



НАНОМАГНЕТИЗМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>10 Природничі науки</i>
Спеціальність	<i>104 Фізика і астрономія</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма «Комп'ютерне 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/ 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: 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/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvjc, код курсу 2ijvjc, постійне посилання на Google Meet https://meet.google.com/ess-rktt-zrm</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 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.	16	2	2	12

<i>Тема 2. Магнітні властивості матеріалів</i>	<i>26</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>12</i>
<i>Тема 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах</i>	<i>16</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>12</i>
<i>Тема 4. Спінова динаміка</i>	<i>36</i>	<i>8</i>	<i>10</i>	<i>18</i>
<i>Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль</i>	<i>26</i>	<i>12</i>	<i>2</i>	<i>12</i>
<i>Тестування. Підготовка до екзамену.</i>	<i>30</i>			<i>30</i>
<i>Разом</i>	<i>150</i>	<i>36</i>	<i>18</i>	<i>96</i>

3. Навчальні матеріали та ресурси

Базова [1] [2] [3] [4] [5]

Додаткова [6] [7] [8] [9] [10] [11] [12] [13] [14] [15] [16] [17] [18] [19]

[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] T. Shinjo, *Nanomagnetism and Spintronics (Amsterdam, The Netherlands, 2009).*

[7] B. Lenk, H. Ulrichs, F. Garbs, and M. Münzenberg, *The Building Blocks of Magnonics, Phys. Rep. 507, 107 (2011).*

[8] A. Barman, G. Gubbiotti, S. Ladak, A. O. Adeyeye, M. Krawczyk, J. Gräfe, C. Adelmann, S. Cotofana, A. Naeemi, V. I. Vasyuchka, B. Hillebrands, S. A. Nikitov, H. Yu, D. Grundler, A. V Sadvnikov, 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).*

[9] P. Pirro, V. I. Vasyuchka, A. A. Serga, and B. Hillebrands, *Advances in Coherent Magnonics, Nat. Rev. Mater. 6, 1114 (2021).*

[10] X. S. Wang and X. R. Wang, *Topological Magnonics, J. Appl. Phys. 129, 151101 (2021).*

[11] A. Fernández-Pacheco, R. Streubel, O. Fruchart, R. Hertel, P. Fischer, and R. P. Cowburn, *Three-Dimensional Nanomagnetism, Nat. Commun. 8, 15756 (2017).*

[12] S. D. Bader, *Colloquium : Opportunities in Nanomagnetism, Rev. Mod. Phys. 78, 1 (2006).*

- [13] 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. Mater.* 509, 166711 (2020).
- [14] E. C. Ahn, 2D Materials for Spintronic Devices, *Npj 2D Mater. Appl.* 4, 17 (2020).
- [15] О. І. Товстолиткін, М. О. Боровий, В. В. Курилюк, and Ю. А. Куницький, *Фізичні Основи Спінтроники (Нілан-ЛТД, Вінниця, 2014)*.
- [16] A. Kurenkov, S. Fukami, and H. Ohno, Neuromorphic Computing with Antiferromagnetic Spintronics, *J. Appl. Phys.* 128, 010902 (2020).
- [17] 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).
- [18] S. Bandyopadhyay and M. Cahay, *Introduction to Spintronics (CRC Press Taylor & Francis Group, 2008)*.
- [19] 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 (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів. Лекція 1. Спіновий магнітний момент електрона, протона, нейтрона. [1-5].
2.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Лекція 2. Магнітний момент атомів. [1-5].
3.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Лекція 3. Обмінна взаємодія. [1-5].
4.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Лекція 4. Гамільтоніан феромагнетика. [1-5].
5.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Лекція 5. Магнітні властивості феромагнетиків. Енергія феромагнетика в наближенні суцільного середовища. [1-5].
6.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Лекція 6. Магнітні властивості антиферомагнетиків та феритів. Енергія антиферомагнетика в наближенні суцільного середовища. [1-5].
7.	Тема 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах. 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. [1-5].

