

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико - технічних та комп'ютерних наук
Кафедра термоелектрики та медичної фізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Директор навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук



Петро ШПАТАР

“ 27 ” серпня 2025 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНА ТЕОРІЯ ВИМІРЮВАНЬ
(вибіркова)

Освітньо-наукова програма Прикладна фізика та наноматеріали

Спеціальність Е6 Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань Е Природничі науки, математика та статистика

Рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

Навчально-науковий інститут фізико-технічних та комп'ютерних наук

Мова навчання Українська

Чернівці 2025 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Інформаційно-енергетична теорія вимірювань» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Прикладна фізика та наноматеріали».

Розробник: проф. каф. термоелектрики та медичної фізики,
доктор ф.-м. н., професор **Радіон ЧЕРКЕЗ**

Викладач: проф. каф. термоелектрики та медичної фізики,
доктор ф.-м. н., професор **Радіон ЧЕРКЕЗ**

Погоджено з гарантом ОП


_____ **Радіон ЧЕРКЕЗ**

Затверджено на засіданні кафедри термоелектрики та медичної фізики
ННІФТКН ЧНУ імені Юрія Федьковича
Протокол № 2 від 26.08.2025 року

Завідувач кафедри


_____ **Роман КОБИЛЯНСЬКИЙ**

Схвалено методичною радою ННІФТКН
Протокол № 1 від 27.08.2025 року

Голова методичної ради
навчально-наукового інституту
фізико-технічних та комп'ютерних наук


_____ **Іван КОЗЯРСЬКИЙ**

МЕТА ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ:

дисципліна «Інформаційно-енергетична теорія вимірювань» має на меті формування всебічних знань про фундаментальні зв'язки між інформаційними та енергетичними процесами у сучасних системах вимірювань. У ході навчання аспіранти опановують основи інформаційно-енергетичного балансу, методи моделювання та оптимізації термоелектричних вимірювальних систем з урахуванням енергетичних обмежень та якісних параметрів вимірювань.

ПРЕРЕКВІЗИТИ:

Пререквізитами до курсу є курси «Узагальнена теорія перетворення енергії», «Термоелектричне перетворення енергії», що вивчається здобувачами на другому (магістерському) рівні вищої освіти.

Завдання вивчення навчальної дисципліни: надати здатність до системного аналізу, моделювання та оптимізації процесів вимірювання на основі інформаційно-енергетичних принципів, що є актуальним для розвитку високотехнологічних вимірювальних приладів і систем у сучасній науці і техніці.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-наукової програми, вивчення дисципліни «Інформаційно-енергетична теорія вимірювань» сприяє формуванню у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти таких *компетентностей*:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та критичного аналізу інформації з різних джерел, критичного ставлення до власних наукових здобутків та досягнень інших дослідників.

ЗК5. Здатність генерувати нові ідеї та застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК8. Здатність працювати автономно, ініціювати, організовувати та проводити комплексні теоретичні та експериментальні дослідження.

ЗК10. Здатність виявляти, ставити й вирішувати проблеми та проводити дослідження на відповідному рівні, планувати й прогнозувати результати.

Фахові компетентності (ФК)

ФК1. Дослідницькі здатності та компетентність виконувати оригінальні дослідження у вибраній області прикладної фізики та досягати наукових результатів, які створюють нові знання, із звертанням особливої уваги до актуальних задач та використанням новітніх наукових методів.

ФК6. Компетентність створення та налаштування комп'ютерних програм за власноруч розробленими алгоритмами.

ФК7. Здатність вирізняти із накопичених спостережень відтворювані експериментальні факти.

ФК8. Здатності аналізу даних. Компетентність аналізувати дані проведених досліджень, які можуть бути значного обсягу та вимагати застосування потужних обчислювальних ресурсів.

ФК9. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у вибраній області фізичних досліджень.

Вивчення даної навчальної дисципліни забезпечує досягнення здобувачем наступних *програмних результатів навчання (ПР)*:

ПРН1. Здатність аналізувати та обговорювати наукові публікації в межах власної дослідницької проблематики та поза нею.

ПРН2. Здатність здійснити завершене оригінальне дослідження, що ґрунтується на використанні сучасних методів науки.

