



НАУКОВІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-наукова Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 рік, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити/120 год: лекцій – 27 год, лабораторних занять - 9 год, СРС – 84 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/ МКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор, академік НАН України Рагуля Андрій Володимирович, <i>тел. 0677594987, Andrey.ragulya@gmail.com</i> Лабораторні заняття: доктор технічних наук, професор, академік НАН України Рагуля Андрій Володимирович, <i>тел. 0677594987, Andrey.ragulya@gmail.com</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

В дисципліні викладаються основи сучасного матеріалознавства наноструктур. Актуальність викладання дисципліни, яка пов'язана з цією передовою кромкою матеріалознавства полягає в тому, що сегмент наноматеріалів і нанотехнологій їх виробництва та використання є таким, що найбільш швидко розвивається і досяг майже 4 трлн. доларів США у 2021 р. Тому, саме фахівці в галузі наноматеріалів і нанотехнологій є одними з найбільш затребуваними в світі високих технологій. Науковці, що працюють в цієї галузі потребують багатодисциплінарної підготовки. Тому в запропонованому курсі розглядаються різні основи фізико-хімії і механіки, фізики і матеріалознавства наночастинок, нанострижнів, квантових точок, тонких плівок, консолідованих об'ємних тіл і методи їх отримання, аналізуються особливості структури фізико-хімічних, фізико-механічних, оптичних, електромагнітних та біологічних властивостей наноматеріалів, характеризуються основні напрямки сучасного і майбутнього застосування наноматеріалів.

Мета дисципліни – дати здобувачам систематичні багатодисциплінарні основи знань в області матеріалознавства наноструктур: фізико-хімії і технології одержання наноматеріалів, особливостей їх структури і зв'язку з властивостями та потенційними або існуючими застосуваннями, для формування у них таких **фахових компетентностей**:

- здатність виявляти та ставити проблемив сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення;
- здатність планувати та проводити дослідження в сфері матеріалознавства у лабораторних та виробничих умовах на відповідному рівні з використанням сучасних методів і методик експерименту;
- здатність до критичного аналізу та прогнозування характеристик нових та існуючих матеріалів, параметрів процесів їх отримання і обробки та використання у виробі (або у виробничих умовах);
- здатність розробляти і вдосконалювати методи і методики матеріалознавчих досліджень;
- здатність застосовувати наукові основи нанотехнологій для створення та використання наноматеріалів.

А також загальних компетентностей:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

Після вивчення дисципліни студент має показати такі **програні результати навчання**:

- Розуміти та застосовувати принципи системного аналізу, причинно-наслідкових зв'язків між значущими факторами та науковими і технічними рішеннями в контексті існуючих теорій.
- Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі.
- Вільно спілкуватись державною та англійською мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері матеріалознавства та ширшого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів.
- Застосовувати сучасні інформаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач матеріалознавства.
- Приймати ефективні рішення в нових ситуаціях або непередбачуваних умовах з урахуванням їх можливих наслідків, оцінювати і порівнювати альтернативи, оцінювати технічні, економічні, екологічні та правові ризики.
- Наукові навички у галузі інженерії для того, щоб успішно проводити наукові дослідження як під керівництвом так і самостійно.
- Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства.
- Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів.
- Планувати і виконувати експериментальні матеріалознавчі дослідження, обирати відповідні обладнання та методики, здійснювати статистичну обробку і статистичний аналіз результатів експериментів, обґрунтовувати висновки
- Обґрунтовано призначати та контролювати показники якості матеріалів та виробів.
- Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів.
- Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів
- Розробляти комплексний дизайн нових матеріалів і виробів на їх основі з урахуванням експлуатаційних властивостей та умов використання
- Розробляти і застосовувати новітні методи і методики досліджень матеріалів та процесів в галузі матеріалознавства з урахуванням особливості проблем, що вирішуються
- Застосовувати сучасні математичні методи, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач і проблем матеріалознавства

У підсумку здобувач вищої освіти повинен знати особливості структури та властивостей наноструктурних, нанофазних, нанодисперсних матеріалів, технології отримання наноструктурних матеріалів, та області застосування; вміти характеризувати наноструктурні об'єкти, цілеспрямовано використовувати нанодисперсний стан речовини для керування технологічним процесом виготовлення виробів, управління структурою та властивостями матеріалів.