8.	Тема 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах. Лекція 8. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах. Інжекція спін-поляризованих носіїв заряду в твердотільні структури. Інжекція через невідпрямлюючий контакт. Тунелювання через потенціальний бар'єр. Спінова фільтрація носіїв заряду з використанням низькорозмірних структур. [1-5].
9.	Тема 4. Спінова динаміка. Лекція 9. Спінові хвилі. Поняття про магнетоніку. Рівняння Ландау-Ліфшиця. [1-5].
10.	Тема 4. Спінова динаміка. Лекція 10. Спін-поляризований струм. Поняття про спінтроніку. Модифікації рівняння Ландау-Ліфшиця. [1-5].
11.	Тема 4. Спінова динаміка. Лекція 11. Рівняння Ландау-Ліфшиця в наближенні спінової густини. [1-5].
12.	Тема 4. Спінова динаміка. Лекція 12. Нелінійні розв'язки рівняння Ландау-Ліфшиця як носії інформації. Доменні стінки, скіріміони. [1-5].
13.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 13. Магнони. Оператори народження та знищення магнетонів та фононів. [1-5].
14.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 14. Реалізація операторів спіна за допомогою бозевських операторів. [1-5].
15.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 15. Унітарне перетворення. [1-5].
16.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 16. Процеси взаємодії між магнетонами. Гамільтоніан взаємодії магнетонів один з одним. [1-5].
17.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 17. Ймовірності розпаду і злиття магнетонів. [1-5].
18.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Лекція 18. Ймовірності розсіяння магнетонів магнетонами. [1-5].

Практичні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1.	Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів. Практичне заняття 1. Спін електрона. [1-5]
2.	Тема 1. Спін електронів, атомів, фотонів. Практичне заняття 2. Магнітний момент багатоелектронних атомів. Спін-орбітальна взаємодія. [1-5]
3.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Практичне заняття 3. Енергія феромагнетика. Доменні стінки.

	[1-5]
4.	Тема 2. Магнітні властивості матеріалів. Практичне заняття 4. Доменні структури в феромагнетиках. [1-5].
5.	Тема 4. Спінова динаміка. Практичне заняття 5. Лінеаризоване рівняння Ландау-Ліфшиця в феромагнетиків. [1-5].
6.	Тема 4. Спінова динаміка. Практичне заняття 6. Тензор високочастотної магнітної сприйнятливості феромагнетика. [1-5].
7.	Тема 4. Спінова динаміка. Практичне заняття 7. Спектр спінових хвиль в феромагнетиків. [1-5].
8.	Тема 4. Спінова динаміка. Практичне заняття 8. Граничні умови для динамічної компоненти вектора намагніченості на інтерфейсі між двома феромагнетиками. [1-5].
9.	Тема 5. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. Практичне заняття 9. Квантова теорія спінових хвиль. Процеси взаємодії між магнонами. [1-5].

5. Самостійна робота студента/студентки

№	Назва теми СРС	Кількість годин СРС
1.	СРС 1. Спін електронів, атомів, фотонів. [6-19]	11
2.	СРС 2. Магнітні властивості матеріалів. [6-19].	11
3.	СРС 3. Спін-залежні ефекти в магнітних наноструктурах. [6-19].	11
4.	СРС 4. Спінова динаміка. [6-19].	11
5.	СРС 5. Спінові явища в низькорозмірних структурах. [6-19].	11
6.	СРС 6. Магнони. Квантова теорія спінових хвиль. [6-19].	11

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=2ijvics>);
- 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 Suit For Education) на домені @LLL.kpi.ua та приєднатися до Google Класу «Наномагнетизм» за посиланням <https://classroom.google.com/c/NTq0MTq2MjUwODQx?cjc=2ijvics>. 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/. 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 «Наномагнетизм» 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 2ijvics. Акаунти студентів, які приєдналися до Google Класу не з акаунта на домені @LLL.kpi.ua, будуть вилучатися з навчального курсу «Наномагнетизм» 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	36	18	96	Семестр атест. Екзамен

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

- 1) практичні заняття
- 2) СРС
- 3) додаткові бали за активність на практичних заняттях (10 балів максимум)
- 4) 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 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=2ijvjcs>. 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 вноситься до системи АІС «Електронний кампус» КПІ імені Ігоря Сікорського.

Необхідною умовою допуску до екзамену з «Наномagnetизму» є задовільне виконання СРС (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=2ijvjcs> ;*
- *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 № 06-24 від 11.06.2024).

Погоджено Методичною комісією Фізико-математичного факультету (протокол № 10 від 25.06.2024).