Наномagnetизм: збірник задач [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачівступеня магістра за освіт. програмою «Комп’ютерне моделювання фізичних процесів» спец. 104 Фізика та астрономія / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О. Ю. Горобець – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 26 с.
- [7] T. Shinjo, Nanomagnetism and Spintronics (Amsterdam, The Netherlands, 2009).
- [8] B. Lenk, H. Ulrichs, F. Garbs, and M. Münzenberg, The Building Blocks of Magnonics, Phys. Rep. 507, 107 (2011).
- [9] A. Barman, G. Gubbiotti, S. Ladak, A. O. Adeyeye, M. Krawczyk, J. Gräfe, C. Adelmann, S. Cotozana, A. Naeemi, V. I. Vasyuchka, B. Hillebrands, S. A. Nikitov, H. Yu, D. Grundler, A. V Sadovnikov, A. A. Grachev, S. E. Sheshukova, J.-Y. Duquesne, M. Marangolo, G. Csaba, W. Porod, V. E. Demidov, S. Urazhdin, S. O. Demokritov, E. Albisetti, D. Petti, R. Bertacco, H. Schultheiss, V. V Kruglyak, V. D. Poimanov, S. Sahoo, J. Sinha, H. Yang, M. Münzenberg, T. Moriyama, S. Mizukami, P. Landeros, R. A. Gallardo, G. Carlotti, J.-V. Kim, R. L. Stamps, R. E. Camley, B. Rana, Y. Otani, W. Yu, T. Yu, G. E. W. Bauer, C. Back, G. S. Uhrig, O. V Dobrovolskiy, B. Budinska, H. Qin, S. van Dijken, A. V Chumak, A. Khitun, D. E. Nikonov, I. A. Young, B. W. Zingsem, and M. Winklhofer, The 2021 Magnonics Roadmap, J. Phys. Condens. Matter 33, 413001 (2021).
- [10] P. Pirro, V. I. Vasyuchka, A. A. Serga, and B. Hillebrands, Advances in Coherent Magnonics, Nat. Rev. Mater. 6, 1114 (2021).
- [11] X. S. Wang and X. R. Wang, Topological Magnonics, J. Appl. Phys. 129, 151101 (2021).

- [12] A. Fernández-Pacheco, R. Streubel, O. Fruchart, R. Hertel, P. Fischer, and R. P. Cowburn, Three-Dimensional Nanomagnetism, Nat. Commun. 8, 15756 (2017).
- [13] S. D. Bader, Colloquium : Opportunities in Nanomagnetism, Rev. Mod. Phys. 78, 1 (2006).
- [14] A. Hirohata, K. Yamada, Y. Nakatani, I.-L. Prejbeanu, B. Diény, P. Pirro, and B. Hillebrands, Review on Spintronics: Principles and Device Applications, J. Magn. Magn. Mater. 509, 166711 (2020).
- [15] E. C. Ahn, 2D Materials for Spintronic Devices, Npj 2D Mater. Appl. 4, 17 (2020).
- [16] О. І. Товстолиткін, М. О. Боровий, В. В. Курилюк, and Ю. А. Куницький, Фізичні Основи Спінтроники (Нілан-ЛТД, Вінниця, 2014).
- [17] A. Kurenkov, S. Fukami, and H. Ohno, Neuromorphic Computing with Antiferromagnetic Spintronics, J. Appl. Phys. 128, 010902 (2020).
- [18] M. Buchner, K. Höfler, B. Henne, V. Ney, and A. Ney, Tutorial: Basic Principles, Limits of Detection, and Pitfalls of Highly Sensitive SQUID Magnetometry for Nanomagnetism and Spintronics, J. Appl. Phys. 124, 161101 (2018).
- [19] S. Bandyopadhyay and M. Cahay, Introduction to Spintronics (CRC Press Taylor & Francis Group, 2008).
- [20] Ю. А. Куницький, В. В. Курилюк, Л. В. Однорець, and І. Ю. Проценко, Основи Спінтроники: Матеріали, Прилади Та Пристрої: Навчальний Посібник (Сумський державний університет, Суми, 2013).