Курс підготовлено із врахуванням сучасних досягнень нанонауки і нано-технології, сферу інтересів яких зосереджено на дослідженні так званих малорозмірних об'єктів. Систематизовані дані про наноструктурні матеріали, розмір зерен, пір та інших характерних елементів в структурі яких складає менше за 100 нм. Розглянуті особливості наноструктур цих матеріалів. Узагальнено дані про фізичні, хімічні, механічні та інші властивості, а також про розмірні ефекти. Описано основні технологічні засоби отримання наноструктурних матеріалів. Охарактеризовано основні галузі їх використання в традиційній та новій техніці, в інформаційних технологіях, а також в медицині, біології та охороні навколишнього середовища.

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

Для вивчення дисципліни «Наукові основи створення наноматеріалів» у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти повинні бути сформовані здатності першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 132 Матеріалознавство в результаті вивчення дисциплін з фізики та хімії твердого стану, вищої математика, статистичної фізики, неорганічної, органічної, колоїдної хімії, фізики (механіка, електрика і магнетизм, оптика), фізичної хімії (термодинаміка і кінетика), кристалографії та кристалохімії, фізичного матеріалознавства тощо. Потрібен базовий рівень володіння англійською мовою. Підготовка за даною дисципліною також передбачає наявність у здобувача знань з основ нанотехнологій.

Знання отримані здобувачем в результаті вивчення дисципліни «Наукові основи створення наноматеріалів» можуть бути використані під час проведення науково-дослідної роботи студента та наукових досліджень магістерської дисертації і формують інтегральну компетентність освітньо-професійної програми «Матеріалознавство» другого (магістерського) рівня вищої освіти.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Тема 1. Введення в матеріалознавство наноструктур: історія, основні парадигми і визначення.

Тема 2. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Розмірна залежність фізичних властивостей матеріалів.

Тема 3. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Розмірна залежність кінетичних і механічних властивостей матеріалів.

Тема 4. Основи методів отримання нанодисперсних структур: фізичні методи.

Тема 5. Основи методів отримання нанодисперсних частинок і порошків: хімічні методи.

Тема 6. Основи синтезу нанодисперсних структур в нанорозмірних реакторах.

Тема 7. Основи методів отримання нанодисперсних структур: комбіновані і гібридні методи.

Тема 8. Консолідовані наноматеріали по Гляйтеру: Класифікація методів, Теорія консолідації.

Тема 9. Практика отримання консолідованих наноматеріалів під тиском.

Тема 10. Практика консолідації наноматеріалів без тиску і у вільної формі.

Тема 11. Нанокмпозити: технології їх отримання, особливості їх структури та властивостей.

Тема 12. Нанокмпозити з полімерною матрицею.

Тема 13. Тонкі плівки: фізичні технології їх отримання, структура, властивості.

Тема 14. Тонкі плівки: хімічні технології їх отримання, структура, властивості.

Тема 15. Вуглецеві наноматеріали: графени, фулерени, нанотрубки, нанокластери: технологія отримання, структура, властивості.

Тема 16. Методи характеристики наночастинок.

Тема 17. Методи характеристики консолідованих наноматеріалів.

Тема 18. Приклади застосування консолідованих наноматеріалів.

Тема 19. Приклади застосування порошкових наноматеріалів.

Лабораторні роботи

- Приготування суспензій з наночастинок і вивчення їх реологічних властивостей (2год).
- Визначення розподілу наночастинок за розміром (ДЛС метод (2год)).
- Визначення розподілу нанорозмірних пор за розміром (КАС (2год)).
- Консолідація нанокераміки з наночастинок методом іскро-плазмового спікання (2год).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Рагуля А. В. Наукові основи створення наноматеріалів [Електронний ресурс] : конспект лекцій / А. В. Рагуля. – Електронні данні. – Київ, 2021.

2. Скороход В. В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах [Текст] / Скороход В. В., Уварова І. В., Рагуля А. В. – Київ : Академперіодика, 2001. – 150 с.