ПРН3. Уміти сприймати і обробляти іншомовні наукові тексти з фізики з наукових джерел, що містять новітню фахову інформацію, здійснювати письмовий та анотаційний переклад текстів з фізики.

ПРН8. Уміти розробляти та досліджувати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або

створення інноваційних продуктів у прикладній фізиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН9. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з прикладної фізики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних наукових методів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН10. Розробляти та реалізовувати наукові проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання і розв'язувати значущі наукові проблеми фізики з дотриманням академічної доброчесності та основ запобігання корупції на рівні, необхідному для формування нетерпимості до корупції та проявів недоброчесної поведінки серед здобувачів освіти.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспіранти повинні:

Знати та розуміти: основи інформаційно-енергетичної теорії, елементну базу термоелектрики та сучасні тенденції розвитку термоелектрики.

вміти: застосовувати інформаційно-енергетичну теорію для опису та винайдення нових типів термоелементів; використовувати елементну базу термоелектрики для розв'язку практичних задач термоелектрики.

володіти: методами теорії оптимального керування для розрахунку термоелектричних вимірювальних приладів та систем, елементною базою термоелектрики для розв'язку її практичних задач.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

| Назва навчальної дисципліни <u>Інформаційно-енергетична теорія вимірювань</u> | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|---------|-----------|-------|--------------------|-----------------|-----------|-------------|-------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| Форма навчання | Рік підготовки | Семестр | Кількість | | | Кількість годин | | | | | | Вид підсумкового контролю |
| | | | кредитів | годин | змістовних модулів | лекції | практичні | семінарські | лабораторні | самостійна робота | індивідуальні завдання | |
| Денна | 1 | 2 | 4.0 | 120 | 2 | 20 | 20 | - | - | 80 | - | Залік |

СТРУКТУРА ЗМІСТУ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Назви змістових модулів і тем навчальних занять | Кількість годин | | | | | |
|---|-----------------|--------------|----|-----|-----|------|
| | денна форма | | | | | |
| | Усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб | інд | с.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Змістовий модуль 1. Інформаційно-енергетичної теорії вимірювань в термоелектричних вимірювальних системах. | | | | | | |
| Тема 1. Основи інформаційних та енергетичних процесів у сучасних системах вимірювань. | 12 | 2 | - | | | 10 |
| Тема 2. Узагальнена модель термоелектричного вимірювального приладу | 20 | 2 | - | | | 18 |
| Тема 3. Оптимізація по інформативності термоелектричних сенсорів | 28 | 4 | 10 | | | 14 |
| Разом за ЗМ1 | 60 | 8 | 10 | | | 42 |
| Змістовий модуль 2. Оптимізація термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. | | | | | | |
| Тема 4. Застосування теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. | 16 | 2 | 2 | | | 12 |

| | | | | | | |
|--|-----|----|----|--|--|----|
| Тема 5. Особливості методу математичної теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. | 22 | 6 | 4 | | | 12 |
| Тема 6. 3D моделювання та оптимізація термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. | 22 | 4 | 4 | | | 14 |
| Разом за ЗМ 2 | 60 | 12 | 10 | | | 38 |
| Усього годин | 120 | 20 | 20 | | | 80 |

Тематика лекційних занять з переліком питань

| № | Назва теми лекції |
|----|---|
| 1. | Основи інформаційних та енергетичних процесів у сучасних системах вимірювань. Основи інформаційно-енергетичної теорії вимірювань. Інформаційно-енергетичний та шумовий підхід. Інформація та інформативність. |
| 2. | Узагальнена модель термоелектричного вимірювального приладу. Узагальнена модель термоелектричного вимірювального приладу. Математичний опис моделі. Результати попередніх досліджень. |
| 3. | Оптимізація по інформативності термоелектричних сенсорів. Постановка задачі по оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. Особливості оптимізації термоелектричних сенсорів по інформативності. |
| 4. | Параметрична оптимізація сенсорів по чутливості. Оптимізація термопарних сенсорів по чутливості. Оптимізація кондуктивних та проточних мікрокалориметрів. |
| 5. | Застосування теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. Узагальнена модель термоелектричного сенсора та її математичний опис. Застосування теорії оптимального керування для визначення оптимальних параметрів та конструкції термоелектричних вимірювальних приладів. |
| 6. | Особливості методу математичної теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної інформативності. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної чутливості. Особливості реалізації методу теорії оптимального керування для проектування термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. |
| 7. | 3D моделювання та оптимізація термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів. Моделювання генераторного термоелемента в програмі Comsol Multyphysics. Визначення розподілу температурних полів та потенціалів. Розрахунок параметрів термоелектричного термоелементу. |

