

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



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Термоелектричні системи охолодження
(обов'язкова)

Освітньо-наукова програма Прикладна фізика та наноматеріали

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Рівень вищої освіти Другий (магістерський)

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

Мова навчання Українська

Робоча програма навчальної дисципліни «**Термоелектричні системи охолодження**» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Прикладна фізика та наноматеріали» підготовки здобувачів другого (магістерського) 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 № 5 від «29» травня 2023 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 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: дисципліна спрямована на вивчення теоретичних основ, а також прикладів практичного використання термоелектричних систем охолодження. Розглядаються методи проектування і оптимізації термоелектричних систем охолодження. Ця дисципліна покликана сформувати у майбутнього спеціаліста глибокі знання теорії термоелектрики у застосуванні до термоелектричного охолодження, а головне, уявленнь про досягнення науково-технічного прогресу в галузі термоелектричного охолодження, освоєння принципу роботи таких приладів, їх основних характеристик та галузей застосування; вміння застосувати отримані знання при створенні термоелектричних систем охолодження різного призначення.

Пререквізити. Для ефективного засвоєння даної дисципліни будуть корисні знання, отримані студентом з матеріалів курсів «Електрика та магнетизм», «Термоелектричні системи охолодження» та «Теплофізика».

Основні завдання дисципліни – вивчення студентами основних положень теорії термоелектрики у застосуванні до термоелектричного охолодження, основних розрахункових співвідношень для охолоджуючих термоелементів та режимів їх роботи; ознайомлення студентів з фізикою термоелектричного перетворення енергії та основними розробками термоелектричних холодильників відомих компаній світу, основними критеріями вибору холодильників для конкретних областей застосування; освоєння принципу роботи таких приладів, їх основних характеристик та галузей застосування; вміння застосувати отримані знання при створенні термоелектричних холодильників різного призначення; вироблення умінь проводити науково-методичний аналіз інформації, планувати науково-навчальну роботу з предмету.

Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», вивчення дисципліни «Термоелектричні системи охолодження» сприяє формуванню у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти таких **компетентностей**:

Інтегральна компетентність (ІК):

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми прикладної фізики та наноматеріалів у професійній діяльності або в процесі навчання, що передбачає застосування фізичних та математичних теорій, методів, алгоритмів, інформаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК8. Здатність узгоджувати дії та рішення з нормами законодавства та стандартизації.

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Фахові компетентності (ФК)

ФК1. Здатність використовувати закони й принципи прикладної фізики та наноматеріалів у поєднанні із потрібними вищого рівня математичними інструментами для опису природних явищ.

ФК9. Здатність ефективно використовувати на практиці різні теорії в області навчання.

ФК13. Здатність використовувати знання з фізико-технологічних основ створення і використання термоелектричних джерел живлення з відновлювальними джерелами енергії.

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

- основні фізичні явища, що відбуваються у термоелектричних системах охолодження, їх основні характеристики, сфери використання та можливості вдосконалення;
- інші способи охолодження та галузі їх раціонального використання;
- класифікацію термоелектричних систем охолодження;
- властивості термоелектричних матеріалів для систем охолодження;
- конструктивні схеми термоелектричних систем охолодження;
- основні методи інтенсифікації теплообміну в системах теплообміну для термоелектрики;

– комп'ютерні методи та засоби проектування і оптимізації термоелектричних систем охолодження.

Студент повинен **вміти** застосовувати одержані знання на практиці, а саме:

– проводити оцінку доцільності використання різних систем та способів охолодження в конкретних випадках їх практичного застосування;

– розраховувати оптимальні конструкції термоелектричних систем охолодження для конкретних практичних застосувань;

– вимірювати основні характеристики термоелектричних систем охолодження;

– вибрати необхідний термоелектричний матеріал, способи теплообміну та струм живлення для використання у конкретних конструкціях термоелектричних систем охолодження.

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

знання і розуміння:

- фізичних принципів роботи, конструкцій та параметрів нетрадиційних і альтернативних джерел енергії; механічні, гідравлічні і гідродинамічні, хімічні, електрохімічні, електричні і теплові акумулятори енергії; фізичні методи енергозбереження при передачі електричної, теплової, механічної енергії (ПРН1);

- загальну теорію термоелектричних перетворювачів енергії та фізичні основи їх роботи; визначення термодинамічної ефективності перетворення енергії; перехідні процеси в термоелектричних приладах (ПРН2).