3. Нанохімія, наносистеми, наноматеріали / С. В. Волков, Є. П. Ковальчук, В. М. Огієнко, О. В. Решетняк. – Київ : Наукова думка, 2008. – 424 с.

Література є в бібліотеці КПІ, а також буде надана студентам в електронному вигляді. В Електронному вигляді будуть надані лекції з цього курсу як ілюстративний матеріал.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Надається інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні) та надаються рекомендації щодо їх засвоєння (наприклад, у формі календарного плану чи деталізованого опису кожного заняття та запланованої роботи).

Лекції

Лекція 1. Введення в матеріалознавство наноструктур: історія, основні парадигми і визначення (2год).

Введення в наноструктурне матеріалознавство. Загальна характеристика низько розмірних систем. Основні парадигми, підходи. Історичні аспекти розвитку наноматеріалів та нанотехнологій. Класифікація наноструктурних об'єктів. Визначення розмірності і її роль у фізичних і хімічних явищах. Співвідношення між об'ємом, між фазною границею і поверхнею. Кластери, незвичайні нанооб'єкти. Дефекти в кристалічних об'єктах. Глобальне значення нанотехнології, наноматеріалів, нанопристроїв для розвитку науки і техніки.

Лекція 2. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Розмірна залежність фізичних, кінетичних і механічних властивостей матеріалів (2год);

Нанодисперсний стан. Розмірний ефект в частинках, плівках, полікристалах. Визначення розмірного ефекту за Гляйтером. Розмірна залежність фізичних властивостей матеріалів в дисперсному стані. Загальна характеристика нанокристалічного стану в залежності від розмірності наноструктур. Основні поняття термодинаміки фазових перетворень. Залежність координат точок фазових переходів від розміру нано об'єкту. Сегрегаційні і агрегаційні процеси. Гомогенне і гетерогенне зародження нової фази. Особливості фазових рівноваг в наносистемах. Наноферроіки – ферромагнетики, сегнетоелектрики,

ферроеластики – єдність відгуку на поля. Розмірна залежність кінетичних та механічних властивостей матеріалів в дисперсному стані. Основні поняття кінетики дифузії в наноструктурах: критична довжина вільного пробігу дифузанту. Теплопровідність наноматеріалів, критична довжина пробігу фононів. Розмірні залежності модуля пружності, твердості, міцності та тріщиностійкості.

Лекція 3. Основи методів отримання нанодисперсних структур: фізичні і хімічні методи (2год);

Фізико-хімічні і фізико-механічні основи одержання нанодисперсних порошків різноманітних матеріалів. Основні методи одержання нанодисперсних порошків. Класифікація методів одержання наночастинок. Методи характеристизації наночастинок. Основні елементи порошкової технології. Отримання наночастинок методами випаровування-конденсацією, електровибуху. Отримання квантових точок. Особливості механічних перетворень під дією інтенсивного подрібнення, аморфізація матеріалів. Основи синтезу наночастинок мокрими хімічними методами: співосадженням, гідротермальним осадженням і направленим зростанням. Синтез шляхом термічного розкладання нестійких прекурсорів як метод одержання нанодисперсних порошків.

Лекція 4. Основи синтезу нанодисперсних структур в нанорозмірних реакторах (2год);

Фізико-хімічні основи одержання нанодисперсних порошків різноманітних матеріалів в умовах нанореакторів. Синтез нанодисперсних порошків в умовах сонохімічної кавітації. Синтез нанодисперсних порошків в умовах нанодисперсних емульсій, прямих та зворотних міцел. Синтез з нестійких прекурсорів. Синтез в мезопористих матрицях.

Лекція 5. Основи методів отримання нанодисперсних структур: комбіновані і гібридні методи (2год);

Механохімічні перетворення під впливом інтенсивних деформацій. Фізико-хімічні основи одержання нанодисперсних порошків різноманітних матеріалів інтенсивним диспергуванням та методами механохімічного синтезу. Основи розмелу. Край диспергування різних металів. Роль поверхнево-активних сполук. Отримання нанодисперсних порошків в умовах механоактивації. Від механоактивації до механохімічного синтезу. Синтез наноструктур на темплатах. Створення структур типу «ядро-оболонка». Гібридні наноструктури, що об'єднують органічні і неорганічні речовини. Кіральність і кіральні структури як важливий елемент синтезу живих організмів.