Тематика практичних занять

| | Тема заняття |
|---|--|
| 1 | Оптимізація параметрів термопарних термоелементів. Основні питання: <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні принципи роботи термопарного термоелемента. 2. Вплив матеріалу, геометрії та умов теплопередачі на вихідну ЕРС термопари. 3. Критерії оптимізації термоелектричних перетворювачів (чутливість, стабільність, мінімальні втрати енергії). 4. Методи визначення оптимальних параметрів термопари. Практичні завдання: <ul style="list-style-type: none"> • Розрахувати ЕРС термопари для різних матеріалів при заданому температурному градієнті. • Визначити оптимальне співвідношення довжини та площі поперечного перерізу для |

| | |
|---|---|
| | <p>максимізації чутливості.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудувати графік залежності ЕРС від температури гарячого та холодного спаїв. |
| 2 | <p>Мінімально розрізнявальні потужності моделі мікрокалориметра.</p> <p>Основні питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Принцип дії кондуктивного мікрокалориметра. 2. Поняття мінімально розрізнявальної потужності (МРП) та її фізичний зміст. 3. Фактори, що впливають на МРП: тепловий шум, тепловідвід, теплоємність системи. 4. Методи експериментального та теоретичного визначення МРП. <p>Практичні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Розрахувати мінімально розрізнявальну потужність мікрокалориметра з заданими параметрами. • Проаналізувати вплив теплоємності сенсора на МРП. • Побудувати залежність МРП від температури робочого середовища. |
| 3 | <p>Граничні можливості мікрокалориметрів.</p> <p>Основні питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поняття граничної потужності та граничної чутливості. 2. Вплив шумів різної природи (теплових, електронних, статистичних) на точність вимірювань. 3. Оцінка граничних можливостей за критерієм сигнал/шум. 4. Практичні шляхи підвищення ефективності мікрокалориметрів. <p>Практичні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Розрахувати граничну чутливість мікрокалориметра для заданих параметрів. • Побудувати залежність сигнал/шум від температури. • Порівняти граничні можливості двох типів мікрокалориметрів (проточного та кондуктивного). |
| 4 | <p>Оптимізація реакційної камери кондуктивного мікрокалориметра.</p> <p>Основні питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні елементи кондуктивного мікрокалориметра та їх функції. 2. Вплив об'єму, форми та теплопровідності реакційної камери на чутливість приладу. 3. Методи математичного моделювання теплових процесів у реакційній камері. 4. Оптимізація параметрів камери з урахуванням критерію енергетичного балансу. <p>Практичні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудувати спрощену модель реакційної камери у вигляді теплопровідного блоку. • Провести розрахунок оптимального співвідношення геометричних розмірів. • Проаналізувати вплив матеріалу камери на швидкість теплопередачі. |
| 5 | <p>Основи роботи в пакеті прикладних комп'ютерних програм Comsol Multiphysics.</p> <p>Основні питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основні модулі та середовище користувача COMSOL Multiphysics. 2. Створення геометрії, задання матеріалів і граничних умов. 3. Моделювання процесів теплопровідності та термоелектричних явищ. 4. Візуалізація результатів та аналіз розподілу температури і потенціалів. <p>Практичні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ознайомитися з інтерфейсом програми COMSOL. • Створити просту 2D модель теплопровідного зразка. • Провести симуляцію температурного поля та зберегти результати. |
| 6 | <p>Моделювання генераторного термоелемента в пакеті прикладних комп'ютерних програм Comsol Multiphysics.</p> <p>Основні питання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Створення тривимірної моделі генераторного термоелемента. 2. Визначення температурних полів і електричного потенціалу. 3. Вплив геометрії та матеріалів на ефективність перетворення енергії. 4. Оптимізація конструкції термоелемента за критерієм максимальної термоелектричної ефективності (ZT). <p>Практичні завдання:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Побудувати 3D модель термоелемента з двох матеріалів (p- і n-типу). • Задати граничні умови для гарячого та холодного спаїв. |

- Провести симуляцію теплового і електричного полів, визначити ЕРС.
- Оптимізувати геометрію елемента для підвищення коефіцієнта корисної дії.

