

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**КАФЕДРА ЗАГАЛЬНОЇ ФІЗИКИ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ
ПРОЦЕСІВ**



ЗАТВЕРДЖЕНО:

Методичною радою
КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 9 від 26.06.2026 р.)

Ф-КАТАЛОГ

вибіркових навчальних дисциплін циклу професійної підготовки
для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти
за освітньо-професійною програмою

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ

за спеціальністю Е5 Фізика та астрономія
на 2026/2027 навчальний рік

УХВАЛЕНО:

Вченою радою
фізико-математичного факультету
протокол № 3 від «08» 04 2026 р

Київ 2026

Відповідно до розділу X статті 62 Закону України «Про вищу освіту» (№ 1556-VII від 01.07.2014 р.), Вибіркові дисципліни – дисципліни вільного вибору студентів для певного рівня вищої освіти, спрямовані на забезпечення загальних та спеціальних (фахових) компетенцій за спеціальністю. Обсяг вибірових навчальних дисциплін становить не менше 25% від загальної кількості кредитів ЄКТС, передбачених для даного рівня освіти.

Вибіркові дисципліни із кафедрального Ф-Каталогу студенти обирають відповідно до «Положення про реалізацію права на вільний вибір навчальних дисциплін здобувачами вищої освіти КПІ ім. Ігоря Сікорського» за посиланням <https://osvita.kpi.ua/node/185>.

Мінімальна кількість студентів в групі для вивчення вибіркової дисципліни кафедрального Ф-каталогу складає 5 осіб, максимальна — 25. Обмеження не поширюються на ті випадки, коли певну навчальну дисципліну кафедрального Ф-каталогу обрали всі здобувачі, які навчаються за відповідною освітньою програмою або порушення встановленого обмеження не призводить до перевищення максимального педагогічного навантаження науково-педагогічних працівників відповідної кафедри.

Каталог містить анотований перелік дисциплін, які пропонуються для обрання студентами другого (магістерського) рівня ВО згідно з навчальним планом на другий семестр навчального року.

- студенти I курсу – обирають дисципліни для першого року підготовки:

для вивчення у другому семестрі потрібно обрати **п'ять** освітніх компонентів (23 кредити ЄКТС) **дві** дисципліни з формою контролю «**залік**» та **три** дисципліни з формою контролю «**екзамен**».

Здійснення вибору студентами навчальних дисциплін зі сформованого Ф-Каталогу відбувається за графіком в інформаційній системі «my.kpi.ua» (контролюється кураторами груп з метою забезпечення участі всіх студентів у процедурі вибору дисциплін та коректності вибору).

Для цього необхідно зробити наступне:

- Зареєструватись на сайті <https://my.kpi.ua/>
- У меню «Профіль» => «Прив'язка даних» знайти своє прізвище, ввести свою дату народження і прив'язати (зберегти) дані. Ви отримаєте доступ до кабінету студента і до вибору дисциплін. Далі необхідно здійснити технічний вибір дисциплін.

У разі неможливості сформувати навчальну групу для вивчення певної дисципліни нормативної чисельності студентам надається можливість здійснити повторний вибір, приєднавшись до вже сформованих навчальних груп (друга хвиля вибіровості).

Здобувач ВО, який знехтував своїм правом вибору, може бути записаний на вивчення навчальних дисциплін, обраних завідувачем випускової кафедри для оптимізації навчальних груп і потоків.

Не допускається зміна обраних дисциплін після початку навчального семестру, в якому вони викладаються.

Також здобувач може обрати одну із Сертифікатних програм:

1. Сертифікатної програми «**Моделювання складних фізичних систем**» - 23 кредита.
2. Сертифікатної програми «**Моделювання квантових і магнітних процесів**» - 23 кредита.

Здобувач має обрати ті дисципліни, які передбачені сертифікатною програмою.

Запис на сертифікатну програму відбувається в період реалізації здобувачами освіти права на вільний вибір навчальних дисциплін і здійснюється на весь обсяг СП через подання відповідної заяви на ім'я декана факультету.

Дисципліни сертифікатної програми
«**Моделювання складних фізичних систем**» відмічені» *.

Дисципліни сертифікатної програми
«**Моделювання квантових і магнітних процесів**» відмічені» **

Після проходження сертифікатної програми Ви (разом із дипломом бакалавра) отримаєте також Сертифікат встановленого зразка, який засвідчує проходження сертифікатної програми.

Розробники:

Решетняк Сергій Олександрович, професор, д.ф.-м.н., завідувач кафедри загальної фізики;

Савченко Дарія Вікторівна, доцент, д.ф.-м.н., завідувач кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів

ЗМІСТ

Дисципліни для вибору першокурсниками

дві дисципліни з формою контролю «залік» та

три дисципліни з формою контролю «екзамен»

(всього за курс навчання повинен набрати 23 кредитів ЄКТС)

	форма контролю	стор.
**Проблеми сучасної фізики.....	залік	5
Історія розвитку основних фізичних уявлень.....	залік	6
* Фізика та високотехнологічний світ.....	залік	7
Молекулярна біофізика: моделювання від нанорівня до нейронів з Python та штучним інтелектом.....	залік	8
* Теорія складних мереж.....	залік	9
**Фізична кінетика.....	залік	10
* Основи теорії функціонала електронної густини.....	екзамен	11
**Основи квантової теорії поля.....	екзамен	12
Основи квантової електродинаміки.....	екзамен	13
**Фізика магнітних явищ.....	екзамен	14
Наномагнетизм.....	екзамен	15
**Квантова теорія магнетизму.....	екзамен	16
Методи експериментальних досліджень.....	екзамен	17
* Нелінійна динаміка складних систем.....	екзамен	18
* Методи класичної молекулярної динаміки.....	екзамен	19

Проблеми сучасної фізики

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 76 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання базових дисциплін природничого напрямку (квантової механіки, електродинаміки, термодинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь та ін.) для забезпечення міждисциплінарних зв'язків.
Що буде вивчатись	Питання комплексного аналізу формування системних уявлень щодо генези та еволюції основних фізичних уявлень та методів досліджень. Особливості сучасної фізики, її взаємозв'язок із іншими розділами природознавства. Найважливіші досягнення фізики XX та XXI століть.
Чому це цікаво/треба вивчати	Розкриття процесу еволюції наукових фізичних ідей, форм організації науки, діяльності наукових шкіл та окремих учених сприяє відтворенню цілісної картини фізичної науки, враховуючи соціально-економічні виклики сьогодення.
Чому можна навчитися	Критично осмислювати сучасні фізичні теорії, принципи, методи, поняття. Висвітлювати та аналізувати принципово важливі фізичні проблеми. Усвідомлювати основні напрями та особливості розвитку сучасної фізики та розуміти міждисциплінарність розділів природознавства.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Розв'язувати складні міждисциплінарні задачі та практичні проблеми фізики, що передбачають застосування сучасних теорій та методів фізичної науки Розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань фізичної науки Застосовувати базові знання та навички управління інформацією для розв'язання дослідницьких професійних задач Аналізувати світоглядні питання фізики з метою формування системного, цілісного погляду на проблеми науки та суспільства Адаптуватися до змін наукового та науково-практичного профіля своєї професійної діяльності,
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	залік

Історія розвитку основних фізичних уявлень

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 76 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання базових дисциплін природничого напрямку (квантової механіки, електродинаміки, термодинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь та ін.) для забезпечення міждисциплінарних зв'язків.
Що буде вивчатись	Основні поняття фізики, історію їх виникнення, етапи еволюції; Передумови відкриття важливих фізичних законів та методів, за допомогою яких відбулися їх відкриття; Новітні фізичні концепції, які визначають логіку розвитку науки.
Чому це цікаво/треба вивчати	Вивчення еволюції фундаментальних фізичних понять, фізичних методів досліджень, діяльності наукових шкіл та окремих учених сприяє усвідомленню історії фізики як складової історії людства, формуванню цілісної картини фізичної науки.
Чому можна навчитися	Критично осмислювати сучасні фізичні теорії, принципи, методи, поняття; Висвітлювати та аналізувати принципово важливі фізичні проблеми; Висвітлювати концепції розвитку фізики; соціально-економічний зміст сучасних напрямів розвитку фізики Усвідомлювати основні напрями та особливості розвитку сучасної фізики та розуміння міждисциплінарності розділів природознавства; Фрагментувати наукову позицію при аналізі псевдонаукових тверджень
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань фізичної науки Використовувати загальнонаукові та спеціальні фізичні методи, принципи та підходи для вирішення наукових завдань; Працювати з різними джерелами, розшукувати, обробляти, критично аналізувати та синтезувати отриману інформацію; Використовувати сучасні інформаційно-комунікаційні технології, працювати з сучасними бібліографічними, реферативними базами даних.
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	залік

Фізика та високотехнологічний світ

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 76 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання базових дисциплін природничого напрямку (квантової механіки, електродинаміки, термодинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь та ін.) для забезпечення міждисциплінарних зв'язків.
Що буде вивчатись	Місце фізики у формуванні феномена новітніх мегатехнологій; Виникнення, розвиток та розповсюдження новітніх інформаційних та нанотехнологій, які глобально впливають на життя людини і суспільства; Наслідки впливу мегатехнологій на людину і людство, прогрес і негативні ризики.
Чому це цікаво/треба вивчати	Фізика як фундаментальна природнича наука сприяла та сприяє виникненню та розвитку феномену сучасних мегатехнологій, які кардинально змінюють уявлення про науку і техніку та їх місце в сучасному світі. Вивчення впливу фізичних знань на еволюцію таких мегатехнологій, як нано- та інформаційні, сприяє формуванню критичного мислення та цілісної наукової картини світу.
Чому можна навчитися	Навичкам аналізу світоглядних питань з метою формування системного, цілісного погляду на проблеми науки та суспільства; Свідомо оцінювати наслідки впливу новітніх мегатехнологій на людину і людство, прогрес і негативні ризики; Сучасним формам наукової комунікації та аргументації при участі в наукових дискусіях.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Використовувати теоретичні доробки знань про мегатехнології для вирішення своїх професійних завдань; Використовувати набуті теоретичні знання для формування сучасних поглядів на науку та науково-технологічний розвиток в громадській думці.
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	залік

Молекулярна біофізика: моделювання від нанорівня до нейронів з Python та ШІ

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 76 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, статистичної фізики, математичного аналізу, диференціальних рівнянь; базові навички програмування на Python.
Що буде вивчатись	Фізика живих систем від молекулярного рівня до рівня нейронних мереж: структура та динаміка біомолекул; молекулярні мотори та одномолекулярна біофізика (оптичні пінцети, флуктуаційні теореми); кальцієва сигналізація та магнітогенетика: модуляція клітинних сигналів магнітним полем; нейрофізика: модель Ходжкіна–Хакслі, поширення нервового імпульсу, збудливі середовища; квантова біофізика; ШІ-інструменти в біофізиці; Python-пакети для аналітичних (SymPy) та чисельних (SciPy, py-pde, MDAnalysis) розрахунків.
Чому це цікаво / треба вивчати	Молекулярна біофізика — одна з найдинамічніших галузей сучасної науки, що перебуває на перетині фізики, біології та інформатики. Саме тут відбуваються революційні відкриття: у 2024 році Нобелівська премія з хімії присуджена за AlphaFold — систему ШІ, що передбачає структури білків з атомарною точністю. Магнітогенетика відкриває можливість бездротового управління клітинною активністю магнітним полем, а нейрофізичні моделі є основою нейроморфних комп'ютерів наступного покоління. Ключова особливість курсу — інтеграція ШІ-інструментів безпосередньо в навчальний процес: на практичних заняттях студенти складатимуть промпти для Claude/GPT, які генерують Python-код для аналітичних розрахунків у SymPy та чисельного моделювання у SciPy і py-pde. Це готує до реалій сучасних дослідницьких лабораторій, де вміння ефективно взаємодіяти з ШІ стають не менш важливими, ніж знання фізики.
Чому можна навчитись	Будувати та аналізувати фізичні моделі живих систем: від рівняння дифузії у клітині до нейронного потенціалу дії. Чисельно розв'язувати рівняння біофізики засобами SciPy та py-pde; аналізувати результати за допомогою Python. Складати ефективні промпти для ШІ-асистентів з метою автоматизації аналітичних та чисельних розрахунків. Використовувати AlphaFold та бази даних PDB для аналізу структур біомолекул. Аналізувати наукову літературу з молекулярної біофізики та застосовувати її результати для розв'язання дослідницьких задач. Застосовувати методи машинного навчання (scikit-learn) для класифікації та передбачення біофізичних даних.
Як можна користуватись набутими знаннями і уміннями	Застосовувати закони фізики для опису та моделювання явищ у живих системах від нанорівня (молекули) до макrorівня (нейронні мережі). Використовувати сучасні обчислювальні інструменти та AI-системи для розв'язання міждисциплінарних науково-дослідних задач. Ефективно взаємодіяти з великими мовними моделями (промпт-інжиніринг) для прискорення наукових досліджень та розробки навчальних матеріалів. Самостійно опановувати нові методи обчислювальної та молекулярної біофізики, інтегруючи їх у власну дослідницьку практику.
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій, Jupyter-ноутбуки з практичних занять. Онлайн-ресурси: AlphaFold Database (alphafold.ebi.ac.uk), PubMed Central (pmc.ncbi.nlm.nih.gov), документація SciPy/py-pde, Claude API (claude.ai).
Семестровий контроль	залік

Теорія складних мереж

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 76 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	«Теоретична фізика. Класична механіка», «Теоретична фізика. Квантова механіка», «Математичний аналіз», «Основи векторного та тензорного аналізу», «Аналітична геометрія та лінійна алгебра», «Диференціальні та інтегральні рівняння», «Теоретична фізика. Статистична фізика та термодинаміка»
Що буде вивчатись	Структура складних мереж: аналіз топології, зв'язків та характеристик мережевих елементів. Моделювання складних мереж: створення математичних моделей, що описують взаємодію між елементами мережі. Аналіз мереж: розробка методів аналізу мереж, включаючи виявлення ключових вузлів, виявлення угруповань, оцінку масштабних властивостей та інші. Прикладні аспекти: застосування теорії складних мереж для вирішення конкретних завдань у різних галузях, таких як вивчення соціальних мереж, моделювання біологічних систем, аналіз даних
Чому це цікаво / треба вивчати	Складні мережі зустрічаються в різних фізичних системах, починаючи від квантових систем і закінчуючи макроскопічними структурами. Вивчення теорії складних мереж дозволить зрозуміти основні принципи взаємодії та організації таких систем. Складні мережі широко використовуються в фізиці для моделювання та розуміння взаємодії складних систем, таких як молекулярні та атомні структури, фізика конденсованих середовищ, астрофізика тощо.
Чому можна навчитись	Складати математичні моделі задач теорії складних мереж. Проводити аналіз структури мереж, визначати ключові вершини та ребра, аналізувати структурні метрики та розуміти їх значення у контексті дослідження. Візуалізувати мережі та їх характеристики з використанням графічних інструментів та програмних бібліотек для наочного представлення результатів аналізу. Використовувати програмні інструменти та бібліотеки, такі як NetworkX, Gephi, igraph, для роботи з мережами та проведення аналізу. Використання теорії складних мереж для вирішення практичних завдань, таких як аналіз соціальних мереж, мереж транспортних систем, мереж взаємодії білків та інших.
Як можна користуватись набутими знаннями і уміннями	Застосовувати теорія складних мереж застосовується в різних галузях, включаючи фізику, біологію, соціологію, економіку та інформатику, та здатність адаптувати отримані знання до конкретних наукових чи прикладних завдань у цих галузях
Інформаційне забезпечення	Силабус, презентації лекцій, методичне забезпечення
Семестровий контроль	залік