- принципи побудови баз знань у комп'ютерному матеріалознавстві, розробки узагальнених комп'ютерних моделей функціональних матеріалів для енергетики, методи знаходження оптимумів фізичних параметрів матеріалів в широких діапазонах узагальнених координат фізичних, технологічних, економічних та надійнісних факторів, що визначають ефективність застосування матеріалів; комп'ютерні методи розробки термоелектричних матеріалів з екстремальними значеннями узагальнених критеріїв термоелектричної ефективності; новітні методи комп'ютерних нанотехнологій функціональних матеріалів для перетворювачів енергії та вимірювальної техніки (ПРН5);

застосування знань та розуміння:

- брати участь у розробці фізичних моделей та інтерпретації фізичних процесів, створенні методик вимірювань, апаратури та обладнання для вивчення досліджуваних явищ і процесів (ПРН10);

- здатність використовувати набуті теоретичні знання і практичні навички у галузі фізики, природничих і технологічних наук (ПРН11);

формування суджень:

- вдосконаленню технологічних процесів та обладнання з метою підвищення їх ефективності та економічності, введення нових, більш сучасних, пристроїв, систем та технологій (ПРН16).

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни

Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни «Термоелектричні системи охолодження»												
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 функціонування термоелектричних систем охолодження						
Тема 1. Історія розвитку та перспективи застосування термоелектричних систем охолодження.	14	2	-	2	-	10
Тема 2. Порівняльний аналіз різних способів охолодження.	14	2	-	2	-	10
Тема 3. Фізичні основи роботи термоелектричних систем охолодження.	14	2	-	2	-	10
Тема 4. Режими роботи термоелектричних систем охолодження та основні спів-відношення для їх опису.	14	2	-	2	-	10
Тема 5. Методи визначення параметрів термоелектричних систем охолодження.	14	2	-	2	-	10
Разом за ЗМ 1	70	10	-	10	-	50
Змістовий модуль 2. Проектування та оптимізація термоелектричних систем охолодження						
Тема 6. Основні методи та підходи до проектування і оптимізації термоелектричних систем охолодження. Критерії якості в термоелектричному охолодженні.	14	2	-	2	-	10
Тема 7. Підвищення якості термоелектричних матеріалів для систем охолодження. Добротність термоелектричних матеріалів.	14	2	-	2	-	10
Тема 8. Проектування та оптимізація термоелектричних модулів охолодження. Нові типи термоелектричних перетворювачів енергії.	14	2	-	2	-	10
Тема 9. Методи інтенсифікації теплообміну в термоелектричних системах охолодження.	14	2	-	2	-	10
Тема 10. Комплексний підхід до проектування та оптимізації термоелектричних систем охолодження.	14	2	-	2	-	10
Разом за ЗМ 2	70	10	-	10	-	50
Змістовий модуль 3. Галузі застосування термоелектричних систем охолодження						
Тема 11. Термоелектричні кондиціонери для транспорту.	14	2	-	2	-	10
Тема 12. Термоелектричні охолоджувачі високочутливих приймачів випромінювання.	14	2	-	2	-	10
Тема 13. Термоелектричні теплові насоси космічного та наземного використання.	14	2	-	2	-	10

Тема 14. Індивідуальні кондиціонери для людини. Локальне охолодження людини як спосіб зменшення енергетичних затрат.	14	2	-	2	-	10
Тема 15. Термоелектричне охолодження в побуті та медицині.	14	2	-	2	-	10
Разом за ЗМЗ	70	10	-	10	-	50
Усього годин	210	30	-	30	-	150

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми лекції
1.	Історія розвитку та перспективи застосування термоелектричних систем охолодження.
2.	Порівняльний аналіз різних способів охолодження.
3.	Фізичні основи роботи термоелектричних систем охолодження.
4.	Режими роботи термоелектричних систем охолодження та основні співвідношення для їх опису.
5.	Методи визначення параметрів термоелектричних систем охолодження.
6.	Основні методи та підходи до проектування і оптимізації термоелектричних систем охолодження. Критерії якості в термоелектричному охолодженні.
7.	Підвищення якості термоелектричних матеріалів для систем охолодження. Добротність термоелектричних матеріалів.
8.	Проектування та оптимізація термоелектричних модулів охолодження. Нові типи термоелектричних перетворювачів енергії.
9.	Методи інтенсифікації теплообміну в термоелектричних системах охолодження.
10.	Комплексний підхід до проектування та оптимізації термоелектричних систем охолодження.
11.	Термоелектричні кондиціонери для транспорту.
12.	Термоелектричні охолоджувачі високочутливих приймачів випромінювання.
13.	Термоелектричні теплові насоси космічного та наземного використання.
14.	Індивідуальні кондиціонери для людини. Локальне охолодження людини як спосіб зменшення енергетичних затрат.
15.	Термоелектричне охолодження в побуті та медицині.

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1	Вступне заняття. Ознайомлення з лабораторією. Проходження інструктажу з безпеки життєдіяльності.
2	Дослідження термоелектричного ефекту охолодження.
3	Дослідження термопарного елемента в режимі охолоджувача.
4	Перевірка першого співвідношення Томсона.
5	Вимірювання параметрів побутового термоелектричного холодильника.
6	Дослідження термоелектричного охолоджувача напоїв.
7	Дослідження термоелектричного рідинного охолоджувача.
8	Вимірювання параметрів термоелектричного зонда приладу для рефлексотерапії.

