



МЕТОДИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	10 – Природничі науки
Спеціальність	104 – Фізика та астрономія
Освітня програма	Комп'ютерне моделювання фізичних процесів
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 рік підготовки, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/МКР
Розклад занять	час і місце проведення аудиторних викладені на сайті http://rozklad.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор, практичні: к.ф.-м.н. Чурсанова Марина Валеріївна, http://intellect.zfft.kpi.ua/profile/hmv14
Розміщення курсу	campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Експериментальна складова є необхідною частиною у проведенні кваліфікованих наукових досліджень, адже саме практика є критерієм істинності та доцільності теорії, дієвим інструментом наукового пошуку. Для студентів-магістрантів першочергову актуальність має набуття навичок, як самостійної наукової роботи, так і науково-дослідницької діяльності в складі колективу, залучення до наукової роботи у науково-дослідницьких інститутах, робота над дисертацією. Будь-яке наукове дослідження неможливе без експериментального підтвердження висновків та теорій, аналізу реальних зразків. Тому важливим є знання основних технологій та методів експериментальних досліджень, що застосовуються у сучасній фізиці, принципів роботи експериментального обладнання, режимів роботи та можливостей, які вони надають, методів аналізу інформації, одержаної експериментальним шляхом.

В результаті вивчення дисципліни «Методи експериментальних досліджень»

студент буде знати:

- ✓ Фізичні засади оптичної мікроскопії, електронної мікроскопії, скануючої зондової мікроскопії. Переваги та обмеження різних методів та режимів роботи.
- ✓ Методи дослідження морфології поверхні зразків з нанометровою роздільною здатністю, дослідження фізичних властивостей поверхні у наномасштабі, методи керування структурою поверхні у наномасштабі.
- ✓ Методи дослідження діелектричних (ємнісних) властивостей зразків, вимірювання поверхневого потенціалу, методи дослідження локальних магнітних властивостей зразків, доменної структури на субмікронному рівні
- ✓ Методи дослідження елементарного складу поверхневих шарів зразка, дослідження розподілу електронної густини
- ✓ Фізичні засади та методики застосування різних видів спектральних досліджень, класифікацію спектральних областей.
- ✓ Сучасні тенденції у фізиці твердого тіла та новітні методи досліджень на основі роботи зі статтями бази Scopus.

Метою вивчення дисципліни є ознайомлення студентів з сучасними методами експериментальних досліджень у фізиці, що застосовуються у лабораторіях науково-дослідних інститутів, з можливостями та областями застосування різних експериментальних методів; формування у майбутніх фахівців розуміння фізичних засад різних методів експериментальних досліджень та уміння використовувати отримані знання при плануванні та проведенні наукових експериментів, при аналізі експериментальних даних та розумінні інформації щодо структури та властивостей твердих тіл.

Предметом вивчення даної дисципліни є методи експериментальних досліджень у фізиці твердого тіла, фізичні засади роботи сучасного науково-дослідницького обладнання, сучасні методи вивчення нанооб'єктів, низькорозмірних систем, методи дослідження структури, складу та властивостей твердих тіл, методи модифікації твердих тіл з метою надання їм необхідних властивостей, методи контролю і діагностики властивостей твердих тіл.

В результаті вивчення дисципліни студент набуде наступні компетентності, знання та навички (згідно до освітньої програми):

Загальні компетентності:

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності:

ФК3. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефахівцям.

ФК4. Здатність комунікувати із колегами усно і письмово державною та англійською мовами щодо наукових досягнень та результатів досліджень в області фізики та/або астрономії.

ФК5. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та/або астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також 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.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Вміти 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.

ПРН2. Вміти проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та/або астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень.

ПРН4. Обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності.

ПРН8. Презентувати результати досліджень у формі доповідей на семінарах, конференціях тощо, здійснювати професійний письмовий опис наукового дослідження, враховуючи вимоги, мету та цільову аудиторію.

ПРН9. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

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.

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

Передумовою для вивчення дисципліни є наявність ступеня бакалавра фізики. Дисципліна базується на знаннях фізики твердого тіла, електрики та магнетизму, оптики, атомної та ядерної фізики, фізики напівпровідників, діелектриків, сегнетоелектриків, металів, магнетиків, вищої математики та методів математичного моделювання, що викладаються під час навчання на 1 – 4 курсах. Необхідним також є базовий рівень володіння англійською мовою.

В структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою результати вивчення дисципліни використовуються для науково-дослідної практики, що передбачає проведення власного наукового дослідження та оформлення його результатів у вигляді дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин/ 5 кредитів ECTS.

Рекомендований розподіл навчального часу

Форма навчання	Всього		Розподіл навчального часу за видами занять					Семестрова атестація
	кредитів	годин	Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Індивідуальні заняття	Контр. (мод.) роб.	СРС	
Денна	5	150	24	24		1	102	екзамен

Дисципліна «Методи експериментальних досліджень» включає наступні теми:

Тема 1. Загальні принципи наукового дослідження. Фізичні методи досліджень.

Тема 2. Електронна мікроскопія Трансмісійний (Просвічуючий) електронний мікроскоп. Скануючий (растровий) електронний мікроскоп (SEM).

Тема 3. Оже-електронна спектроскопія

Тема 4. Скануюча зондова мікроскопія. Скануюча тунельна мікроскопія (STM). Атомно-силова мікроскопія (AFM). Електронно-силова мікроскопія (EFM). П'єзоелектрична силова мікроскопія (PFM). Магнітно-силова мікроскопія (MFM). Ближньопольова оптична мікроскопія (NSOM)

Тема 5. Основи молекулярної спектроскопії. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР). Мікрохвильова спектроскопія. Інфрачервона спектроскопія. Фур'є-спектроскопія. Спектри люмінесценції Спектроскопія комбінаційного розсіювання світла. Поверхнево підсилене комбінаційне розсіювання. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Наукові видання з наукометричної бази SCOPUS (вільний доступ у бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського)
 - <https://www.sciencedirect.com/>
 - <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/scanning-probe-microscopy>
 - <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/scanning-tunneling-microscopy>
 - <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/spectroscopy>
2. МЕТОДИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ / ТДАТУ, Самойчук К.О., Верхоланцева В.О., 2021 рік [електронний навчальний посібник] Режим доступу: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_12/index.html
3. *SCANNING PROBE MICROSCOPY* by Ernst Meyer / *SPRINGER* (01 June, 2021) - 322p.
4. Строїтелева Н.І., Кісельов Є.М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник – ЗДІА, Запоріжжя, 2018. – 145 с.
5. Методи дослідження структури тонких плівок : підручник / Р. В. Зайцев [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Бровін О. В., 2021. – 320 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/53807>

Додаткова література:

1. Важинський С.Е., Щербак Т.І. Методика та організація наукових досліджень : Навч. посіб. / С. Е. Важинський, Т. І. Щербак. – Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. – 260 с.
2. Горячко А. М., Кулик С. П., Прокопенко О. В. Основи скануючої зондової мікроскопії та спектроскопії (Частина 1): Навчальний посібник. – К.: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса

- Шевченка, 2011. – 133 с. http://rex.knu.ua/wp/wp-content/uploads/2017/10/Gorjachko_et al_Osnovi_SZM_part1.pdf
3. Горячко А. М., Кулик С. П., Прокопенко О. В. Основы сканующей зондовой микроскопии та спектроскопии (Частина 2): Навчальний посібник / за ред. С.П. Кулика та О.В. Прокопенка. – К.: Радіофізичний факультет Київського національного університету імені Тараса Шевченка, 2012. – 170с. http://rex.knu.ua/wp/wp-content/uploads/2017/10/Gorjachko_et al_Osnovi_SZM_part2.pdf
 4. Тузяк О.Я., Курляк В.Ю. Основы электронной та зондовой микроскопии Навч. посібник, Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2012. – 296 с.
 5. Капустяник В. Б., Мокрий В. І. Прикладна спектроскопія: Навчальний посібник / Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2009. – 302 с.
 6. Mironov, Victor. (2014). Fundamentals of Scanning Probe Microscopy. The textbook for students of the senior courses of higher educational institutions / The RAS Institute for physics of microstructures, Nizhniy Novgorod, <https://www.researchgate.net/publication/317042630>
 7. Bert Voigtländer (2015) Scanning Probe Microscopy / Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015 XV, 382p. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45240-0>
 8. Kannan, M.. (2018). Scanning Electron Microscopy: Principle, Components and Applications. A Textbook on Fundamentals and Applications of Nanotechnology, pp 81-92.
 9. Поплавко Ю. М. П Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 1: Структура, квазічастинки, метали, магнетика. – 415 с.
 10. Поплавко Ю. М. П Фізика твердого тіла : підручник. В 2-х томах. / Ю. М. Поплавко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. – Том 2: Діелектрики, напівпровідники, фазові переходи. – 379 с.
 11. Transmission Electron Microscopy – A Textbook for Materials Science, 2nd Ed. D.B. Williams and C.B. Carter, Springer, New York, 2009
 12. Ul-Hamid, Anwar. (2018). A Beginners' Guide to Scanning Electron Microscopy. 10.1007/978-3-319-98482-7.
 13. S. M. Salapaka and M. V. Salapaka, "Scanning Probe Microscopy," in IEEE Control Systems Magazine, vol. 28, no. 2, pp. 65-83, April 2008, doi: 10.1109/MCS.2007.914688.
 14. Lehmann, Kevin. (2016). Atomic and Molecular Spectroscopy: Basic Concepts and Applications. Physics Today. 69. 57-58. 10.1063/PT.3.3333.
 15. Фізичні основи спектроскопії ЯМР http://iht.univ.kiev.ua/virtual-lab/chem/phys-met-chem-comp/story_content/external_files/theory_nmr.pdf
 16. Keeler, James. Understanding NMR spectroscopy. — 2. — Chichester, U.K. : John Wiley and Sons, 2010. — ISBN 978-0-470-74609-7.
 17. John Ferraro. Introductory Raman spectroscopy. — Academic press, 2003.
 18. Larkin P. J. Infrared and raman spectroscopy: principles and spectral interpretation. — Elsevier, 2011. — 230 p. — ISBN 978-0-12-386984-5.

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 студент – суб’єкт навчання і майбутній науковець.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p>Тема1. Загальні принципи наукового дослідження. Фізичні методи досліджень.</p> <p>Поняття наукового дослідження. Предмет і об’єкт дослідження. Мета і завдання дослідження. Сутність та методика експерименту. Методика планування експериментальних досліджень. Класифікація експериментів. Етапи підготовки наукового експерименту. Апроксимація результатів експериментальних досліджень. Аналіз результатів експериментальних досліджень. Фізичні методи досліджень, їх класифікація, інформаційні можливості. Сучасний стан та перспективи. Експериментальні дослідження у фізиці твердого тіла.</p>
2	<p>Тема 2. Електронна мікроскопія</p> <p>Дифракційна межа в мікроскопії. Фізичні засади електронної мікроскопії. Хвильові властивості мікрочастинок. Будова та принцип роботи електронного мікроскопа. Електромагнітні лінзи. Трансмісійний (Просвічуючий) електронний мікроскоп. Вимоги до підготовки зразків для ТЕМ. Застосування ТЕМ.</p>
3	<p>Скануючий (растровий) електронний мікроскоп (SEM). Будова та принцип роботи SEM. Взаємодія електронного пучка з поверхнею зразка. Основні типи сигналів, які генеруються і детектуються в процесі роботи SEM. Вторинні електрони. Сцинтиляційний детектор. Вимоги до підготовки зразків для SEM. Застосування SEM. Режим змінного вакууму.</p>
4	<p>Тема 3. Оже-електронна спектроскопія</p> <p>Фізичні засади Оже-електронної спектроскопії (AES – Auger electron spectroscopy). Область взаємодії бомбардуючих електронів з речовиною. Оже-ефект. Реєстрація Оже-електронів. Будова та принципи роботи Оже-спектрометра. Застосування Оже-спектроскопії.</p>
5	<p>Тема 4. Скануюча зондова мікроскопія Скануюча тунельна мікроскопія (STM).</p>