Фізична кінетика

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	4 кредити ЄКТС - 120 год аудиторні заняття: лекції – 36 годин, практичні – 18 годин самостійна робота – 66 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Інформатика та програмування. Основи сучасної електроніки. Математичний аналіз. Загальна фізика.
Що буде вивчатись	Фізична кінетика – це мікроскопічна теорія процесів у нерівноважних середовищах. На відміну від <u>термодинаміки нерівноважних процесів</u> і <u>електродинаміки суцільних середовищ</u> , кінетика виходить з уявлення про молекулярну будову розглянутих середовищ, що дозволяє обчислити з перших принципів <u>кінетичні коефіцієнти</u> , <u>діелектричні</u> та <u>магнітні проникності</u> та інші характеристики суцільних середовищ. Фізична кінетика включає в себе кінетичну теорію газів з нейтральних атомів або молекул, статистичну теорію нерівноважних процесів у плазмі, теорію явищ перенесення в твердих тілах (<u>діелектриках</u> , <u>металах</u> і <u>напівпровідниках</u>) і рідинах, кінетику магнітних процесів і теорію кінетичних явищ, пов'язаних з проходженням швидких частинок через речовину. До неї ж належать теорія процесів перенесення у квантових рідинах та надпровідниках і кінетика фазових переходів
Чому це цікаво/треба вивчати	В кінетиці методами <u>квантової</u> або класичної <u>статистичної фізики</u> вивчають процеси перенесення <u>енергії</u> , <u>імпульсу</u> , <u>заряду</u> та речовини в різних фізичних системах (<u>газах</u> , <u>плазмі</u> , <u>рідинах</u> , твердих тілах) і вплив на них зовнішніх полів.
Чому можна навчитися	Під час вивчення дисципліни будуть розглянуті такі області кінетики, як: процеси в газах та плазмі, хімічні процеси, фазові переходи, квантова кінетика. Вивчені кінетичні рівняння, дослідження фазових переходів, а також застосування зазначеного методу. Результатом навчання буде знання: Математичний апарат статистичного опису системи багатьох тіл та необхідність його застосування для таких систем: принципу Боголюбова, кінетичного рівняння Больцмана, область його застосування та фізичні наслідки, що випливають з цього рівняння, зокрема Н-теорему, регресійної гіпотези Онзагера, флуктуаційно-дисипативної теореми, кінетичного рівняння Фоккера-Планка, область його застосування та приклади використання, рівняння Власова для плазми та електронів, динаміки фазових переходів. Вміння: формулювати основні принципи і закони кінетичної теорії газів. Виводити кінетичне рівняння Больцмана. Обґрунтовувати основні положення нерівноважної термодинаміки у випадку газів малої густини, виходячи з рівняння Больцмана на основі принципу Боголюбова. Застосовувати рівняння Фокера-Планка
Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями	Загальні компетентності: • Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Фахові компетентності: Здатність систематизувати концептуальні знання та розуміти найбільш актуальні проблеми та досягнення різних галузей сучасної теоретичної та експериментальної фізики. • Здатність користуватися основними джерелами наукової інформації, у тому числі базами даних, періодичними науковими публікаціями. Здатність вирішувати проблеми й задачі інноваційного характеру в одній із галузей сучасної фізики. Усвідомлення кількісного характеру досліджень у фізиці, здатність застосовувати спеціальні математичні та теоретичні методи для розв'язування задач предметної галузі. Здатність планувати й здійснювати теоретичні та експериментальні дослідження фізичних об'єктів, явищ і процесів на основі розуміння і навичок практичного використання спеціалізованих знань фізики, а також спеціальних математичних методів та інформаційних технологій. Здатність встановлювати зв'язок між експериментальними і теоретичними результатами, здійснювати феноменологічний та теоретичний опис досліджуваних явищ, об'єктів і процесів, пов'язувати результати досліджень із сучасними фізичними теоріями і уявленнями.
Інформаційне забезпечення	Силабус, методичні рекомендації, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Залік

Основи теорії функціонала електронної густини

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Базові знання з квантової механіки, фізики твердого тіла та вищої математики. Знайомство з текстовим інтерфейсом та командним рядком Linux буде перевагою, але необхідні для роботи операції будуть розглянуті на практичних заняттях.
Що буде вивчатись	Лекційний матеріал міститиме викладення основних положень, які відносяться до теорії функціонала електронної густини (DFT): рівняння Шредінгера для багатьох частинок, способи його наближеного розв'язку через наближення Хартрі-Фока та рівняння Кона-Шема, теореми Гогенберга-Кона, основні наближення до опису обмінно-кореляційного функціонала. Будуть розглянуто принципи проведення самоузгоджених розрахунків, структурної оптимізації, обчислення міжатомних сил. Значна увага приділяється розрахунку пружних властивостей твердих тіл, коливань кристалічної ґратки, електронної зонної будови. Буде розглянуто можливості вивчення за допомогою DFT діелектричних, оптичних та магнітних властивостей. Практичні заняття сфокусовані на виконанні розрахунків за DFT з пакетом програм Quantum Espresso.
Чому це цікаво/треба вивчати	Квантово-механічні ефекти та міжатомні взаємодії визначають макроскопічні властивості фізичних систем. Теорія функціонала електронної густини дозволяє кількісно та якісно досліджувати ці властивості та основні принципи їх формування на атомарному рівні. Розрахунки з перших принципів (<i>ab initio</i>) використовуються у сучасній фізиці твердого тіла та матеріалознавстві для моделювання невідомих структур, цілеспрямованого дизайну нових матеріалів, прогнозування їх поведінки, пояснення результатів експериментів. Особлива цінність методу полягає у можливості досліджувати стани та процеси, що є надміру складними або взагалі недоступними для прямого експериментального спостереження, отримуючи при цьому результати, достовірність і точність яких часто є співставними з експериментом.
Чому можна навчитися	Формулювати фізичні задачі як завдання квантово-механічних розрахунків. Використовувати командний рядок Linux та відкритий пакет Quantum Espresso для проведення <i>ab initio</i> розрахунків (SCF, оптимізація геометрії, AIMD, зонна будова). Обробляти, візуалізувати та фізично інтерпретувати результати віртуальних експериментів для прогнозування структурних та електронних характеристик кристалічних речовин.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Набуті знання та вміння дозволять планувати та здійснювати розрахункові дослідження в галузі фізики конденсованого стану й обчислювального матеріалознавства, моделювати властивості нових або концептуальних кристалічних речовин, встановлювати зв'язок між <i>ab initio</i> розрахунками й результатами реальних фізичних експериментів, а також з глибоким розумінням аналізувати сучасну професійну наукову літературу. Опанований інструментарій є затребуваним у науково-дослідних інститутах та дослідницьких підрозділах високотехнологічних компаній.
Інформаційне забезпечення	Силабус, презентації лекцій, інструкції до практичних завдань, документація Quantum Espresso, дистанційний курс на Google Classroom.
Семестровий контроль	екзамен

Основи квантової теорії поля

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, електродинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь.
Що буде вивчатись	необхідний математичний апарат та позначення; частинки та їх властивості; закони збереження; скалярне, векторне поле; поле Янга-Мілса; бозон Хіггса; зміст процедури квантування полів; релятивістська схема квантування полів; зв'язок спіна зі статистикою. Теорема Паулі; взаємодіючі поля, лагранжіани взаємодій
Чому це цікаво/треба вивчати	Студентам фізичних спеціальностей важливо мати базові знання про фундаментальні взаємодії, елементарні частинки та теорію, яка описує ці взаємодії. Ще з курсів загальної фізики студентам відомо, що поле – це деяка матеріальна субстанція, яка є переносником фізичних взаємодій. Але ж <i>далекодія</i> – це ньютонівське поняття дії на відстані, миттєва взаємодія, уявлення, яке вступає у протиріччя зі спеціальною теорією відносності. <i>Близькодія</i> – це перенесення взаємодії посередництвом поля зі скінченною швидкістю, відмова від уявлення про миттєву дію частинок одна на одну. В результаті вивчення цього курсу студенти зрозуміють, що таке квантоване хвильове поле як фундаментальна фізична концепція, в рамках якої формується динаміка частинок та їх взаємодії. Вона дозволяє описувати різні стани системи багатьох частинок єдиним фізичним об'єктом в звичайному просторі-часі – квантованим полем. Квантоване поле виникає шляхом квантування класичного поля, в результаті якого польова функція набуває операторного характеру і виражається через оператори народження та знищення частинок. Таким чином, з'являється можливість описувати найважливішу властивість світу елементарних частинок – процеси їх взаємного перетворення. Квантова теорія поля представляє собою фізичну теорію елементарних частинок та їх взаємодій. Знання, набуті студентами при вивченні основ квантової теорії поля, дозволять їм розуміти новини і відкриття, зроблені на передньому фронті сучасної фізики, в тому числі на Великому адронному колайдері та в астрофізиці.
Чому можна навчитися (результати навчання)	аналізувати наукову, навчальну та навчально-методичну літературу з квантової теорії поля, використовувати її в навчальному процесі; оперувати моделями з квантової теорії поля.
Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями (компетентності)	Здатність опановувати основні положення квантової теорії поля. Здатність застосовувати апарат квантової теорії. Здатність описувати властивості квантових полів та елементарних частинок. Крім того, кредитний модуль забезпечує опанування таких компетентностей у відповідності до СВО та ОПП із спеціальності 104 Фізика та астрономія другого (магістерського) рівня вищої освіти:
Інформаційне забезпечення	Сілабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Екзамен