Завдання для самостійної роботи

| № | Завдання для самостійної роботи |
|---|---|
| 1 | <p>Основи інформаційно-енергетичної теорії, аспекти розвитку.</p> <p>Опрацювати основні положення інформаційно-енергетичної теорії (ІЕТ): поняття «інформаційний потік», «енергетичний потік», «інформаційна потужність».</p> <p>Скласти схематичне зображення взаємозв'язку між інформаційними та енергетичними процесами у фізичній системі.</p> <p>Підготувати короткий реферат (2–3 стор.) про етапи розвитку ІЕТ та її застосування у фізиці сенсорів.</p> |
| 2 | <p>Загальні параметри сенсорів і вимірювальних приладів у початковому варіанті інформаційно-енергетичної теорії.</p> <p>Визначити основні параметри сенсорів у межах ІЕТ (чутливість, роздільна здатність, енергетична ефективність, інформаційна пропускна здатність).</p> <p>Побудувати таблицю порівняння традиційного підходу та підходу ІЕТ до опису сенсорних систем.</p> <p>Виконати розрахунок інформаційної потужності для заданого типу сенсора (наприклад, термоелектричного або фотодіодного) при відомих параметрах.</p> |
| 3 | <p>Фізичні моделі мікрокалориметрів, їх основні параметри.</p> <p>Розглянути різні типи мікрокалориметрів та описати їх фізичну модель.</p> <p>Скласти перелік основних параметрів мікрокалориметрів.</p> <p>Побудувати спрощену модель теплового балансу мікрокалориметра (енергетична діаграма або рівняння).</p> |
| 4 | <p>Оптимізація реакційної камери проточного мікрокалориметра.</p> <p>Вивчити вплив геометричних параметрів реакційної камери на чутливість приладу.</p> <p>Провести аналітичний або комп'ютерний розрахунок оптимальної товщини шару теплообмінного матеріалу.</p> <p>Побудувати графік залежності сигналу від швидкості потоку або об'єму реакційної камери.</p> <p>Зробити висновки про оптимальні умови роботи мікрокалориметра.</p> |
| 5 | <p>Фізичні основи роботи мікрокалориметричних датчиків.</p> <p>Проаналізувати принцип дії мікрокалориметричних сенсорів (тепловий баланс, перетворення енергії у вимірюваний сигнал).</p> <p>Вивести основні співвідношення між тепловим потоком, температурною різницею та електричним сигналом.</p> <p>Навести приклади матеріалів, що використовуються у таких сенсорах, та обґрунтувати вибір.</p> |
| 6 | <p>Інформативність вихрових термоелектричних сенсорів.</p> <p>Дослідити принцип дії вихрового термоелектричного сенсора.</p> <p>Обчислити коефіцієнт інформативності сенсора залежно від джерела.</p> <p>Побудувати графік залежності вихідного сигналу від температури та швидкості потоку.</p> <p>Описати сфери застосування вихрових сенсорів у науці та техніці.</p> |
| 7 | <p>Особливості використання сучасних пакетів прикладних комп'ютерних програм для моделювання термоелектричних сенсорів</p> <p>Ознайомитися з можливостями програм Comsol Multiphysics.</p> <p>Виконати просту модель теплопереносу у термоелектричному елементі.</p> <p>Коротко описати отримані результати.</p> |
| 8 | <p>Метод теорії оптимального керування та його використання в термоелектриці.</p> |

