

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

Комп'ютерне проектування перетворювачів енергії

(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 **«Комп'ютерне проектування перетворювачів енергії»** 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:

Прибила Андрій Вікторович, асистент, кандидат фізико-математичних наук.

Викладач:

Прибила Андрій Вікторович, асистент, кандидат фізико-математичних наук.

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

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

В.о. завідувача кафедри

К.гу Кобилянський Р.Р.

Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН

[Підпис] Козярський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни: формування у студентів системи базових знань по фізичних основах термоелектричних перетворювачів енергії, принципів їх комп'ютерного моделювання, конструювання та оптимізації.

Пререквізити. Для ефективного засвоєння даної дисципліни будуть корисні знання, отримані студентом з матеріалів курсів «Електрика та магнетизм», «Методи математичної фізики» та «Теплофізика». У подальшому знання дисципліни будуть корисні для якісного засвоєння матеріалу з курсу «Термоелектричні системи охолодження».

Основні завдання дисципліни є вивчення студентами основних положень теорії термоелектрики, термоелектричних явищ у застосуванні до проектування перетворювачів, основних розрахункових співвідношень параметрів перетворювачів для різних режимів їх роботи; засвоєння принципів роботи таких приладів, їх основних характеристик та галузей застосування; вміння застосувати отримані знання при створенні термоелектричних перетворювачів різноманітного призначення; володіння знаннями про основні методи та комп'ютерні засоби для проектування перетворювачів.

Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», вивчення дисципліни «Комп'ютерне проектування перетворювачів енергії» сприяє формуванню у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких **компетентностей**:

Інтегральна компетентність (ІК):

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії й характеризується комплексністю та невизначеністю умов

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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.

ФК3. Здатність брати участь у виготовленні експериментальних зразків, інших об'єктів дослідження.

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.

ФК7. Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності.

Фахові компетентності спеціальності (ФКС)

ФКС1. Знати загальні принципи дії термоелектричних пристроїв та апаратури. Здатність аналізувати особливості теплових процесів у різних термоелектричних пристроях. Опанувати теоретичні та практичні навички комп'ютерного моделювання функціональних матеріалів, перетворювачів енергії, теплових насосів, інформаційних та енергетичних систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен **знати**:

- основні фізичні явища та ефекти, що мають місце у термоелектричних перетворювачах енергії, основні електричні та енергетичні характеристики таких перетворювачів, сфери використання та можливості вдосконалення;
- класифікацію термоелектричних перетворювачів енергії;
- основні властивості термоелектричних матеріалів для перетворювачів енергії;

- конструктивні схеми термоелектричних перетворювачів;
- комп'ютерні методи та засоби проектування і оптимізації термоелектричних перетворювачів енергії;

вміти:

- створювати фізичні моделі термоелектричних перетворювачів енергії для конкретних завдань використання;
- проводити оцінку основних характеристик термоелектричних перетворювачів на основі спрощених моделей;
- створювати математичні та комп'ютерні моделі термоелектричних перетворювачів на основі розширених комп'ютерних моделей;
- володіти комп'ютерними засобами для реалізації багатопараметричної оптимізації конструкції термоелектричного перетворювача енергії.

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

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

РН2. Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.

РН3. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики.

РН4. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.

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

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

РН7. Класифікувати, аналізувати та інтерпретувати науково-технічну інформацію в галузі прикладної фізики

РН9. Презентувати результати досліджень і розробок фахівцям і нефаківцям, аргументувати власну позицію.

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

РН11. Знати цілі сталого розвитку та можливості своєї професійної сфери для їх досягнення, в тому числі в Україні.

РН12. Розуміти закономірності розвитку прикладної фізики, її місце в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем.

Програмні результати навчання за спеціальністю (ПРН):

ПРН2. Знати методи та засоби проектування оптимальних властивостей термоелектричних матеріалів та пристроїв на їх основі.

ПРН3. Мати теоретичні та практичні навички комп'ютерного моделювання функціональних матеріалів, перетворювачів енергії, теплових насосів, інформаційних та енергетичних систем.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни

Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни «Комп'ютерне проектування перетворювачів енергії»												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	Змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	1	2	4	120	2	30	15		15	60		екзамен