Основи квантової електродинаміки

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Можливі обмеження, Спеціальності, для яких адаптована дисципліна	104 Фізика та астрономія
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, електродинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь.
Що буде вивчатись	Рівняння Дірака та матриці Дірака. Лагранжів формалізм. Імпульсне представлення. Розклад по спінових станах. Динамічні інваріанти; квантування електромагнітного поля; електромагнітне поле, як калібровочне; електромагнітне поле - складності квантування. Квантування по Гупта-Блейлеру. квантування поля Дірака; діаграми Фейнмана. Правила Фейнмана в р-представленні. Ймовірності переходів. Техніка обчислення інтегралів. Виділення розбіжностей; загальна структура розбіжностей. Процедура перенормування.
Чому це цікаво/треба вивчати	Квантова електродинаміка є релятивістською квантовою теорією електромагнітного поля. Вона описує електромагнітну взаємодію і є теорією, у якій принципи квантової механіки узгоджуються зі спеціальною теорією відносності. Студенти в результаті вивчення основ квантової теорії поля зрозуміють, наприклад, як провести обчислення аномального магнітного моменту електрона з точністю 10^{-10} . Досягнутий тут рівень відповідності ($\sim 10^{-10}$) між розрахунковими та експериментальними значеннями цієї фізичної величини є рекордним у фізиці. Для інших ефектів, які описуються в рамках квантової електродинаміки, зокрема, анігіляції електрон-позитронної пари, дельбрюківського розсіювання фотонів електромагнітним полем ядра, також характерно узгодження теорії з експериментом з високою точністю. Взагалі, точний опис експериментальних даних квантовою електродинамікою характерний для тих випадків, коли інші види взаємодій виявляються несуттєвими. Цей факт свідчить про те, що основні положення квантової електродинаміки виявляються справедливими у всій області, доступній сучасному експерименту в області дослідження електромагнітних взаємодій.
Чому можна навчитися (результати навчання)	Аналізувати наукову, навчальну та навчально-методичну літературу з квантової електродинаміки, використовувати її в навчальному процесі. Оперувати моделями з квантової електродинаміки.
Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями (компетентності)	Здатність опановувати основні положення квантової електродинаміки. Здатність застосовувати апарат електродинаміки. Здатність описувати властивості електромагнітного поля. Крім того, кредитний модуль забезпечує опанування таких компетентностей у відповідності до СВО та ОПП із спеціальності 104 Фізика та астрономія другого (магістерського) рівня вищої освіти:
Інформаційне забезпечення	Сілабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Екзамен

Фізика магнітних явищ

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, електродинаміки, математичного аналізу
Що буде вивчатись	Магнітний момент електрона, протона, нейтрона, багатоелектронних атомів. Електронний парамагнітний резонанс, ядерний магнітний резонанс та його використання в медицині (магнітно-резонансна томографія). Діа- та парамагнетизм. Магнітовпорядковані речовини. Теорія феро-, антиферо- та феримагнетизму в наближенні суцільного середовища.
Чому це цікаво/треба вивчати	На сьогоднішній день сформувалися такі галузі досліджень, як магنونіка та спінтроніка. Магنونіка – наука, що вивчає спінові хвилі – передачу на відстань коливань магнітного моменту атомів твердого тіла. У пристроях сучасної спінової електроніки вони замінюють електромагнітні хвилі, і мають аналогічне призначення. Їх можна збуджувати та детектувати в феромагнітних, антиферомагнітних матеріалах та феритах, їх можна заломлювати та фокусувати з застосуванням спеціальних лінз, їх дифракцію та інтерференцію можна здійснювати за допомогою магنونних аналогів оптичних дифракційних ґраток та інтерферометрів. Наприклад, негативна та позитивна інтерференція спінових хвиль складає фізичну основу пристроїв спінової логіки
Чому можна навчитися	Аналізувати наукову, навчальну та навчально-методичну літературу з фізики магнітних явищ, використовувати її в навчальному процесі. Складати математичні моделі задач з фізики магнітних явищ. Визначати оптимальну методику розв’язання задач з фізики магнітних явищ. Аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв’язання задач.
Як можна користуватися набутими знаннями і уміннями	Здатність опановувати основні положення фізики магнітних явищ. Здатність застосовувати апарат фізики магнітних явищ для дослідження спінових хвиль в нанорозмірних елементах, що є елементною базою пристроїв магнітної логіки та магнітної пам’яті. Здатність описувати та досліджувати властивості спінових хвиль.
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Екзамен

