Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Директор
навчально-наукового інституту
комп'ютерної фізики та енергетики

Ірина ГАРЯЧЕВСЬКА

"1" грудня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

# МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ

| | |
|---|---|
| рівень вищої освіти | перший (бакалаврський) рівень |
| галузь знань | 10 Природничі науки |
| спеціальність | 105 Прикладна фізика та наноматеріали |
| освітня програма | Прикладна фізика енергетичних систем |
| вид дисципліни | За вибором |
| ННІ | комп'ютерної фізики та енергетики |

2025 / 2026 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

«25» грудня 2024 року, протокол № 12-2/24

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Кокодій Микола Григорович, професор кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

Програму схвалено на засіданні кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

"24" грудня 2024 року, протокол №

Завідувач кафедри інформаційних технологій в фізико-енергетичних системах

_____ Руслан СУХОВ
(підпис)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми (керівником проектної групи) Прикладна фізика енергетичних систем

Гарант освітньо-професійної програми (керівник проектної групи)

_____ Денис ПРОТЕКТОР
(підпис)

Програму погоджено методичною комісією навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

"25" грудня 2024 року, протокол №12-2/24

Голова методичної комісії навчально-наукового інституту комп'ютерної фізики та енергетики

_____ Денис ПРОТЕКТОР
(підпис)

# ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Моделювання теплових процесів» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавр

спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма Прикладна фізика енергетичних систем

## 1. Опис навчальної дисципліни

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є математичне моделювання теплових процесів в задачах фізики та енергетики.

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

**Метою** курсу «Моделювання теплових процесів» є вивчення теплових процесів в фізиці і техніці та математичне моделювання цих процесів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основним завданням курсу «Моделювання теплових процесів» є застосування математичних моделей процесів теплопередачі у фізиці, техніці та енергетиці.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

**знати:**

методи дослідження процесів передачі тепла, створювати математичні моделі процесів в фізиці і енергетиці,

**вміти:** застосовувати отримані знання на практиці.

Для вивчення курсу необхідні знання з фізики, математичного аналізу, диференціальних рівнянь, математичної фізики.

Формами викладання навчального матеріалу з дисципліни «Моделювання теплових процесів» є лекції, практичні заняття та самостійна робота студентів.

Методика викладання ґрунтується на проведенні лекцій та лабораторних занять з загальним аудиторним обсягом 80 години, що разом з 70 годинами самостійної роботи складає 150 годин загального обсягу.

1.3. Кількість кредитів 5

1.4. Загальна кількість годин 150

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|---|---|
| Нормативна | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 4-й | |
| Семестр | |
| 7-й | |
| Лекції | |
| 32 год. | |
| Практичні, семінарські заняття | |
| - | |
| Лабораторні заняття | |
| 48 год. | |

| Самостійна робота | |
|---|---|
| 70 год. | |
| Індивідуальні завдання | |
| - | |

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з освітньо-науковою програмою ««Прикладна фізика енергетичних систем».» спеціальності 105 — Прикладна фізика та наноматеріали студенти мають досягти таких результатів навчання (Р):

Р01. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв’язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

Р02. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови і аналізу математичних моделей фізичних процесів.

Р03. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв’язанні практичних проблем прикладної фізики.

Р04. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

Р05. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

Р06. Відшуковувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

Р07. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

Р08. Вільно спілкуватися

Р09. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефахівцям, аргументувати власну позицію.

Р10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.

Р11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

Р12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

Р13. Оцінювати фінансові, матеріальні та інші витрати, пов’язані з реалізацією проектів у сфері прикладної фізики, соціальні, екологічні та інші потенційні наслідки реалізації проектів.

## 2. Тематичний план навчальної дисципліни

*Розділ 1. Тепло. Поширення тепла*

**Тема 1**.*Тепло*. Форми поширення тепла. Теплопровідність. Конвекція. Випромінювання.

**Тема 2**. *Параметри.* Коефіцієнт теплопровідності. Закон Фурє. Теплоємність. Закон Дебая. Закон Дюлонга і Пті.

**Тема 3**. *Теплове випромінювання*. Закон Стефана-Больцмана. Закони Віна. Теплообмін при невисоких температурах.

**Тема 4**. *Коефіцієнт температуропровідності*. Броуновський рух. Формула Ейнштейна-Смолуховського. Моделювання процесу.

**Тема 5**. *Рівняння теплового балансу.* Нагрівання і охолодження тіла. Теплова постійна часу.

*Розділ 2. Математичне моделювання теплових процесів*

**Тема 6**. *Процеси в теплових приймачах випромінювання*. Чутливість, інерційність. Піроелектричний приймач.

**Тема 7**. *Диференціальне рівняння теплопровідності*. Тепловий потік. Початкові і граничні умови.

**Тема 8**. *Напівнескінченне тіло*. Постійний потік тепла.

**Тема 9**. *Напівнескінченне тіло*. Змінний потік тепла.

**Тема 10**. *Напівнескінченне тіло*. Теплові режими з загостренням.

**Тема 11**. *Пластина*. Постійний потік тепла. Імпульс випромінювання.

**Тема 12**. *Зворотні задачі теплопровідності*. Пластина – приймач імпульсного

випромінювання.

**Тема 13**. *Зворотні задачі теплопровідності*. Нагрівання стрижня і полоси. Вимірювання профіля пучка випромінювання.

**Тема 14**. *Температура*. Вимірювання температури. Термодатчики – термопари, напівпровідникові термоелементи, болометри, термістори. Ефект Зеєбека. Ефект Пельтьє.

**Тема 15**. *Тепловізори*. Принцип дії. Будова.

**Тема 16**. *Тепловізори*. Принцип дії. Застосування для вимірювання температури нагрітого тіла і його теплових параметрів.

## 3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | л | п | лаб. | інд. | с. р. | | л | п | лаб. | інд. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| *Розділ 1. Тепло. Поширення тепла* | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 2 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 3 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 4 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 5 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| **Разом за розділом 1** | **45** | **10** | | **15** | | **20** | | | | | | |
| *Розділ 2. Математичне моделювання теплових процесів* | | | | | | | | | | | | |
| Тема 6 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 7 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 8 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 9 | 8 | 2 | | 3 | | 3 | | | | | | |
| Тема 10 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 11 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 12 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 13 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 14 | 9 | 2 | | 3 | | 4 | | | | | | |
| Тема 15 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| Тема 16 | 10 | 2 | | 3 | | 5 | | | | | | |
| **Разом за розділом 2** | **105** | **22** | | **33** | | **50** | | | | | | |
| **Усього годин** | **150** | **32** | | **48** | | **70** | | | | | | |

## 4. Теми лабораторних занять

| №з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|---|
| 1 | Моделювання процесів теплопередачі | 3 |
| 2 | Визначення теплопровідності і теплоємності | 3 |
| 3 | Моделювання процесів при випромінюванні тепла | 3 |
| 4 | Моделювання броунівського руху частинок | 3 |
| 5 | Рівняння теплового балансу. Моделі процесів | 3 |
| 6 | Вимірювання імпульсів випромінювання піроелектричним приймачем | 3 |
| 7 | Моделі теплових процесів на границях тіла | 3 |
| 8 | Теплові процеси в напівнескінченному тілі | 3 |
| 9 | Поширення тепла в грунті | 3 |
| 10 | Моделі теплових процесів з загостренням | 3 |
| 11 | Моделювання в імпульсному приймачі випромінювання | 3 |
| 12 | Вимірювання імпульсу випромінювання | 3 |

| | | |
|---|---|---|
| 13 | Дослідження теплового приймача для вимірювання профілю пучка випромінювання | 3 |
| 14 | Вимірювання теплових параметрів речовини | 3 |
| 15 | Датчики температури | 3 |
| 16 | Вивчення тепловізора | 3 |
| | **Усього** | **48** |

## 5. Завдання для самостійної робота

| Назва теми | Кількість годин |
|---|---|
| **Тема 1**.*Тепло*. Форми поширення тепла. Теплопровідність. Конвекція. Випромінювання. | 4 |
| **Тема 2**. *Параметри.* Коефіцієнт теплопровідності. Закон Фурє. Теплоємність. Закон Дебая. Закон Дюлонга і Пті. | 4 |
| **Тема 3**. *Теплове випромінювання*. Закон Стефана-Больцмана. Закони Віна. Теплообмін при невисоких температурах. | 4 |
| **Тема 4**. *Коефіцієнт температуропровідності*. Броуновський рух. Формула Ейнштейна-Смолуховського. Моделювання процесу. | 4 |
| **Тема 5**. *Рівняння теплового балансу.* Нагрівання і охолодження тіла. Теплова постійна часу. | 4 |
| **Тема 6**. *Процеси в теплових приймачах випромінювання*. Чутливість, інерційність. Піроелектричний приймач. | 4 |
| **Тема 7**. *Диференціальне рівняння теплопровідності*. Тепловий потік. Початкові і граничні умови. | 5 |
| **Тема 8**. *Напівнескінченне тіло*. Постійний потік тепла. | 5 |
| **Тема 9**. *Напівнескінченне тіло*. Змінний потік тепла. | 3 |
| **Тема 10**. *Напівнескінченне тіло*. Теплові режими з загостренням. | 5 |
| **Тема 11**. *Пластина*. Постійний потік тепла. Імпульс випромінювання. | 5 |
| **Тема 12**. *Зворотні задачі теплопровідності*. Пластина – приймач імпульсного випромінювання. | 5 |
| **Тема 13**. *Зворотні задачі теплопровідності*. Нагрівання стрижня і полоси. Вимірювання профіля пучка випромінювання. | 5 |
| **Тема 14**. *Зворот ні задачі теплопровідності*. Нагрівання стрижня і полоси. Вимірювання теплопровідності і температуропровідності. | 4 |
| **Тема 15**. *Температура*. Вимірювання температури. Термодатчики – термопари, напівпровідникові термоелементи, болометри, термістори. Ефект Зеєбека. Ефект Пельтьє. | 4 |
| **Тема 16**. Тепловізори. | 5 |
| **Усього** | **70** |

## 6. Індивідуальні завдання

Не передбачено

## 7. Методи навчання

Лекції викладаються методом проблемного викладення. Використовуючи різні джерела інформації і засоби донесення інформації до слухачів, лектор ставить проблему, формулює завдання, а потім, показує спосіб розв'язання поставленої завдачі. Студенти стають ніби свідками і співучасниками наукового пошуку. Лабораторні заняття ведуться дослідницькими методами.

## 8. Методи контролю

Навчальна програма дисципліни «Моделювання теплових процесів» відповідає нормативним документам, які рекомендовані Міністерством освіти і науки України як навчальна

програма для студентів фізичного профілю вищих навчальних закладів. Навчальна дисципліна «Моделювання теплових процесів» є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо–кваліфікаційного рівня «бакалавр».

Зміст програми, об’єм учбових питань дисципліни «Моделювання теплових процесів» визначаються потребою загальнонаукової, загально-інженерної та технічної підготовки.

Вивчення дисципліни «Моделювання теплових процесів» передбачає наявність лекцій і виконання лабораторних робіт. Підсумковий контроль знань здійснюється на заліку.

На лекціях викладається теоретичний матеріал, який ілюструється прикладами і задачами за профілем підготовки фахівців з прикладної фізики та наноматеріалів. Викладання лекційного матеріалу має закінчений характер, здійснюється у доступній і наочній формі, містить проблемні ситуації.

Основною метою лабораторних занять є розвиток навичок практичного застосування і закріплення теоретичного матеріалу. При вирішенні задач рекомендується користуватися стандартними прийомами і методиками. На кожному занятті частину учбового часу доцільно використовувати для самостійного розв’язку задач, контролюючи при цьому правильність обраного методу і ходу рішення.

Важливим фактором засвоєння курсу «Моделювання теплових процесів» і оволодіння необхідними методами є самостійна робота студентів. Для самостійної обробки розділів і тем дисципліни пропонуються лабораторні роботи, при перевірці виконання яких здійснюється контроль за рівнем засвоєння матеріалу.

На всіх заняттях підкреслюється роль і значення предмету на конкретних прикладах і задачах прикладного характеру, висвітлюється її зв’язок з іншими дисциплінами і майбутньою професією.

## 9. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота | | | | | | | | | | | | | | | | КР 1 | Сума |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Розділ 1 | | | | | | Розділ 2 | | | | | | | | | | | |
| Т1 | Т2 | Т3 | Т4 | Т5 | Т6 | Т7 | Т8 | Т9 | Т10 | Т11 | Т12 | Т13 | Т14 | Т15 | Т16 | 10 | 100 |
| 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | | |

Т1, Т2 ... – теми розділів.

## 10. Критерії оцінювання навчальних досягнень

Мінімальний підсумковий бал складає 50 балів, максимальний – 100 балів

Загальна максимальна бальна оцінка за екзамен складає 40 балів. Мінімальний підсумковий бал складає 50 балів, а максимальний – 100 балів. Підсумкова оцінка визначається шляхом переводу підсумкового балу з дисципліни у традиційну академічну оцінку національної шкали ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно" за шкалою:

— **“відмінно"** (90 та вище балів) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмного матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії;

— **“добре"** (80-89 балів) заслуговує студент, який виявив повне знання програмного матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до самостійного доповнення, але під час відповіді допустив деякі неточності;

— **"добре"** (70-79 балів) заслуговує студент, який виявив не цілком повне знання програмного матеріалу, не завжди успішно виконує передбачені програмою завдання, частково засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив несистематичний характер знань з дисциплін і не завжди здатний до їх самостійного доповнення, а під час відповіді допускає деякі неточності;

— **"задовільно"** (60-69 балів) заслуговує студент, який виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною

рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “**задовільно**” виставляється студентам, які допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача;

— **"задовільно"** (50-59 балів) заслуговує студент, який виявив часткове знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, не завжди вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий лише частково з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “**задовільно**" виставляється студентам, які допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які частково володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

— **"незадовільно"** (40-49 балів) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмного матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

— **"незадовільно"** (1-39 балів) виставляється студенту коли протягом семестру він допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

При виставленні оцінки можуть враховуватися результати навчальної роботи студента протягом семестру.

Передбачаються бали за:

- поточне виконання лабораторних робіт – 48;
- поточний лекційний контроль – 16;
- самостійна робота – 24;
- КР – 10.
-

## 11. Шкала оцінювання

| ума балів за всі види навчальноїдіяльності протягом семестру | Оцінка | |
|---|---|---|
| | для екзамену | для заліку |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

## 12. Рекомендоване методичне забезпечення

### Основна література


1. Математичне моделювання у фізиці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / А.В.Дегтярьов, М.Г. Кокодій, В.О. Маслов, В.А. Свіч. – Х.: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2011. – 388 с.
2. А.М. Кундрат, М.М. Кундрат. Науково-технічні обчислення засобами MATHCAD та MS EXEL. Рівне, 2014. – 252 с.


### Допоміжна література


3. Ф., Чередніков О. М.,. Трейтяк В. В. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ. Навчальний посібник. Київ, 408 с.


## 10. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

https://nmetau.edu.ua/ua/mdiv/i2001/p2455