	<p>Теоретичні основи процесу одновимірного тунелювання, хвильові властивості електронів. Тунельний струм. Ефекти густини електронних станів у скануючій тунельній мікроскопії. Будова та основні принципи роботи скануючого тунельного мікроскопу (СТМ, або STM). П'єзоелектричний привод. Режими роботи STM. Вимоги до підготовки зразків для STM. Технічні можливості та області застосування STM.</p>
6	<p>Атомно-силова мікроскопія (AFM). Атомно-силовий мікроскоп (АСМ, або AFM). Основні фізичні принципи роботи АСМ. Ван-дер-Ваальсівські сили, що діють між вістрям зонда та зразком. Потенціал Леннарда-Джонса, режими дальньої та ближньої дії. Будова та основні принципи роботи AFM. Оптична система AFM. Режими роботи AFM. Контактна та безконтактна методика AFM. Коливальна методика AFM. Вимоги до підготовки зразків для AFM. Технічні можливості та області застосування AFM.</p>
7	<p>Електро-силова мікроскопія (EFM). Електро-силовий мікроскоп (ЕСМ, або EFM). Електрична взаємодія між зондом і зразком. Ємнісна спектроскопія. Принципи та режими роботи EFM. Дослідження локальних діелектричних властивостей приповерхневих шарів зразка. Вимірювання поверхневого потенціалу (метод Кельвіна). Технічні можливості та області застосування EFM.</p> <p>П'єзоелектрична силова мікроскопія (PFM). Зворотний п'єзоелектричний ефект (електрострикція). Дослідження і маніпулювання п'єзоелектричними/ фероелектричними доменами в матеріалі. Технічні можливості та області застосування PFM.</p>
8	<p>Магнітно-силова мікроскопія (MFM). Магнітно-силовий мікроскоп (МСМ, або MFM). Сили магнітної взаємодії між зондом і зразком. Дослідження і маніпулювання магнітними доменами в матеріалі. Будова та принципи роботи MFM. Режими роботи MFM в залежності від рельєфу поверхні зразка. Квазістатична методика MFM. Коливальна методика MFM. Технічні можливості та області застосування MFM.</p>
9	<p>Ближньопольова оптична мікроскопія (NSOM - Near-field scanning optical microscopy) Ближньопольовий оптичний мікроскоп (БОМ). Явище проходження світла через субхвильові діафрагми. Область «ближнього поля». Взаємодія еванесцентних мод з поверхнею зразка. Будова та принципи роботи БОМ. Можливі конфігурації ближньопольового оптичного мікроскопа. Технічні можливості та області застосування БОМ.</p>
10	<p>Тема 5. Основи молекулярної спектроскопії.</p>

	Взаємодія речовин з електромагнітним випромінюванням. Обертальні, коливальні та електронні енергетичні стани молекул. Характеристики спектральних областей. Области застосування молекулярної спектроскопії. Спектроскопія у дослідженні космічних об'єктів.
11	Спектроскопія ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Електронний парамагнітний резонанс (ЕПР). Мікрохвильова спектроскопія. Інфрачервона спектроскопія. Правила відбору. Фур'є-спектроскопія. Спектри люмінесценції. Центри світіння. Резонансна люмінесценція. Термостимульована люмінесценція.
12	Спектроскопія комбінаційного розсіювання світла. Явище поверхневого підсилення у спектроскопії. Поверхневі плазмони, методи їх збудження. Поняття локалізованих плазмонів. Мікроскоп на поверхневих плазмонах. Надчутливі сенсори, засновані на поверхневому плазмонному резонансі. Поверхнево підсилене комбінаційне розсіювання (SERS - Surface-Enhanced Raman Scattering). Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Знайомство з сучасними методами експериментальних досліджень, їхніми можливостями та областями застосування Virtual Lab: SCIENTIFIC INSTRUMENTS https://wecanfigurethisout.org/VL/home.htm/state/scientific_instruments
2	Знайомство з методами електронної мікроскопії. Особливості вимог до підготовки зразків. Приклади аналізу TEM та SEM знімків.
3	Virtual Lab: Scanning Electron Microscope (SEM) https://wecanfigurethisout.org/VL/SEM.htm
4	Знайомство з методами Оже-електронної спектроскопії. Приклади аналізу AES спектрів.
5	Знайомство з засадами скануючої зондової мікроскопії. Virtual Lab: Scanning Probe Microscopes https://wecanfigurethisout.org/VL/SPM_operation.htm
6	Знайомство з конструкцією та системою керування скануючим зондовим мікроскопом. П'єзоелектричний привод. Virtual Lab: SPM Piezoelectric Crystals https://wecanfigurethisout.org/VL/SPM_piezoelectric.htm
7	Знайомство з методами скануючої тунельної мікроскопії. Приклади аналізу STM- знімків.