Наномагнетизм

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, електродинаміки, математичного аналізу, диференціальних рівнянь.
Що буде вивчатись	Теорія та експериментальне дослідження спінових хвиль. теорія та експериментальне дослідження спінового струму; фізичні основи функціонування пристроїв спінтроники і магноники, зокрема, сучасні моделі та експериментальні методи спінової інжекції, явища в магнітних тунельних контактах
Чому це цікаво/треба вивчати	Наномагнетизм – це галузь науки, присвячена вивченню нанорозмірних магнітних об'єктів, яка зазнала вибухового розвитку протягом останніх десятиліть, зумовленого захоплюючими відкриттями, такими як взаємодія намагніченості зі спіновими струмами (область спінтроники) та широким спектром практичних застосувань. Наприклад, оскільки пристрої магнітної пам'яті та сенсори використовують магнітні наноструктури, розвиток наномагнетизму став ключовим фактором збільшення продуктивності комп'ютерів та розвитку хмарних обчислень. Одним із найсучасніших напрямів досліджень є розробка пристроїв для інформаційних технологій та зв'язку.
Чому можна навчитися	Аналізувати наукову, навчальну та навчально-методичну літературу з наномагнетизму, використовувати її в навчальному процесі. Складати математичні моделі задач з наномагнетизму. Визначати оптимальну методику розв'язання задач з наномагнетизму. Аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв'язання задач. Знаходити зв'язки та робити граничні переходи від отриманих результатів до відомих даних, отриманих з більш простих моделей.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Здатність застосовувати апарат наномагнетизму для свідомого використання фізичних моделей, інформаційних комп'ютерних технологій та експериментальних методів для наукових досліджень при розробці систем зберігання інформації;
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Екзамен

Квантова теорія магнетизму

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання загальної фізики, квантової механіки, електродинаміки, математичного аналізу
Що буде вивчатись	Цілями освоєння дисципліни «Квантова теорія магнетизму» є вивчення сучасних уявлень про природу магнетизму твердих тіл з точки зору квантової теорії, отримання навичок роботи з сучасними теоретичними методами опису властивостей систем магнітних моментів, знайомство з фізичними основами експериментальних методик вимірювання магнітної сприйнятливості та намагніченості, отримання знань про класичні і сучасні експериментальні результати щодо магнітних властивостей твердих тіл.
Чому це цікаво/треба вивчати	Основи сучасної квантової теорії магнетизму є яскравим прикладом досягнень теорії сильно корельованих електронних систем. Вивчатимуться такі класичні моделі, як модель Ізінга, спінова модель Гейзенберга, модель Хаббарда, s-d-модель. Курс відображає основні сучасні досягнення в фізиці магнетизму за останні декілька десятиріч. Матеріал цього курсу сприяє формуванню у студента розуміння методів та підходів теоретичної фізики, так як квантова теорія магнетизму є однією з найбільш успішних ілюстрацій методів квантової теорії поля в фізиці твердого тіла. Квантова теорія поля, своєю чергою, є розділом фізики, що вивчає поведінку квантових систем з нескінченно великим числом ступенів свободи — квантових полів — і є теоретичною основою опису мікрочастинок, їх взаємодій і перетворень. Саме на квантовій теорії поля базуються вся фізика високих енергій, фізика елементарних частинок і фізика конденсованого стану.
Чому можна навчитися	Аналізувати наукову, навчальну та навчально-методичну літературу з квантової теорії магнетизму, використовувати її в навчальному процесі. Складати математичні моделі задач з квантової теорії магнетизму. Визначати оптимальну методику розв'язання задач з квантової теорії магнетизму. Аналізувати та інтерпретувати отримані результати розв'язання задач. Знання сучасного теоретичного рівня опису магнітних властивостей конденсованих середовищ. Знання теоретичних основ сучасних експериментальних методів дослідження в області магнетизму конденсованих середовищ. Знання основних класичних та сучасних експериментальних результатів по магнітних властивостях твердих тіл.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Здатність опановувати основні положення квантової теорії магнетизму. Здатність застосовувати апарат квантової теорії магнетизму. Уміння застосовувати сучасні методи теоретичного дослідження магнетизму конденсованих середовищ для розрахунків магнітної сприйнятливості і намагніченості систем магнітних моментів. Володіти навичками системного наукового аналізу проблем квантової теорії магнетизму різного рівня складності. Володіти навичками роботи з основними теоретичними методами в області магнетизму конденсованих середовищ і сучасною науковою літературою. Здатність до застосування отриманих знань для опису реальних фізичних систем.
Інформаційне забезпечення	Силабус, навчальний посібник, презентації лекцій.
Семестровий контроль	Екзамен

Методи експериментальних досліджень

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	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. Необхідним також є базовий рівень володіння англійською мовою.
Що буде вивчатись	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.
Чому це цікаво / треба вивчати	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.
Чому можна навчитись	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.
Як можна користуватись набутими знаннями і вміннями	Застосовувати набуті знання при плануванні та проведенні наукових експериментів, при аналізі експериментальних даних та розумінні інформації щодо структури та властивостей твердих тіл
Інформаційне забезпечення	Силабус, презентації лекцій .
Семестровий контроль	Екзамен

Нелінійна динаміка складних систем

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання: загальної фізики (механіка, молекулярна фізика, електрика та магнетизм), класичної механіки, математичного аналізу. Базові навички програмування
Що буде вивчатись	Динамічні системи та закони їх еволюції: атрактори, біфуркації, катастрофи. Динамічний хаос: детермінований хаос, сценарії переходу до хаосу, синхронізація хаотичних коливань. Стохастичний резонанс та стохастична синхронізація. Нелінійні одновимірні та двовимірні відображення, фрактали Мандельброта та Жюліа. Аналітичні методи: метод усереднення, метод Ван дер Поля, параметричний резонанс. Нелінійна динаміка в реакційно-дифузійних системах: хвилі, структури Тьюрінга, самоорганізація. Програмування всіх моделей на мові Python із застосуванням штучного інтелекту
Чому це цікаво/треба вивчати	Нелінійна динаміка — основа сучасного розуміння складних природних і технічних систем: від коливань маятника до кліматичних моделей і нейронних мереж. Хаос і самоорганізація присутні всюди: в біології, хімії, фізиці плазми, економіці. Поєднання аналітичних методів із Python-програмуванням та ШІ дає студентам практичні інструменти, затребувані в науці та індустрії. Курс розвиває вміння перетворювати фізичну задачу на комп'ютерну модель і аналізувати результати
Чому можна навчитися	Аналізувати стійкість динамічних систем та класифікувати типи атракторів. Розпізнавати та описувати сценарії переходу до хаосу. Застосовувати аналітичні методи (метод усереднення, Ван дер Поля) до нелінійних задач. Будувати та досліджувати Python-моделі нелінійних систем за допомогою ШІ. Інтерпретувати результати чисельного моделювання в контексті фізичних теорій. Самостійно опрацьовувати сучасну наукову літературу з нелінійної динаміки
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями	Моделювати нелінійні фізичні та міждисциплінарні процеси (біофізика, геофізика, технічні системи). Застосовувати Python + ШІ для швидкого прототипування наукових обчислень. Проводити самостійні дослідження складних систем із хаотичною динамікою. Використовувати отримані знання в магістерських та наукових роботах
Інформаційне забезпечення	Силабус, підручник, методичний посібник, презентації лекцій, дистанційний курс, Бібліотеки Python: NumPy, SciPy, Matplotlib, SymPy
Семестровий контроль	Залік

Методи класичної молекулярної динаміки

Кафедра, яка забезпечує викладання	Загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Рівень ВО	другий (магістерський)
Можливі обмеження, Спеціальності, для яких адаптована дисципліна	104 Фізика та астрономія
Курс	1 (2 семестр)
Обсяг	5 кредитів ЄКТС - 150 год аудиторні заняття: лекції – 30 годин, практичні – 14 годин самостійна робота – 106 годин
Мова викладання	Українська
Вимоги до початку вивчення	Знання класичної механіки та фізики, основ кристалографії, фізики твердого тіла, вищої математики та методів математичного моделювання, що викладаються на 1–4 курсах бакалаврату. Необхідним також є базовий рівень володіння англійською мовою.
Що буде вивчатись	Принципи, що лежать в основі методу молекулярної динаміки. Можливості, характеристики та особливості застосування методу молекулярної динаміки й інтерпретації отриманих результатів. Основи роботи з програмним забезпеченням для моделювання методом класичної молекулярної динаміки LAMMPS. Основи роботи з програмним забезпеченням для візуалізації та розрахунку характеристик досліджуваних об'єктів OVITO.
Чому це цікаво / треба вивчати	Моделювання процесів, що відбуваються у твердотільних об'єктах, на атомному рівні, дозволяє прослідкувати їх деталі у часі та виявляти механізми, що лежать в їх основі, на рівні, недоступному жодній експериментальній методиці. Метод класичної молекулярної динаміки ґрунтується на моделюванні поведінки всіх атомів у досліджуваній системі шляхом інтегрування класичних рівнянь руху у силових полях, що визначаються специфічними потенціалами міжатомної взаємодії. Застосування методу молекулярної динаміки дає змогу моделювати статичні та динамічні характеристики, а також рівноважні конфігурації досліджуваних об'єктів, з'ясовувати напрямок та характер протікання процесів за участі атомів, встановлювати атомну структуру та особливості еволюції дефектів (наприклад дислокацій, антифазних границь, границь зерен, порожнин та пор тощо) у кристалічних твердих тілах, а також їхній вплив на характеристики досліджуваного кристалу тощо. Атомні конфігурації, отримувані при моделюванні методом молекулярної динаміки, можна легко порівнювати з результатами високороздільної електронної мікроскопії, що, зокрема, допомагає якісно інтерпретувати останні.
Чому можна навчитись	Формулювати задачі для розв'язання із застосуванням моделювання методом молекулярної динаміки. Створювати різного роду твердотільні об'єкти з заданою конфігурацією протяжних дефектів, границь розділу фаз, шарів тощо. Застосовувати метод молекулярної динаміки для моделювання фізичних процесів у твердих тілах на атомному рівні. Інтерпретувати результати, отримані моделюванням методом молекулярної динаміки, визначати фізичні механізми процесів, що вивчаються, на атомному рівні. Створювати програмні модулі для програмного забезпечення LAMMPS. Створювати та модифікувати твердотільні структури, а також визначати їхні характеристики з використанням засобів LAMMPS, а також програм візуалізації та аналізу OVITO.
Як можна користуватись набутими знаннями і уміннями	Набуті знання будуть застосовні при плануванні та проведенні наукових досліджень, інтерпретації експериментальних результатів та розумінні інформації щодо структури та властивостей твердих тіл
Інформаційне забезпечення	Силабус, презентації лекцій .
Семестровий контроль	Екзамен