## Навчальний контент

### 4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

| №  | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів.<br>Лекція 1. Спіновий магнітний момент електрона, протона, нейтрона.<br>[1-6].                                                          |
| 2. | Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>Лекція 2. Магнітний момент атомів.<br>[1-6].                                                                                          |
| 3. | Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>Лекція 3. Обмінна взаємодія.<br>[1-6].                                                                                                |
| 4. | Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>Лекція 4. Гамільтоніан феромагнетика.<br>[1-6].                                                                                       |
| 5. | Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>Лекція 5. Магнітні властивості феромагнетиків. Енергія феромагнетика в наближенні суцільного середовища.<br>[1-6].                    |
| 6. | Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>Лекція 6. Магнітні властивості антиферомагнетиків та феритів. Енергія антиферомагнетика в наближенні суцільного середовища.<br>[1-6]. |
| 7. | Тема 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах.                                                                                                                           |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <i>Лекція 7. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах. Гігантський магнітоопір. Тунельний магнітоопір. Передача спінового моменту від вільних носіїв заряду до магнітних атомів. Спіновий ефект Хола. Теплові спінові ефекти. Ефект Кондо.<br/>[1-6].</i> |
| 8.  | <i>Тема 4. Спінова динаміка.<br/>Лекція 8. Спінові хвилі. Поняття про магنونіку. Рівняння Ландау-Ліфшиця.<br/>[1-6].</i>                                                                                                                                        |
| 9.  | <i>Тема 4. Спінова динаміка.<br/>Лекція 9. Спін-поляризований струм. Поняття про спінтроніку. Модифікації рівняння Ландау-Ліфшиця.<br/>[1-6].</i>                                                                                                               |
| 10. | <i>Тема 4. Спінова динаміка.<br/>Лекція 10. Рівняння Ландау-Ліфшиця в наближенні спінової густини.<br/>[1-6].</i>                                                                                                                                               |
| 11. | <i>Тема 4. Спінова динаміка.<br/>Лекція 11. Нелінійні розв'язки рівняння Ландау-Ліфшиця як носії інформації. Доменні стінки, скіріміони.<br/>[1-6].</i>                                                                                                         |
| 12. | <i>Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br/>Лекція 12. Магнони. Оператори народження та знищення магنونів та фононів. Реалізація операторів спіна за допомогою бозевських операторів.<br/>[1-6].</i>                                                |
| 13. | <i>Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br/>Лекція 13. Унітарне перетворення.<br/>[1-6].</i>                                                                                                                                                        |
| 14. | <i>Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br/>Лекція 14. Процеси взаємодії між магнонами. Гамільтоніан взаємодії магنونів один з одним.<br/>[1-6].</i>                                                                                                |
| 15. | <i>Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br/>Лекція 15. Ймовірності розпаду і злиття магنونів. Ймовірності розсіювання магنونів магнонами.<br/>[1-6].</i>                                                                                            |

### **Практичні заняття**

| <b>№</b> | <b>Назва теми лекції та перелік основних питань<br/>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>              |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | <i>Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів.<br/>Практичне заняття 1. Спін електрона. Магнітний момент багатоелектронних атомів.<br/>[1-6]</i> |
| 2.       | <i>Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів.<br/>Практичне заняття 2. Спін-орбітальна взаємодія.<br/>[1-6]</i>                                 |
| 3.       | <i>Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br/>Практичне заняття 3. Енергія феромагнетика. Доменні стінки.<br/>[1-6]</i>                      |
| 4.       | <i>Тема 2. Магнітні властивості матеріалів.<br/>Практичне заняття 4. Доменні структури в феромагнетиках.<br/>[1-6].</i>                        |
| 5.       | <i>Тема 4. Спінова динаміка.<br/>Практичне заняття 5. Лінеаризоване рівняння Ландау-Ліфшиця в феромагнетичу.</i>                               |

|    |                                                                                                                                                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | [1-6].                                                                                                                                                            |
| 6. | Тема 4. Спінова динаміка.<br>Практичне заняття 6. Тензор височастотної магнітної сприйнятливості ферромагнетика. Спектр спінових хвиль в ферромагнетик.<br>[1-6]. |
| 7. | Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br>Практичне заняття 7. Квантова теорія спінових хвиль. Процеси взаємодії між магнонами.<br>[1-6].               |

## 5. Самостійна робота студента/студентки

| №  | Назва теми СРС                                                    | Кількість годин СРС |
|----|-------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1. | СРС 1. Спін електронів, атомів, фотонів.<br>[7-20]                | 17                  |
| 2. | СРС 2. Магнітні властивості матеріалів.<br>[7-20].                | 17                  |
| 3. | СРС 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах.<br>[7-20]. | 17                  |
| 4. | СРС 4. Спінова динаміка.<br>[7-20].                               | 17                  |
| 5. | СРС 5. Спінові явища в низькорозмірних структурах.<br>[7-20].     | 17                  |
| 6. | СРС 6. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль.<br>[7-20].        | 21                  |

## Політика та контроль

### 6. 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/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvjcs>);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів (штрафні бали не призначаються, заохочувальні бали призначаються суворо згідно підрозділу 7 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 Suite For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Наномагнетизм» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvjcs>. 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/req\\_gsuite/](https://sikorsky-distance.kpi.ua/req_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 «Наномagnetизм» 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 2ijvjcs. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Наномagnetизм» 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 WhatsApp чат перевірятися не будуть);

- Листування із студентами з організаційних питань буде здійснюватися через WhatsApp чат дисципліни.

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

**Поточний контроль:** тести

**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 |                   |
| 2       | 5              | 150        | 30                        | 14                | 106 | Екзамен           |

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

- 1) практичні заняття
- 2) МКР
- 3) ДКР
- 4) СРС
- 5) додаткові бали за активність на практичних заняттях (10 балів максимум)
- 6) екзамен.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання.

Студентам, які успішно виконують завдання практичних занять та СРС (самостійна робота студентів), можуть нараховуватися за семестр максимум 50 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/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvics> . 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 «Наномagnetизму» є задовільне виконання СРС, МКР, ДКР (не менше 20 балів).

Екзаменаційна робота з «Наномagnetизму» 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 «Наномagnetизму» протягом семестру складає:  **$R_C = 50$  балів.**

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

Рейтингова шкала з «Наномagnetизму» 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 «Наномagnetизму» 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  |

## 8. 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/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvics> ;
- 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).