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 8 повноцінних лабораторних робіт, студент може вибрати на початку семестру 5 з цих робіт за бажанням. Кожна лабораторна робота оцінюється в 2 бали: 2 бали за виконання роботи і 4 бали за захист. У сумі 20 балів.

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Завдання для самостійної роботи (види роботи)
1	Історія винайдення та етапи становлення термоелектричного охолодження.
2	Сучасні технології одержання холоду.
3	Порівняльна характеристика термоелектричних модулів охолодження різних компаній світу.
4	Можливості використання термоелектричних перетворювачів енергії в режимі нагріву.
5	Особливості проектування каскадних термоелектричних модулів охолодження.
6	Методи теорії оптимального керування для проектування термоелектричних систем охолодження.
7	Теорія тепломасообміну у застосуванні до підвищення якості термоелектричних систем охолодження. Сучасні системи тепломасообміну. Теплові труби.
8	Проектування термоелектричних систем охолодження в програмі ANSYS.
9	Проектування термоелектричних систем охолодження в програмі Comsol Multiphysics.
10	Термоелектричне охолодження у вимірювальній техніці.
11	Термоелектричне охолодження в військовій техніці.
12	Термоелектричне охолодження в медичній практиці.
13	Термоелектричні мікрокалориметри.
14	Термоелектричне охолодження в комп'ютерній техніці.
15	Термоелектричне охолодження для космічних використань.

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 – екзамен.

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	ЗМ №3			
T1-T5	T6-T10	T11-T15	T1-T15		
20	15	15	20	30	100

T1-T15 – 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:

<p>«А»</p> <p>90-100 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>«В»</p> <p>80-89 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.

<p>«С»</p> <p>70-79 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>«D»</p> <p>60-69</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>«E»</p> <p>50-59 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>«Fx»</p> <p>35-49 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
<p>«F»</p> <p>1-34 балів</p> <p>ставиться у разі, якщо студент:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – 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. Охарактеризуйте основні етапи історії розвитку термоелектричного охолодження.
2. Основні вимоги до термоелектричних приладів охолодження медичного призначення. Класифікація термоелектричних приладів для медицини.
3. Охарактеризуйте принцип роботи та конструктивні особливості кондиціонерів за

схемами «вода-повітря» і «повітря-повітря».

4. Вкажіть методи зменшення та оптимізації масо-габаритних характеристик термоелектричних холодильників.

5. Охарактеризуйте роботу термоелектричної системи охолодження в режимі максимального холодильного коефіцієнта.

6. Основні режими роботи охолоджуючих термоелементів.

7. Охарактеризуйте сучасний стан та перспективи розвитку термоелектричного охолодження.

8. Навантажувальні характеристики термоелектричного модуля охолодження та методика їх використання при конструюванні систем охолодження.

9. Розкрийте фізичний зміст оптимального струму живлення термоелектричного модуля охолодження.

10. Вкажіть основні показники якості термоелектричних систем охолодження.

11. Охарактеризуйте основні етапи виготовлення термоелектричних модулів для приладів та систем охолодження.

12. Наведіть конкретні приклади використання термоелектричного охолодження у медицині.

13. Вкажіть та охарактеризуйте методи забезпечення теплового контакту між компонентами приладів термоелектричного охолодження.

14. Основні конструктивні вузли термоелектричних холодильників та вимоги при їх конструюванні.

15. Розкрийте фізичну суть основних термоелектричних ефектів: Зеєбека, Пельтьє, Томсона.

16. Охарактеризуйте роботу термоелектричних систем охолодження в режимі максимальної холодопродуктивності.

17. Техніко-економічний аналіз застосування термоелектричних холодильників.

18. Вкажіть способи розсіювання тепла при роботі термоелектричного пристрою охолодження. Охарактеризуйте існуючі методи збільшення тепловіддачі.

19. Основні механізми підвищення ефективності термоелектричних холодильників.

20. Розрахунок радіаторів ТЕБ заданої площі при заданій споживаній потужності.

21. Поясніть доцільність термоелектричного охолодження в електронній апаратурі.

22. Наведіть класифікацію систем термоелектричного охолодження та класифікацію термоелектричних холодильників за призначенням.

23. Охарактеризуйте умови одержання максимальної холодопродуктивності і оптимального значення питомої витрати напівпровідникового матеріалу, необхідного для виготовлення термопарного елемента.

24. Оптимізація термоелектричних приладів та систем охолодження. Термоелектричні інтенсифікатори теплообміну.

25. Вкажіть основні вимоги до джерел електричного живлення термоелектричних приладів та систем охолодження.