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. Теоретичні основи термоелектричного перетворення енергії						
Тема 1. Історія розвитку та перспективи застосування термоелектричних перетворювачів енергії. Класифікація термоелектричних перетворювачів.	13	2	-	5	-	6
Тема 2. Фізичні основи термоелектричного перетворення енергії. Основні термоелектричні ефекти.	13	2	-	5	-	6
Тема 3. Основні електричні та енергетичні характеристики термоелектричних перетворювачів. Шляхи досягнення їх екстремальних характеристик.	13	2	-	5	-	6
Разом за ЗМ1	39	6	-	15	-	18
Змістовий модуль 2. Комп'ютерне проектування та оптимізація термоелектричних перетворювачів енергії						
Тема 4. Історія розвитку чисельних методів. Сучасні комп'ютерні методи комп'ютерного проектування	13	2	-	5	-	6
Тема 5. Фізичні моделі термоелектричних перетворювачів енергії. Їх комп'ютерне представлення.	13	2	-	5	-	6
Тема 6. Загальна комп'ютерна модель термоелектричного перетворювача енергії.	13	2	-	5	-	6
Тема 7. Розгляд часткових випадків загальної моделі термоелектричного перетворювача – генератор, охолоджувач, нагрівач, вимірювач.	12	3	-	-	-	9
Разом за ЗМ 2	51	9		15		27
Усього годин	90	15		30		45

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми лекції
1.	Історія розвитку та перспективи застосування термоелектричних перетворювачів енергії. Класифікація термоелектричних перетворювачів.
2.	Фізичні основи термоелектричного перетворення енергії. Основні термоелектричні ефекти.
3.	Основні електричні та енергетичні характеристики термоелектричних перетворювачів. Шляхи досягнення їх екстремальних характеристик.

4.	Історія розвитку чисельних методів. Сучасні комп'ютерні методи комп'ютерного проектування
5.	Фізичні моделі термоелектричних перетворювачів енергії. Їх комп'ютерне представлення.
6.	Загальна комп'ютерна модель термоелектричного перетворювача енергії.
7.	Розгляд часткових випадків загальної моделі термоелектричного перетворювача – генератор, охолоджувач, нагрівач, вимірювач.

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1	Вступне заняття. Ознайомлення з лабораторією. Проходження інструктажу з безпеки життєдіяльності.
2	Ознайомлення з пакетом прикладних комп'ютерних програм Comsol Multiphysics на прикладі модуля Heat Transfer.
3	Розрахунок генераторного термоелемента в пакеті прикладних комп'ютерних програм Comsol Multiphysics.
4	Розрахунок термоелемента охолодження в пакеті прикладних комп'ютерних програм Comsol Multiphysics.
5	Моделювання повітряного радіатора в Comsol Multiphysics.

Контроль виконання завдань, винесених на підготовку та виконання лабораторних занять, виконання необхідних розрахунків проводиться в рамках модульного контролю, переглядом звітів з виконання лабораторних робіт та самим захистом студентами лабораторних робіт. Бали за цю роботу входять у загальну кількість балів за діяльність – захист лабораторних робіт. Цикл лабораторних робіт складається з 5 повноцінних лабораторних робіт. Кожна лабораторна робота оцінюється в 4 бали: 2 бали за виконання роботи і 2 бали за захист. У сумі 20.

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Завдання для самостійної роботи (види роботи)
1	Розглянути застосування COMSOL Multiphysics для визначення параметрів оптимальної конструкції перетворювачів.
2	Використання теорії оптимального керування для проектування неоднорідних перетворювачів.
3	Основи термодинаміки необоротних процесів.
4	Основні аспекти вибору матеріалів.
5	Алгоритм проектування на основі матеріалів з оптимальними характеристиками.
6	1.Опис методів розв'язку звичайних диференціальних рівнянь.
7	Інформативність вихрових термоелектричних сенсорів
8	Особливості використання сучасних пакетів прикладних комп'ютерних програм для моделювання термоелектричних сенсорів
9	Основи інформаційно-енергетичної теорії, аспекти розвитку.
10	Основи роботи в пакетах прикладних комп'ютерних програм (Mathcad, Maple, Femlab).
11	Описати роль граничних умов у задачах оптимізації.
12	Врахування контактних опорів при моделюванні термоелектричних перетворювачів
13	Сучасні комп'ютерні засоби розрахунку і проектування термоелектричних приладів.
14	Методи теорії оптимального керування для проектування термоелектричних приладів.
15	Теорія тепломасообміну у застосуванні до підвищення якості термоелектричних приладів. Сучасні системи тепломасообміну. Теплові труби.
16	Проектування термоелектричних приладів в програмі ANSYS.
17	Проектування термоелектричних приладів в програмі Comsol Multiphysics.
18	Галузі практичного використання термоелектричних приладів.

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;

лабораторні заняття: метод проблемного підходу, дослідницький метод.

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 лабораторних;
- *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 (тестування та розв'язання навчально-професійних задач).

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)		Лабораторний практикум	Кількість балів (екзамен)	Сумарна к-ть балів
ЗМ №1	ЗМ №2			
T1-T3	T4-T7	T1-T7		
20	20	30	30	100

T1-T7 – теми змістових модулів, ЗМ – змістовний модуль.