8	Virtual Lab: Scanning Tunneling Microscope (STM) https://www.wecanfigurethisout.org/VL/easyScan_STM.htm
9	Знайомство з методами атомно-силової мікроскопії. Приклади аналізу AFM-, EFM- та MFM- знімків
10	Virtual Lab: Atomic Force Microscope (AFM) https://www.wecanfigurethisout.org/VL/easyScan_AFM.htm
11	Знайомство з методами ближньопольової оптичної мікроскопії. Приклади аналізу БОМ-знімків
12	Virtual Lab: Near-field scanning optical microscopy (NSOM) https://www.olympus-lifescience.com/en/microscope-resource/primer/java/nearfield/nsomscan/

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота для студентів-магістрантів є одним з важливих засобів засвоєння навчального матеріалу у вільний від навчальних занять час, що передбачає вміння відшукувати, аналізувати та узагальнювати наукову інформацію, відслідковувати найновіші досягнення, працювати з науковими базами даних, оцінювати та критично аналізувати отриману інформацію та дані.

Самостійна робота 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

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- 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 студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;

- - 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 «Методи експериментальних досліджень»;
- - 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 (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою заняття, виступи з доповіддю, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

Умови допуску до семестрового контролю: відсутні.

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі «Положення про систему оцінювання результатів навчання», https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує:

- 1) на практичних заняттях;
- 2) за модульну контрольну роботу (МКР);
- 3) за відповідь на екзамені.

Система рейтингових балів

1) Практичні заняття. Ваговий коефіцієнт дорівнює 5. Максимальна кількість балів, які може отримати студент на практичних заняттях становить $12 \times 5 = 60$ балів.

Нарахування балів на одному практичному занятті:

- відмінні відповіді 5 балів;
- дуже добрі, добрі відповіді 4 бали;
- задовільні, достатні відповіді 3 бали.

2) Модульна контрольна робота (МКР). Ваговий коефіцієнт дорівнює 10. Максимальна кількість балів за контрольну роботу становить $1 \times 10 = 10$ балів.

Нарахування балів за контрольну роботу:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 9-10 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації або незначні неточності) 7-8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) 5-6 балів;

- «незадовільно», незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

3). Екзамен. Критерії оцінювання. Завдання містить два теоретичні питання, кожне з яких оцінюється у 15 балів. Всього $2 \times 15 = 30$ балів.

Нарахування балів за екзаменаційну відповідь:

- повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) 26-30 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації) 20-25 балів;
- неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) 14-19 балів;
- незадовільна відповідь (менше 60 % потрібної інформації) 0.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Дифракційна межа в мікроскопії. Способи подолання обмежень дифракційної межі
2. Електронна мікроскопія. Хвильові властивості мікрочастинок.
3. Трансмісійний електронний мікроскоп.
4. Скануючий електронний мікроскоп
5. Взаємодія електронного пучка з поверхнею зразка.
6. Оже-електронна спектроскопія
7. Скануюча тунельна мікроскопія. Тунельний струм
8. Атомно-силова мікроскопія
9. Ван-дер-Ваальсівські сили. Потенціал Леннарда-Джонса.
10. Електронно-силова мікроскопія
11. П'єзоелектрична силова мікроскопія
12. Магнітно-силова мікроскопія
13. Ближньопольова оптична мікроскопія
14. Основи молекулярної спектроскопії. Спектральні області.
15. Спектроскопія ядерного магнітного резонансу
16. Мікрохвильова спектроскопія.
17. Інфрачервона спектроскопія.
18. Фур'є-спектроскопія.
19. Люмінесценція
20. Спектроскопія комбінаційного розсіювання світла.

21. Поверхнево підсилене комбінаційне розсіювання.

22. Рентгенівська фотоелектронна спектроскопія.

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):

Складено доцент кафедри Загальної фізики та моделювання фізичних процесів, к.ф.-м.н., Чурсанова Марина Валеріївна

Ухвалено: кафедрою загальної фізики та моделювання фізичних процесів (протокол № 06-23 від 07.06.2023)

Погоджено Методичною комісією ФМФ (протокол № 10 від 27.06.2023)