| | |
|---|---|
| | <p>Ознайомитись із базовими принципами теорії оптимального керування.</p> <p>Скласти схему керування температурним режимом термоелектричного генератора або охолоджувача.</p> <p>Розрахувати оптимальний режим роботи за заданим критерієм (мінімум втрат енергії або максимум ККД).</p> <p>Підготувати короткий звіт із розрахунками та висновками.</p> |
| 9 | <p>Особливості використання програми Comsol Multiphysics для моделювання генераторних термоелементів.</p> <p>Ознайомитися з основними модулями Comsol Multiphysics(Heat Transfer, Thermoelectric Effect).</p> <p>Створити базову 3D модель термоелемента з різними типами матеріалів.</p> <p>Провести моделювання температурного поля та розподілу потенціалів.</p> <p>Визначити ККД, ЕРС та потужність.</p> <p>Підготувати звіт з результатами моделювання (скріншоти, графіки, висновки).</p> |

Контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться та зараховується в рамках модульного контролю. Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за конкретний модуль.

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання:

лекції: проблемний виклад, частково-пошукові та дослідницькі методи, презентації, бесіди і дискусії;

Самостійна робота аспірантів передбачає: конспектування лекційного матеріалу; вивчення теоретичного матеріалу лекційних занять та опрацювання літературних джерел, рекомендованих цією програмою.

Інтерактивні методи навчання: застосуванням електронних мультимедійних комплексів навчальних дисциплін та ресурсів, а також платформи для дистанційного навчання Moodle (<https://moodle.chnu.edu.ua>).

Форми навчальних занять: лекції, консультації.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ОЦІНЮВАННЯ

Методи контролю

У процесі оцінювання навчальних досягнень застосовуємо методи усного і письмового контролю, зокрема такі **засоби оцінювання** та демонстрування результатів навчання:

- *засоби усного контролю:* індивідуальне опитування, фронтальне опитування, презентації результатів виконаних завдань;
- *засоби письмового контролю:* контрольні роботи, тестування, самостійні роботи;
- *засоби самоконтролю:* уміння самостійно оцінювати свої знання, самоаналіз.

У разі проведення навчального процесу та оцінювання у дистанційній формі використовуються засоби Moodle (у тому числі тестування; <https://moodle.chnu.edu.ua>).

Система оцінювання знань є накопичувальною (складається із суми балів за різними видами здійсненого контролю).

Форми контролю

Основними формами поточного контролю є:

- усні відповіді аспірантів;
- виконання тестових завдань з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу за навчальними темами;
- виконання модульної контрольної роботи .

Зазначені форми контролю на лекційних заняттях є обов'язковими для всіх аспірантів.

Форма підсумкового контролю – залік.

**КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ
поточного та підсумкового контролю навчальних досягнень аспірантів**

**Критерії оцінювання навчальних досягнень аспірантів за результатами
поточного контролю**

Критеріями оцінювання навчальних досягнень аспірантів за результатами поточного контролю є:

- Знання теоретичного матеріалу
- Практичні навички
- Самостійність і критичне мислення
- Якість виконання завдань
- Активність на заняттях
- Дотримання термінів виконання завдань
- Академічна доброчесність

Розподіл балів, які отримують аспіранти за модулі

| Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота) | | Кількість балів (залік) | Сумарна к-ть балів |
|--|------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Змістовий модуль №1 | Змістовий модуль №2 | | |
| T1, T2, T3 | T4, T5, T6 | | |
| 30 | 30 | 40 | 100 |

T1, T2, T3, T4, T5 – теми змістових модулів.

Максимум балів, які здобувач освіти може отримати за окремий вид роботи, зокрема тієї, що винесена на самостійне опрацювання – 12 балів, сума яких (за коефіцієнтом) переводиться у відповідний бал кожної теми, що в загалом у ході поточного контролю складе 60 балів.

