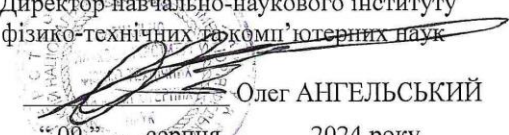


Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
Навчально-науковий інститут фізико - технічних та комп'ютерних наук
Кафедра термоелектрики та медичної фізики

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

Олег АНГЕЛЬСЬКИЙ
“09” серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

Теплофізика

(вибіркова)

Освітньо-професійна програма Прикладна фізика та наноматеріали

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Рівень вищої освіти Перший (бакалаврський)

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

Мова навчання Українська

Чернівці 2024 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Теплофізика» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали» підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 105 Прикладна фізика та наноматеріали галузі знань 10 Природничі науки, затвердженої Вченою радою Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича (Протокол № 6 від «26» травня 2022 року).

Розробник:

Черкез Радіон Георгійович, професор, доктор фізико-математичних наук, професор.

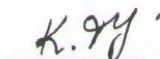
Викладач:

Черкез Радіон Георгійович, професор, доктор фізико-математичних наук, професор.

Погоджено з гарантом ОП і затверджено на засіданні кафедри термоелектрики та медичної фізики ННІФТКН ЧНУ імені Юрія Федьковича

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

В.о. завідувача кафедри

 Кобилянський Р.Р.

Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН

 Козарський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни:

формування у студентів знань і умінь, щодо сучасних методів перетворення, передачі та використання теплової енергії в термоелектриці, інтенсифікації (гальмування) процесів теплообміну при створенні термоелектричних модулів, застосування теплової енергії в термоелектричних генераторах та охолоджувачах, вимірювальній техніці.

Пререквізити.

Для ефективного засвоєння даної дисципліни будуть корисні знання, отримані студентом з матеріалів курсів, передбачених ОПП першого (бакалаврського) рівня вищої освіти : «Фундаментальні засади прикладної фізики», «Молекулярна фізика», «Механіка». У подальшому знання дисципліни будуть корисні для якісного засвоєння матеріалу з курсу «ППВ13 Комп'ютерне проектування перетворювачів енергії» , «ППВ15 Комп'ютерне проектування теплових насосів, енергетичних та інформаційних систем», «ППО2 Термоелектричні системи охолодження».

Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми, вивчення дисципліни «Теплофізика» сприяє формуванню у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК)

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.
- ЗК8. Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК9. Здатність працювати автономно.

Фахові компетентності (ФК)

- ФК1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.
- ФК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.
- ФК4. Здатність брати участь у впровадженні результатів досліджень та розробок.
- ФК5. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій.
- ФК6. Здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

Знати та розуміти: основні термодинамічні явища і основні закони термодинаміки і теплопередачі; основні величини, константи і критерії теплофізики, їх визначення, зміст, способи і одиниці вимірювання; новітні досягнення у області, що вивчається і їх застосування до термоелектрики; закономірності побудови пристроїв і прилади, які використовуються в технології напівпровідникових матеріалів, вимірювальній техніці та основні поняття та закони теплообміну.

вміти: абстрагуватись від несуттєвого при моделюванні реальних фізичних ситуацій; користуватись своїми знаннями для вирішення фундаментальних, прикладних і технологічних завдань; робити правильні висновки зі співставлення результатів теорії і експерименту; виконувати числові оцінки по порядку величини; робити якісні висновки при переході до граничних умов при вивченні проблем теплофізики;

володіти: основними законами теплообміну та їх використання для опиу термоелектричних систем .

Вивчення даної навчальної дисципліни забезпечує досягнення здобувачем наступних **програмних результатів навчання за спеціальністю (РН):**

РН1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.

РН5. Вибирати ефективні методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики.

РН6. Відшукувати необхідну науково-технічну інформацію в науковій літературі, електронних базах, інших джерелах, оцінювати надійність та релевантність інформації.

РН10. Планувати й організовувати результативну професійну діяльність індивідуально і як член команди при розробці та реалізації наукових і прикладних проєктів.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни

Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни Прикладна електрофізика												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістовних модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	2	3	3	90	2	30	15	-	-	45	-	Залік

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	всього го	у тому числі				
		л	пр.	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Теми занять	Змістовий модуль 1. Молекулярна фізика і термодинаміка					
Тема 1.Основні поняття МКТ.	8	4	2	-		2

Тема 2. Основні поняття термодинаміки	8	2	2	-		4
Тема 3. Перший закон термодинаміки Внутрішня енергія. Робота розширення. Теплота Ізотермічний, ізохорний, ізобарний і адіабатний процеси, як окремі випадки політропного процесу Теплоємність газів. Ентальпія Фізичний зміст першого закону термодинаміки	12	6	2	-		4
Тема 4. Другий закон термодинаміки Ентропія. Загальне формулювання другого закону термодинаміки Прямий і зворотний цикл Карно. Регенеративний цикл Карно	9	2	2	-		5
Тема 5. Основні термодинамічні процеси в газах і парах Узагальнене рівняння газових процесів (рівняння політропного процесу)	14	2	2	-		10
Разом за ЗМ1	51	16	10	-		25
Теми занять	Змістовий модуль 2. Теплообмін					
Тема 6. Теплопровідність	9	4	1			4
Тема 7. Конвективний теплообмін	12	4	2			6
Тема 8. Променистий теплообмін	10	4	2			4
Тема 9. Експериментальні методи досліджень теплопровідності	8	2				6
Разом за ЗМ2	39	14	5			20
Усього годин	90	30	15	-		45

6.2.1. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми
1	Основні газові закони
2	Робота ідеального газу в ізопроцесах. Кількість теплоти. Перше начало термодинаміки

3	Кругові процеси. Термічний ККД. Цикл Карно. Друге начало термодинаміки
4	Ентропія.
5	Теплопровідність. Розв'язання задач стаціонарної теплопровідності
6	Конвективний теплообмін. Розв'язання задач конвективного теплообміну
7	Променистий теплообмін. Розв'язання задач радіаційного теплообміну
8	Контрольна робота

6.2.2. Тематика індивідуальних занять

№ з/п	Назва теми
1	Класичні методи розв'язання диференційного рівняння теплопровідності;
2	Розв'язання диференційного рівняння теплопровідності методами інтегральних перетворень;
3	Моделювання явищ теплопровідності

6.2.3. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми
1	Опрацювання лекційного матеріалу (0,25 год. на 1 год. лекційних занять)
2	Підготовка до практичних занять (0,5 год. на 1 год. практичних занять)
3	Опрацювання питань програми, які не викладалися на лекціях (4 год. на 1 год. в лекційному викладі): теорія подібності;
4	Класичні методи розв'язання диференційного рівняння теплопровідності;
5	Розв'язання диференційного рівняння теплопровідності методами інтегральних перетворень;
6	Моделювання явищ теплопровідності
8	Теорія подібності як інструмент при теоретичному і експериментальному дослідження процесів теплообміну.

	Теплопровідність вздовж стрижня (ребра) постійного перерізу 1. Теплопровідність пластини і циліндра з внутрішнім джерелом тепла. 2. Основні положення конвективного теплообміну. 3. Тепловіддача при вільній конвекції. 4. Тепловіддача при вимушеному повздовжньому обтіканні пластини. 5. Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра. 6. Тепловіддача при вимушеному обтіканні в трубах. 7. Рідинні теплообмінники . 8. Повітряні теплообмінники.
--	---

Контроль виконання завдань, винесених на самостійне опрацювання проводиться 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 студентів передбачає: конспектування лекційного матеріалу; вивчення теоретичного матеріалу лекційних занять та опрацювання літературних джерел, рекомендованих цією програмою; проведення розрахунків та підготовку звітів з практичних та лабораторних робіт.

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, лабораторні заняття, 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, виконання та захист практичних робіт;
- *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 студентів;
- виконання тестових завдань з метою перевірки рівня засвоєння теоретичного матеріалу за навчальними темами;
- усна відповідь студента при здачі лабораторної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи.

Зазначені форми контролю на лекційних та лабораторних заняттях є обов'язковими для всіх студентів.

Форма підсумкового контролю – залік.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

Критерії оцінювання навчальних досягнень студентів за результатами поточного контролю

Критеріями оцінювання навчальних досягнень студентів 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 студенти за модулі

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)		Практична робота	Кількість балів (залік)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2	Змістовий модуль № 3		
T1,T2	T1,T2	T1,T2,T3		
20	20	30	40	100

T1,T2, T3,T4,T5,T6 – теми змістових модулів.

Критерії підсумкового оцінювання результатів навчання студентів з навчальної дисципліни

Критерієм підсумкового оцінювання є досягнення студентом певних знань передбаченим результатом навчання, коли студент опанував теоретичними знаннями навчальної дисципліни та практикум.

На екзамен виносяться питання теоретичних знань і практичних навиків студентів з навчальної дисципліни. Екзаменаційні білети містять два теоретичних питання.

Теоретичні питання (пункт 1 і 2 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 15 за наступними критеріями:

- ◆ **13-15 балів:** коли студентом дані правильні вичерпні відповіді на всі поставлені запитання, уміло застосовані теоретичні знання, висвітлені питання не за завченою схемою, а своїми словами, з глибоким розумінням всіх основних процесів і явищ електромагнетизму у природі і вимірювальних пристроях.
- ◆ **9-12 балів:** коли студентом дані правильні відповіді на всі поставлені запитання, але відповіді не зовсім повні, в окремих випадках допущені незначні неточності у

формулюванні закономірностей чи у записах аналітичних виразів, окремі моменти не дістали належного з'ясування.

◆ **6-8 балів:** коли відповідь студента правильна і становить більше половини матеріалу, що містять питання згідно програми, але присутні істотні помилки у поясненні основних явищ електромагнетизму.

◆ **0-5 балів:** коли не дано правильні відповіді на поставлені запитання, або відповіді надто поверхові, непослідовні і неточні, виявляють незнання студентом програмного матеріалу, містять грубі помилки, що свідчить про нерозуміння основних понять та явищ електромагнетизму.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Рейтингова оцінка з дисципліни	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	Залік за національною шкалою
90-100	A	5 (відмінно)	Зараховано
80-89	B	4 (добре)	
70-79	C	4 (добре)	
60-69	D	3 (задовільно)	
50-59	E	3 (задовільно)	
35-49	Fx	2 (незадовільно) з можливістю повторного складання	Не зараховано
1-34	F	2 (незадовільно) з обов'язковим самостійним повторним опрацюванням освітнього компонента до перескладання	

Критерії підсумкової оцінки як показника результатів вивчення навчальної дисципліни

Згідно шкали ЄКТС загальна кількість балів, яку студент може отримати у процесі вивчення дисципліни, становить 100 балів, з яких 60 балів студент набирає при поточних видах контролю і 40 балів – у процесі підсумкового контролю (екзамен).

Таким чином знання студентів оцінюється як з теоретичної, так і з практичної підготовки за такими критеріями:

«A» 90-100 балів ставиться у разі, якщо студент:	– постійно готувався до занять та згідно з програмою дисципліни; – глибоко та всебічно розкривав зміст питань; – показав уміння формулювати висновки, узагальнювати та аналізувати навчальний матеріал; – показав уміння вільно виконувати завдання; – переконливо та логічно викладав матеріал, проявляв творчий підхід до виконання практичних завдань та підготовки до лабораторних робіт; – належним чином виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю або допускав при усних
---	---

	відповідях та тестуванні окремі незначні неточності.
«В» 80-89 балів ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – робив узагальнення та висновки з окремих питань; – виконав усі лабораторні роботи; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але недостатньо використовував додаткову літературу; – при усних відповідях не досить повно і аргументовано викладав матеріал, а при тестуванні мали місце окремі неточності; – не проявив творчий підхід до виконання індивідуальних завдань та наукових повідомлень.
«С» 70-79 балів ставиться у разі, якщо студент:	– розкривав згідно з програмою дисципліни зміст питань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності при усних відповідях, тестуванні; – не проявляв належної активності на лекційних та лабораторних заняттях, недостатньо використовував додаткову літературу; неохайно виконував завдання лабораторних робіт.
«D» 60-69 ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – формулював висновки з окремих питань; – виконував завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав окремі неточності; – не проявляв належної активності на лабораторних заняттях та старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – виконав не всі завдання для самостійної роботи, або не виконав хоча б одну лабораторну роботу.
«E» 50-59 балів ставиться у разі, якщо студент:	– відповідав на окремі питання, які обговорювалися; – виконував окремі завдання для самостійної роботи; – виконав завдання модульного контролю, але допускав неточності при усних відповідях (будуючи свою відповідь на звичайному повторенні навчального матеріалу без його осмислення), тестуванні; – не проявляв належної активності на лабораторних заняттях, старанності при виконанні завдань для самостійної роботи; – недостатньо використовував основну та додаткову літературу; – виконав не всі лабораторні роботи; – не належним чином виконував індивідуальні завдання.
«Fx» 35-49 балів ставиться у разі, якщо студент:	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – частково виконав завдання для самостійної роботи; – допускав принципові помилки під час виконання завдань; – не виконував лабораторні роботи; – не виконав завдання модульного контролю.
«F» 1-34 балів ставиться у разі, якщо студент:	– поверхнево розкривав зміст питань, які розглядалися; – допускав суттєві помилки при усних та письмових відповідях, тестуванні; – поверхнево ознайомився з рекомендованою літературою; – не виконав завдання для самостійної роботи; – не виконував лабораторні роботи; – на підсумковому занятті не вміє відтворити зміст окремих питань, передбачених програмою дисципліни; – не виконав завдання модульного контролю.

Перелік питань для самоконтролю та контролю навчальних досягнень студентів з навчальної дисципліни

Питання для поточного контролю

Модуль 1

1. Основні поняття МКТ.
2. Основні поняття термодинаміки
3. Перший закон термодинаміки
4. Внутрішня енергія. Робота розширення. Теплота
5. Ізотермічний, ізохорний, ізобарний і адіабатний процеси, як окремі випадки політропного процесу
6. Теплоємність газів. Ентальпія
7. Фізичний зміст першого закону термодинаміки
8. Другий закон термодинаміки
9. Ентропія. Загальне формулювання другого закону термодинаміки
10. Прямий і зворотний цикл Карно. Регенеративний цикл Карно
11. Основні термодинамічні процеси в газах і парах
12. Узагальнене рівняння газових процесів (рівняння політропного процесу)

Модуль 2

9. Теплопровідність
10. Конвективний теплообмін
11. Променистий теплообмін
12. Експериментальні методи досліджень теплопровідності
13. Теплообмін через випромінювання.
14. Тепловіддача і масовіддача.
15. Теорія подібності як інструмент при теоретичному і експериментальному дослідження процесів теплообміну.
16. Теплопровідність вздовж стрижня (ребра) постійного перерізу.
17. Теплопровідність пластини і циліндра з внутрішнім джерелом тепла.
18. Основні положення конвективного теплообміну.
19. Тепловіддача при вільній конвекції.
20. Тепловіддача при вимушеному повздовжньому обтіканні пластини.
21. Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра.
22. Тепловіддача при вимушеному обтіканні в трубах.
23. Рідинні теплообмінники .

24. Повітряні теплообмінники.

Питання для підсумкового контролю

1. Характеристика змінного струму, його відмінність від постійного струму.
2. Фізичний зміст фази змінного струму.
3. Принцип одержання синусоїдальної ЕРС.
4. Метод векторних діаграм.
5. Залежність кута зсуву фаз між струмом і напругою в колі з послідовним включенням R, L, C .
6. Резонанс напруг.
7. Резонанс струмів.
8. Спосіб підвищення коефіцієнта потужності.
9. Провідність і розрахунок електричних кіл.
10. Символічний метод.
11. Принцип будови трифазної системи.
12. З'єднання зіркою.
13. З'єднання трикутником.
14. Потужність трифазної системи.
15. Класифікація машин змінного струму. Асинхронний двигун.
16. Однофазні асинхронні двигуни.
17. Будова і принцип роботи синхронних двигунів.
18. ЕРС синхронного генератора.
19. Спрощена векторна діаграма синхронного генератора.
20. Принцип роботи і будова електромагнітів.
21. Стабілізатори струму.
22. Машини змінного струму.
23. Трансформатори. Принцип дії і роботи трансформатора.
24. Холостий режим трансформатора.
25. Навантажений режим роботи трансформатора.
26. Трифазні трансформатори.
27. Автотрансформатор.
28. Вимірні трансформатори.

29. Застосування термопар у вимірювальній техніці в технологічних процесах.
30. Машини постійного струму. Принцип будови і роботи.
31. Типи обмоток якоря.
32. ЕРС і електромагнітний момент генератора постійного струму.
33. Зворотність машин постійного струму.
34. Двигуни постійного струму з перетворювачами постійного струму у змінний.
35. Закони теплопереносу.
36. Теплопровідність.
37. Конвективний теплообмін.
38. Теплообмін через випромінювання.
39. Тепловіддача і масовіддача.
40. Теорія подібності як інструмент при теоретичному і експериментальному дослідження процесів теплообміну.
41. Теплопровідність вздовж стрижня (ребра) постійного перерізу.
42. Теплопровідність пластини і циліндра з внутрішнім джерелом тепла.
43. Основні положення конвективного теплообміну.
44. Тепловіддача при вільній конвекції.
45. Тепловіддача при вимушеному повздовжньому обтіканні пластини.
46. Тепловіддача при вимушеному поперечному обтіканні циліндра.

Зарахування результатів неформальної освіти

Відповідно до «Положення про взаємодію формальної та неформальної освіти, визнання результатів навчання (здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти, в системі формальної освіти) у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича (протокол № 109 від 28 березня 2022 року) (<https://www.chnu.edu.ua/media/3aykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiiu-formalnoi-ta-neformalnoi-osvity.pdf>) 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 література

1. Приходько М.А., Герасимов Г.Г. Термодинаміка та теплопередача. Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 250 с.
2. Баскаков О.П. Основи теплотехніки: Підручник. - Київ: Вища школа, - 1995. - 463 с.
3. Теплотехніка: підручник для студ. вищих техн. навч. закл. / Б. Х. Драганов [та ін.]; За ред. Б. Х. Драганова. — К. : ІНКІС, 2005. — 504 с.

Допоміжна

1. Швець І. Т., Кіраковський Н. Ф. Загальна теплотехніка та теплові двигуни. — К.: Вища школа, 1977. — 269 с.

Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека НУВГП. URL: <http://lib.nuwm.edu.ua>
 2. Бібліотека теплотехніка. URL: <http://www.teplota.org.ua>
 3. <https://webbook.nist.gov>
 4. <http://posibnyky.vntu.edu.ua/tep/2.htm>
- <https://uk.wikipedia.org/wiki/> – довідкова інтернет бібліотека .

.