Критерії підсумкового оцінювання результатів навчання студентів з навчальної дисципліни

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

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) кожне питання 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 70 балів студент набирає при поточних видах контролю і 30 балів – у процесі підсумкового контролю (екзамен).

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

«А» 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; – формулював висновки з окремих питань практичних занять; – брав участь у виконанні практичних завдань; – 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; – недостатньо використовував додаткову літературу, не належним чином виконав практичні завдання; – виконав не всі завдання для самостійної роботи, або не виконав хоча б одну лабораторну роботу.
«Е» 50-59 балів ставиться у разі,	– 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;

якщо студент:	– 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; – не проявляв активності на практичних заняттях; – 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 виконав практичне завдання; – 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

1. Описати постановку задачі проектування термоелектричних перетворювачів енергії в режимі максимального ККД.
2. Визначити цільову функцію для оптимізації термоелектричних перетворювачів.
3. Описати основні можливості COMSOL Multiphysics для моделювання перетворювачів.
4. Пояснити елементарний розрахунок перетворювача в режимі максимальної потужності.
5. Пояснити алгоритм розрахунку перетворювача в режимі максимальної потужності.
6. Порівняти режими роботи: максимального ККД та максимальної потужності.
7. Описати особливості моделювання в різних режимах.
8. Оцінити вплив параметрів конструкції на характеристики перетворювачів.
9. Пояснити застосування правила множників Лагранжа в моделюванні термоелектричних перетворювачів.
10. Розробити алгоритм врахування контактних опорів в проектуванні.
11. Пояснити, як можна використовувати COMSOL Multiphysics для моделювання впливу контактних опорів.
12. Описати врахування температурних залежностей матеріалів при моделюванні.
13. Розробити алгоритм моделювання з урахуванням температурних залежностей.
14. Оцінити вплив температурних градієнтів на роботу елементів.
15. Проаналізувати методи підвищення ефективності термоелектричних перетворювачів.
16. Розробити алгоритм підбору матеріалів.
17. Описати, як у COMSOL Multiphysics можна змодельовати вплив різних матеріалів на продуктивність.
18. Характеристика неоднорідних термоелементів.
19. Методика розрахунку температурних і електричних полів у неоднорідних термоелементах.
20. Розглянути можливості COMSOL для моделювання неоднорідних термоелементів.
21. Методи розрахунку температурних та електричних полів у неоднорідних середовищах.
22. Проаналізувати вплив необоротних процесів на ефективність.
23. Розробка алгоритму оптимізації неоднорідних термоелементів.

24. Пояснити методи покращення розподілу температурних полів у неоднорідних середовищах.
25. Характеристика проникних термоелементів.
26. Методи пошуку оптимальних властивостей проникних термоелементів.
27. Оцінити переваги COMSOL для дослідження проникних неоднорідних термоелементів.
28. Основні класи екстремальних задач у термоелектриці.
29. Опис методів розв'язання екстремальних задач.
30. Пояснити, як у COMSOL можна реалізувати задачі оптимізації для термоелектричних систем.
31. Проаналізувати вплив теплопровідності на ефективність.
32. Основи теплообмінних систем у термоелектриці.
33. Методи моделювання рідинних теплообмінників.
34. Описати особливості комп'ютерного моделювання теплообміну.
35. Опис типів рідинних теплообмінників.
36. Застосування теорії подібності для розрахунку рідинних теплообмінників.
37. Пояснити особливості застосування рідинних теплообмінників у системах.
38. Типи повітряних теплообмінників.
39. Метод теорії подібності для розрахунку повітряних теплообмінників.
40. Оцінити ефективність повітряних теплообмінників.
41. Опис термоелектричних систем теплообміну.
42. Використання теорії подібності для розрахунку термоелектричних теплообмінників.
43. Визначити оптимальні умови для теплообміну.
44. Характеристика анізотропних термоелементів.
45. Методи розрахунку анізотропних термоелементів.
46. Особливості моделювання анізотропних термоелементів у COMSOL.
47. Опис короткозамкнених термоелементів.
48. Методи розрахунку короткозамкнених термоелементів.
49. Проаналізувати застосування короткозамкнених елементів.
50. Пояснити, як COMSOL дозволяє враховувати властивості матеріалів під час моделювання.

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. L.I. Anatyshuk, "Thermoelectricity Vol. 1 – Physics of Thermoelectricity", Institute of Thermoelectricity, Kiev, 1998.
2. L.I. Anatyshuk, "Thermoelectricity Vol. 2-Thermoelectric Power Converters", Institute of Thermoelectricity, Kiev, 2005.
3. L.I. Anatyshuk, V.A. Semenyk, "Optimal Control over the Properties of Thermoelectric Materials and Devices", Publisher "PRUT" 1992.
4. Інформаційно-енергетична теорія вимірювань: Конспект лекцій / Укл. В.І.Боднарук.- Чернівці:Славнич,2009.- 71 с.
5. Комп'ютерне проектування термоелектричних теплових насосів: Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці: Рута, 2006. – 22с.