| К-сть балів | Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів освіти |
|--------------------|--|
| 11-12 балів | Завдання виконано вчасно, його зміст у повному обсязі розкриває тему дослідження, оформлення відповідає всім вимогам до даного виду роботи. Здобувач системно володіє матеріалом і може презентувати його перед аудиторією, у тому числі і за допомогою ІКТ, має власну думку щодо викладеного матеріалу, здатен її аргументувати, робить висновки до виконання завдання підходить творчо. |
| 9-10 балів | Завдання виконано вчасно, його зміст у повному обсязі розкриває тему дослідження, оформлення відповідає всім вимогам до даного виду роботи. Здобувач володіє матеріалом і може презентувати його перед аудиторією. |
| 7-8 балів | Завдання виконано вчасно, його зміст у повному обсязі розкриває тему дослідження, оформлення відповідає всім вимогам до даного виду роботи. Здобувач може доповісти основні положення проведеної роботи без глибинного аналізу, узагальнення матеріалу та підведення підсумків. |
| 5-6 балів | Завдання виконано вчасно, його зміст поверхнево або фрагментарно розкриває тему дослідження, оформлення відповідає всім вимогам до даного виду роботи. Здобувач не проводить аналізу джерел, з яких було отримано інформацію, не здатен узагальнити та систематизувати матеріал, зазнає труднощів під час презентації проведеного дослідження перед аудиторією. |
| 3-4 бали | Завдання виконано вчасно, його зміст є дублюванням відомих джерел інформації. Відсутня будь-яка аналітична обробка представленої інформації. Здобувач на репродуктивному рівні з помилками відтворює матеріал, не може презентувати його перед аудиторією. |
| 1-2 бали | Завдання відзначається фрагментарністю виконання під керівництвом викладача. Необхідні практичні уміння роботи майже не сформовані, більшість передбачених навчальною програмою завдань не виконано. |

Підсумковий контроль

Залік проводиться у формі тестування

Критерії оцінювання тестів:

- на залік пропонується 40 тестових завдань.
- кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал.
- загальна максимальна сума балів за залік - 40 балів

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Оцінка за курс є сумарною в межах 100 балів, які складаються з 60 балів поточного контролю та 40 балів підсумкового контролю.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

| Оцінка за національною шкалою | Оцінка за шкалою ЄКТС | |
|-------------------------------|-----------------------|--|
| | Оцінка (бали) | Пояснення за розширеною шкалою |
| Відмінно | A (90-100) | відмінно |
| Добре | B (80-89) | дуже добре |
| | C (70-79) | добре |
| Задовільно | D (60-69) | задовільно |
| | E (50-59) | достатньо |
| Незадовільно | FX (35-49) | (незадовільно) з можливістю повторного складання |
| | F (1-34) | (незадовільно) з обов'язковим самостійним опрацюванням освітнього компоненту до перескладання |

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання може бути досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

Мінімальний пороговий рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати його в мінімальну позитивну оцінку використовуваної числової (рейтингової) шкали.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПОТОЧНОГО КОНТРОЛЮ:

Модуль 1

1. Основи інформаційних та енергетичних процесів у сучасних системах вимірювань.
2. Основи інформаційно- енергетичної теорії вимірювань.
3. Інформаційно-енергетичний та шумовий підхід.
4. Інформація та інформативність.
5. Узагальнена модель термоелектричного вимірювального приладу. Математичний опис моделі. Методи її реалізації.
6. Оптимізація по інформативності термоелектричних сенсорів. Постановка задачі по оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
7. Особливості оптимізації термоелектричних сенсорів по інформативності.
8. Параметрична оптимізація сенсорів по чутливості.
9. Оптимізація термопарних сенсорів по чутливості.
10. Оптимізація кондуктивних та проточних мікрокалориметрів.

Модуль 2

1. Застосування теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
2. Узагальнена модель термоелектричного сенсора та її математичний опис.

3. Застосування теорії оптимального керування для визначення оптимальних параметрів та конструкції термоелектричних вимірювальних приладів.
4. Особливості методу математичної теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
5. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної інформативності.
6. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної чутливості.
7. Особливості реалізації методу теорії оптимального керування для проектування термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
8. 3D моделювання та оптимізація термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
9. Моделювання генераторного термоелемента в програмі Comsol Multyphysics.
10. Визначення розподілу температурних полів та потенціалів. Розрахунок параметрів термоелектричного термоелемента.

ПИТАННЯ ДЛЯ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Основи інформаційних та енергетичних процесів у сучасних системах вимірювань.
2. Основи інформаційно- енергетичної теорії вимірювань.
3. Інформаційно-енергетичний та шумовий підхід.
4. Інформація та інформативність.
5. Узагальнена модель термоелектричного вимірювального приладу. Математичний опис моделі. Методи її реалізації.
6. Оптимізація по інформативності термоелектричних сенсорів. Постановка задачі по оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
7. Особливості оптимізації термоелектричних сенсорів по інформативності.
8. Параметрична оптимізація сенсорів по чутливості.
9. Оптимізація термопарних сенсорів по чутливості.
10. Оптимізація кондуктивних та проточних мікрокалориметрів.
11. Застосування теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
12. Узагальнена модель термоелектричного сенсора та її математичний опис.
13. Застосування теорії оптимального керування для визначення оптимальних параметрів та конструкції термоелектричних вимірювальних приладів.
14. Особливості методу математичної теорії оптимального керування для оптимізації термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
15. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної інформативності.
16. Проектування термоелектричних сенсорів максимальної чутливості.
17. Особливості реалізації методу теорії оптимального керування для проектування термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
18. 3D моделювання та оптимізація термоелектричних сенсорів та вимірювальних приладів.
19. Моделювання генераторного термоелемента в програмі Comsol Multyphysics.
20. Визначення розподілу температурних полів та потенціалів. Розрахунок параметрів термоелектричного термоелемента.

ЗАРАХУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НЕФОРМАЛЬНОЇ ОСВІТИ

Відповідно до «Порядку визнання у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти» (протокол №16 від 25 листопада 2024 року) (<https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/poriadok-vyznannia-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yurii-fedkovycha-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-taabo-informalnoi-osvity/>) у процесі вивчення дисципліни здобувачу освіти може бути зараховано до 25% балів, отриманих за результатами неформальної та / або інформальної освіти з проблем, що відповідають тематиці курсу.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Anatyчук L.I. Physics of Thermoelectricity. - Kyiv, Chernivtsi. - 1998. – Vol.1. - 376 p.
2. Anatyчук L. I. Thermoelectricity / L. I. Anatyчук – Institute of Thermoelectricity, Kyiv, Chernivtsi, 2005. – Vol. 2: Thermoelectric power converters. – 2005. – 348 p.
3. Комп'ютерне матеріалознавство. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. – 120 с.

Додаткова

1. Snyder G. Jeffrey Thermoelectric efficiency and compatibility / G. Jeffrey Snyder, Tristan S. Ursell // Physical Review Letters. – 2003. – V. 91. – P. 148301.
2. Anatyчук L. I. Computer simulation of functionally graded materials for thermoelectricity / L. I. Anatyчук, L. N Vikhor, R. G. Cherkez // Journal of Thermoelectricity. – 1997. – № 3. P. 43 – 61.
3. Thermoelectrics Handbook. Macro to Nano / ed. D. M. Rowe. – N. Y.: CRC Press, 2006
4. Callen H. B. Application of Onsager's reciprocal relations to thermoelectric, thermomagnetic and galvanomagnetic effects / H. B. Callen // Phys. Rev. – 1948. – Vol. 78. – P. 1349.
5. Pollock D. D. Thermoelectricity: theory, thermometry, tool / D. D. Pollock // ASTM Special Technical Publication 852. – Philadelphia, PA, 1985.

Інформаційні ресурси

1. <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=8096>
2. Brillouin L. Science and Information Theory (Dover, 2013).
3. Mackay D.J.C. Information Theory, Inference, and Learning Algorithms (Cambridge, 2003).
4. <http://www.itc.com/> – Міжнародна термоелектрична спільнота.
5. <http://www.euroseek.com/> – пошукова система.
6. <http://google.com/> – пошукова система.
7. <http://home.park.ru/> – міжнародні та європейські мережі.
8. <http://www.dejanews.com/> – архів телеконференцій.
9. <http://www.euroseek.com/> – пошукова система.
10. <http://www.fas.sfu.ca/cs/library/> – бібліотека комп'ютерних технологій.

ПОЛІТИКА ЩОДО АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні навчальної дисципліни регламентовано такими документами:

- «Етичний кодекс Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича»

<https://www.chnu.edu.ua/media/jxdfs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>

- «Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича»

<https://www.chnu.edu.ua/media/hkzbr1b2/polozhennia-pro-vyjavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu-u-chnu-2025.pdf>