26. Характеристики повітряних та рідинних термоелектричних систем охолодження.

27. Дайте характеристику стаціонарних термоелектричних холодильників (СТЕХ). Класифікація СТЕХ за призначенням.

28. Вкажіть переваги термоелектричного кондиціонування перед компресійним.

29. Основні розрахункові співвідношення для термоелемента охолодження.

30. Дайте визначення основних термоелектричних ефектів.

31. Дайте класифікацію та охарактеризуйте транспортні медичні холодильники.

32. Вкажіть та охарактеризуйте способи вимірювання параметрів термоелектричних модулів охолодження.

33. Проаналізуйте важливість теплоізоляційних якостей побутових приладів та систем охолодження.

34. Основні вимоги до повітря виробничих і побутових приміщень. Порівняння параметрів кондиціонерів різних типів.

35. Розкрийте поняття економічної ефективності застосування термоелектричних холодильників.

36. Охарактеризуйте основні етапи технології одержання термоелектричних модулів

оохолодження.

37. Розкрийте фізичний зміст холодильного коефіцієнта пристроїв та систем термоелектричного оохолодження.

38. Енергетична ефективність сучасних СТЕХ.

39. Охарактеризуйте основні етапи технології виготовлення термоелектричних систем оохолодження.

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. Semenyuk, "Optimal Control over the Properties of Thermoelectric Materials and Devices", Publisher "PRUT" 1992.
4. Anatyshuk, L.I., Prybyla, A.V. Thermoelectric coolers for x-ray detectors. Science and Innovation, 2020, 16(4), pp. 44-49. DOI: 10.15407/scine16.04.044.
5. Vladimir G. Rifert, Lukyan I. Anatyshuk, 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.
6. Анагичук Л.І., Прибила А.В., Коров М.М. Порівняльний аналіз термоелектричних та компресійних теплових насосів для індивідуальних кондиціонерів в умовах підвищених температур навколишнього середовища // Термоелектрика. – 2016. №5. – С 95 – 98.

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. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Оптимізація теплової комутації в термоелектричних теплових насосах рідина-рідина для приладів очищення води космічного призначення // Термоелектрика. – 2015. №4. – С 45 – 51.
3. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Оптимізація системи живлення термоелектричного теплового насоса рідина-рідина // Термоелектрика. – 2015. №6. – С 53 – 58.
4. Прибила А.В. Фізичні моделі термоелектричних кондиціонерів для людини (частина перша) // Термоелектрика. – 2016. №1. – С 18 – 44.
5. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Порівняльний аналіз термоелектричних та компресійних теплових насосів для індивідуальних кондиціонерів // Термоелектрика. – 2016. №2. – С 33 – 42.
6. Прибила А.В. Термоелектричний кондиціонер для людини з рівномірно розподіленими модулями // Термоелектрика. – 2016. №4. – С 78 – 83.
7. Ріферт В.Г., Анагичук Л.І., Барабаш П.А., Усенко В.І., Стрикун А.П., Прибила А.В. Покращення методів дистиляції при використанні відцентрових сил для регенерації води під час космічних польотів// Термоелектрика. – 2017. №1. – С. 90 – 108.
8. Анагичук Л.І., Розвер Ю.Ю., Прибила А.В. Експериментальне дослідження термоелектричного теплового насоса рідина-рідина // Термоелектрика. – 2017. №3. – С. 47 – 53.

9. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Про граничні можливості термоелектричного теплового насоса рідина-рідина // Термоелектрика. – 2017. №4. – С. 49– 54.
10. Анагичук Л.І., Пасечнікова Н.В., Кобилянський Р.Р., Прибила А.В., Науменко В.О., Задорожний О.С., Назаретян Р.Е., Мирненко В.В. Комп'ютерне моделювання теплових процесів ока людини // Термоелектрика. – 2017. №5. – С. 41 – 58.
11. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Про холодильний коефіцієнт термоелектричних теплових насосів рідина-рідина з врахуванням енергії на переміщення теплоносія // Термоелектрика. – 2017. №6. – С. 34– 40.
12. Anatyshuk L.I., Varabash 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.
13. Анагичук Л.І., Прибила А.В. Оптимізація системи теплообміну термоелектричного теплового насосу рідина-рідина // Термоелектрика №1, С. 35-42. 2018
14. Прибила А.В. Проектування термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання // Термоелектрика №2, С. 87-92. 2019.
15. Прибила А.В. Підвищення ефективності термоелектричного модуля охолодження детектора рентгенівського випромінювання // Термоелектрика № 6. 2019.

Інформаційні ресурси

1. <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=8538> - сайт дистанційної освіти.
2. <https://its.org/> - міжнародне товариство термоелектриків.

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/f5eleobm/polozhennya-pro-zapobihannia-plahiatu_2024.pdf

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- 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, використані 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 – вигадання 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.