Лекція 6. Консолідовані наноматеріали за Гляйтером і Скороходом: Класифікація методів, Теорія консолідації наночастинок(2год);

Контрольована кристалізація із аморфного стану. Молекулярна теорія консолідації наночастинок. Коалесценція в ансамблі нанорозмірних частинок. Коагуляція наночастинок як перша стадія локального спікання. Особливості кінетики росту зерен під час спікання. Основні прийоми консолідації.

Лекція 7. Модульна контрольна робота (2 год)

Лекція 8. Консолідовані наноматеріали за Гляйтером і Скороходом: Класифікація методів, Теорія консолідації наночастинок (2год);

Контрольована кристалізація із аморфного стану. Молекулярна теорія консолідації наночастинок. Коалесценція в ансамблі нанорозмірних частинок. Коагуляція наночастинок як перша стадія локального спікання. Особливості кінетики росту зерен під час спікання. Основні прийоми консолідації. Практика отримання консолідованих наноматеріалів під тиском. Методи консолідації нанодисперсних порошків. Консолідація в жорсткій матриці. Консолідація з попереднім формуванням. Консолідація в вільній формі. Гаряче пресування, іскроплазмове спікання, спікання під високим тиском, імпульсне спікання в умовах ударних хвиль. Еволюція ансамблю наночастинок в процесах спікання під тиском. Спікання нанодіамандов під

високим тиском. Холодне спікання нанокераміки під тиском. Спікання, що ускладнено фазовим перетворенням. Спікання, що ускладнено хімічним перетворенням.

Лекція 9. Практика консолідації наноматеріалів без тиску і у вільної форми (2год).

Методи консолідації нанодисперсних порошків. Консолідація нанопорошків без матриці - консолідація з попереднім формуванням та в вільної форми. Неізотермічне спікання. Спікання з контрольованою швидкістю ущільнення. Спікання нанопорошків в умовах мікрохвильового нагріву. Флеш-спікання. Селективне лазерне спікання – приклад технології спікання без форми. Еволюція мікроструктури в процесах вільного спікання. Конкуренція механізмів масопереносу на різних стадіях спікання. Подолання росту зерен наприкінці ущільнення. Особливості електропереносу в процесі мікрохвильового спікання провідників та діелектриків. Явище теплового пробою.

Лекція 10. Наноккомпозити: технології їх отримання, особливості їх структури та властивостей (2год);

Класифікація наноккомпозитів консолідованих з наноструктур різної морфології (по Гляйтеру), а також по типу матриці. Чому потрібні наноккомпозити? Отримання нанорозмірного зерна. Стабілізація наноструктур. Досягнення корисної комбінації властивостей вихідних компонентів. Композити з металевої та керамічної матрицею. Класифікація Нііхари. Властивості наноккомпозитів. Запобігання Оствальдову зростанню, вибір кількості компонентів та способу розміщення їх в матриці. Кінетика росту зерен в двухфазному наноккомпозиті. Зміцнення композитів нановолокнами, та нанорубками. Нова парадигма нанокераміки: кераміка з полімерів. Полімерні наноккомпозити – клас зміцнених полімерів з низьким вмістом (< 5%) нанорозмірних частинок – металів, оксидів, нанотрубок, сполук та ін. Полімерні матриці з монтморилонітом. Модифікація поверхні наночастинок, адсорбція полімерів. Стабілізація неорганічних наночастинок різної морфології в полімерній матриці. Полімеризація та со-полімеризація на поверхні наночастинок. Приготування наноккомпозитів через розчини та розплави. Міцелярні структури: міцели та везикули. Формування полімерних наноккомпозитів. Термостабільність наноккомпозитів. Мікрокапсулювання. Явище інтеркалювання в полімерних наноккомпозитах.

Лекція 11. Тонкі плівки: фізичні і хімічні технології їх отримання, структура, властивості (2 год)

Класифікація наноккомпозитів консолідованих з наноструктур різної морфології (по Гляйтеру), а також по розмірності напруженого стану. Чому важлива розмірність для наноструктур? Розмірний ефект в тонких плівках. Технології отримання тонких плівок. Магнетронне розпилення (НВЧ), іонне, та іонне-плазмове розпилення. Іпульсна лазерна абляція. Комбінована технологія лазерного з іонним для багатошарових плівок. Електрохімічне осадження з пару. Реакційне розпилення. Визначні фактори для плівок. Напруження при взаємодії з підкладкою. Отримання квантових точок. Термічна стійкість та старіння плівок. Структура та властивості тонких плівок. Однорідна та неоднорідна пластична деформація тонких плівок тугоплавких речовин. Багатошарові плівки, надтверді плівки.

Лекція 12. Вуглецеві наноматеріали: графени, фулерени, нанотрубки, нанокластери: технологія отримання, структура, властивості (2год).

Алотропні форми вуглецю – від алмазу до фулерену і графену. Класифікація вуглецевих нанокластерів: графени, фулерени, фулборани, нанотрубки, фуллеріти. Чи фулерен молекула? Структурні особливості фулерену. Технології отримання фулеренів – лазерна абляція, дугової синтез, сонячний піроліз вуглеводнів. Метод Кретчмера. Синтез ендометало-фулеренів. Екстракція фулеренів з сировини. Хроматографічне розділення фулеренів різного розміру. Фулереноподібні неорганічні сполуки. Вуглецеві нанотрубки: будова та технології отримання. Іпульсна лазерна абляція. Комбінована технологія синтезу. Електрохімічне осадження. Реакція Белла-Будуара. Роль каталізу та механізм росту нанотрубок. Оніони. Структура оніонів.

Отримання оніонів з наночастинок алмазу. Нова структурна форма вуглецю. Невуглецеві нанотрубки.

Лекція 13. Методи характеристики наночастинок і консолідованих наноматеріалів (2год).

Розподіл частинок за розміром, основні характеристики. Як приготувати проби наночастинок для надійного аналізу. Лазерна гранулометрія. Проблеми диспергування. Аналіз розподілу частинок за розміром по інтенсивності, кількості частинок. Рентгенівський структурний аналіз. Формула Шерера. Метод Бруннауера-Еммета-Теллера (БЕТ). Розрахунок розміру частинок з даних про питому поверхню. Додатковий аналіз «хвостів» адсорбції. Електронна мікроскопія. Розподіл частинок за розміром за даними скануючої електронної мікроскопії. Розподіл частинок за розміром за даними трансмісійної електронної мікроскопії. Наноінденування. Особливості використання індентеруБерковича для визначення нанотвердості. Атомносилова мікроскопія. Скануюча тунельна мікроскопія. Нано-проб технології. Мікроскопія електричних сил. Мікроскопія магнітних сил. Електронна мікроскопія високого розрізнення. Можливості реконструювання атомної структури кристалу за допомогою ПЕМВР. Спостереження структури границь зерен в консолідованих наноматеріалах. Перспектива розвитку методів характеристики наноматеріалів.

Лекція 14. Приклади застосування консолідованих наноматеріалів (2год).

Нові якості наноматеріалів і області їх застосування в техніці, біології, медицині, охороні оточуючого середовища. Прогнози на майбутнє, в тому числі для України. Розвиток нових ріжучих, та зносостійких наноматеріалів. Створення наноструктурних каталізаторів на основі MnO₂ для очищення води та повітря. Паливні комірки і джерела струму з наноструктурними мембранами. Особливості іонного переносу в таких пристроях. Мініатюризація елементів пасивної електроніки. Застосування наноструктурної кераміки в багат шарових керамічних конденсаторах. Сегнетоелектрична резистивна пам'ять з надвисокою щільністю збереження інформації. Нові якості наноматеріалів і області їх застосування в біології, медицині. Імплантати. Біосумісність, біоінертність, біорезорбція, біоактивність. Ортопедичні імплантати. Різноманіття матеріалів для ортопедії: від металічних імплантатів до резорбіруємих керамічних композитів. Матеріал "Сінтекість", що вироблено в Україні. Особливості біоактивного гідроксиапатиту. Проблема транспортування ліків. Матеріали для транспортування. Наномагнетики для гіпертермії, та транспортування.

Лабораторні роботи

З лабораторних зайнять студенти отримують практичні навички роботи з наноматеріалами на сучасному обладнанні.

- Лабораторна робота №1. Приготування суспензій з наночастинок і вивчення їх реологічних властивостей (2год).*
- Лабораторна робота №2. Визначення розподілу наночастинок за розміром (ДЛС метод (2год)).*
- Лабораторна робота №3. Визначення розподілу нанорозмірних пор за розміром (КАС (2год)).*
- Лабораторна робота №4. Консолідація нанокераміки з наночастинок методом іскроплазмового спікання (2год).*

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента складає 54 год:

Підготовка до лекцій – 8 год.

Підготовка до лабораторних робіт, обробка та оформлення результатів – 12 год.

Підготовка до МКР – 4 год.

Підготовка до екзамену – 30 год.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зазначається система вимог, які викладач ставить перед студентом/аспірантом:

- правила відвідування занять (як лекцій, так і практичних/лабораторних);

Відвідування занять є обов'язковим. Пропущене лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання конспекту з кожної пропущеної теми, а пропущене лабораторне заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.

За дистанційної форми навчання заняття проводяться у он-лайн форматі.

- правила поведінки на заняттях (активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті тощо);

Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. правила захисту лабораторних робіт;

Звіти з лабораторних робіт зараховуються за умов присутності студента на лабораторних заняттях і наявності правильних письмових відповідей на запити викладача стосовно змісту лабораторних робіт.

- правила призначення заохочувальних та штрафних балів;

Викладач має задавати запитання по ходу лекцій і лабораторних робіт задля контролю засвоєння матеріалу, що викладається. В разі вдалих відповідей студент має право на заохочувальні бали, які позитивно впливають на рейтингову оцінку. Вдале запитання з боку студентів викладачеві також позитивно оцінюється. Викладач має пропонувати студентам прочитати цікаву наукову публікацію за темою курсу і коротко обговорити її зміст на лабораторному занятті. Студенти, що відгукуються на таку акцію мають право на додаткові бали. В разі ініціювання студентом позалекційного обговорення цікавої публікації, він також додатково позитивно оцінюється. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

Штрафні бали нараховуються за несвоєчасно здані звіти з лабораторних робіт. За невдалі відповіді на запитання викладача протягом навчання штрафними балами не нараховуються.

- політика дедлайнів та перескладань;

Перескладання МКР проводиться за взаємною домовленістю студентів і викладача.

Перескладання екзамену проводиться під час додаткової сесії за положенням НТУУ "КПІ ім. Ігоря Сікорського" відповідно до графіку перескладань оприлюдненому на сайті ІМЗ ім. Є. О. Патона.

- політика щодо академічної доброчесності;

Усі учасники освітнього процесу: викладачі і здобувачі в процесі вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

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

Поточний контроль: звіти з лабораторних робіт, опитування за темою заняття, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу: щоб отримати позитивний результат у першому календарному контролі, необхідно мати позитивну оцінку за 1 лабораторну роботу, другого – позитивні оцінки за 2 і 3 лабораторну роботу та модульну контрольну роботу.

Семестровий контроль: екзамен. Екзамен проводиться у письмовій формі.

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за зарахування усіх лабораторних робіт і МКР складає стартовий семестровий рейтинг від 30 до 50 балів. Екзамен проводиться у письмовій формі. Максимальна екзаменаційна оцінка складає 50 балів.

Після оцінювання відповідей на екзамені (виконання екзаменаційної контрольної роботи) підсумовуються стартові бали та бали за екзамен, зводяться до рейтингової оцінки та переводяться до оцінок за університетською шкалою.

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 розміщено на Google Disk.*
- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доктором технічних наук, професором, Рагулею Андрієм Володимировичем

Ухвалено кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 16 від 22 червня 2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 12/23 від 28 червня 2023 р.)