6. Комп'ютерне проектування енергетичних систем: Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці: Рута, 2006. – 24 с.
7. Комп'ютерне проектування термоелектричних перетворювачів енергії. Методичні рекомендації до лабораторних робіт / Укл.: Черкез Р.Г. – Чернівці: Рута, 2006. – 20с.

Додаткова література

1. Prybyla A.V., Cherkez R.G. Effect of heat-exchange systems on the efficiency of thermoelectric devices.– AIP Conference Proceedings.–Volume 1449, 2012, Pages 443-446.– 9th European Conference on Thermoelectrics, ECT 2011; Thessaloniki; Greece; 28 September 2011 through 30 September 2011.
2. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Про вплив теплообміну на ефективність термоелектричних приладів // Термоелектрика. – 2012. №3. – С. 39-45.
3. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Про вплив теплообміну на ККД термоелектричного генератора // Термоелектрика. – 2012. №4. – С. 83-88.
4. Анатичук Л.І., Кузь Р.В., Прибила А.В. Про вплив теплообміну на ефективність термоелектричного кондиціонера // Термоелектрика. – 2013. №1. – С. 74-81.
5. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Про граничні можливості термоелектричного теплового насоса рідина-рідина // Термоелектрика. – 2017. №4. – С. 49– 54.
6. Anatychuk L.I., Barabash P.A., Prybyla A.V., Rifert V.G., Solomakha A. Improvement the system of distillation cascade for long-term space flights / 68-th International Astronautical Congress. – 25-29 September 2017. – Adelaide, Australia.
7. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Оптимізація системи теплообміну термоелектричного теплового насосу рідина-рідина // Термоелектрика №1, С. 35-42. 2018
8. Анатичук Л.І., Максимук М.В., Прибила А.В., Розвер Ю.Ю. Термоелектричні генератори з полум'яними джерелами тепла змінної потужності і стабілізаторами температури термобатареї // Термоелектрика №2, С. 22-30. 2018
9. Прибила А.В. Проектування термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання // Термоелектрика №2, С. 87-92. 2019.
10. Vladimir G. Rifert, Lukyan I. Anatychuk, Andrii S. Solomakha, Petr A. Barabash, Vladimir Usenko, A.V. Prybyla, Milena Neymark, Valerii Petrenko. Upgrade the centrifugal multiple-effect distiller for deep space missions / 70-th International Astronautical Congress. – 21-25 October 2019. – Washington D.C., USA.
11. Прибила А.В. Підвищення ефективності термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання // Термоелектрика № 6. 2019.
12. L.I. Anatychuk, A.V. Prybyla, M.M. Korop, Yu.I. Kiziuk, Konstantynovych I.A. (2024) Thermoelectric power sources using low-grade heat (Part 3). Journal of Thermoelectricity, (4).
13. L.I. Anatychuk, A.V. Prybyla, M.M. Korop, Yu.I. Kiziuk, Konstantynovych I.A. (2024) Thermoelectric power sources using low-grade heat (Part 2). Journal of Thermoelectricity, (3), 36-43.
14. L.I. Anatychuk, A.V. Prybyla, M.M. Korop, Yu.I. Kiziuk, Konstantynovych I.A. (2024) Thermoelectric power sources using low-grade heat (Part 1). Journal of Thermoelectricity, (1-2), 90-96.
15. Анатичук Л.І., Прибила А.В. Термоелектричний генератор, що використовує перепади температур у місячному ґрунті. Термоелектрика, 2022, № 2, с. 61-66. ISSN: 1726-7714.

Інформаційні ресурси

1. <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=8538> - сайт дистанційної освіти.
2. <https://its.org/> - міжнародне товариство термоелектриків.
3. <https://www.comsol.com/> - бібліотека програми для мультифізичного проектування.
4. <https://www.ansys.com/> - бібліотека програми для мультифізичного проектування.

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/jxpbs0zb/etychnyi-kodeks-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu.pdf>

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

https://www.chnu.edu.ua/media/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf

Дотримання академічної доброчесності перед бачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання не авторських ідей, розробок, тверджень, відомостей і т.п.;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної наукової діяльності, використанні методики досліджень і джерела інформації.

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;
- фабрикація – вигадкування даних чи фактів, що використовуються в наукових дослідженнях;
- фальсифікація – свідомо зміна чи модифікація вже наявних даних, що стосуються наукових досліджень.

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- повторне проходження оцінювання (модульний контроль, іспит, залік тощо);
- повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми.