

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

Фізичні основи перетворення 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 «**Фізичні основи перетворення 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:

Константинович Іван Аурелович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

Викладач:

Константинович Іван Аурелович, доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент.

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

К.У. Кобилянський Р.Р.

Схвалено методичною радою ННІФТКН

Протокол № 1 від 09 серпня 2024 року

Голова методичної ради ННІФТКН

І.П. Козярьський І.П.

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни: сформувані у студентів глибокі теоретичні знання і прикладні навички в галузі енергетики, розвинути розуміння сучасних тенденцій та досягнень науково-технічного прогресу в сфері енергоефективних технологій. ОПП «Фізичні основи перетворення енергії» присвячена вивченню фундаментальних фізичних принципів та моделей, що лежать в основі процесів перетворення енергії. Розглядаються як класичні, так і сучасні методи її перетворення, включаючи фізичні моделі первинних енергоперетворювачів. Особлива увага приділяється термодинамічним аспектам — від загальних моделей до прикладних методів технічної термодинаміки. У курсі ґрунтовно висвітлюються як машинні способи перетворення енергії (зокрема, тепловенти), так і методи прямого перетворення, без проміжного механічного етапу. Значна частина матеріалу присвячена термоелектричним технологіям: будові та фізиці термоелементів, режимам їх роботи, параметрам термопар, а також анізотропним і термомагнітним перетворювачам.

Пререквізити. Для ефективного засвоєння даної дисципліни будуть корисні знання, отримані студентом з матеріалів курсів, передбачених ОПП «Прикладна фізика та наноматеріали» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, зокрема «Механіка», «Молекулярна фізика», «Математичний аналіз», «Електрика і магнетизм», «Основи електротехніки й радіоелектроніки». У подальшому знання дисципліни будуть корисні для якісного засвоєння матеріалу з курсів «Електродинаміка», «Термодинаміка й статистична фізика», у вибіркових дисциплінах та при написанні курсових робіт і проходженні практик.

Завдання вивчення навчальної дисципліни:

- озкрити фізичну суть процесів перетворення енергії в різних формах (механічній, тепловій, електричній, хімічній тощо), визначити фундаментальні принципи збереження та перетворення енергії в замкнених і відкритих системах;
- дослідити основні закономірності, що описують перетворення енергії на мікро- та макрорівнях, зокрема закони термодинаміки, збереження імпульсу та енергії, а також принципи роботи сучасних приладів;
- ознайомитися з фізичними принципами дії пристроїв для перетворення енергії (теплових машин, електрогенераторів, акумуляторів, термоелектричних і фотоелектричних систем), а також оцінити їх ефективність і області застосування;
- опанувати методи моделювання та розрахунку енергетичних процесів, визначити критерії ефективного перетворення та збереження енергії, розглянути сучасні підходи до підвищення енергоефективності в технічних системах.

Результати навчання

Відповідно до освітньо-професійної програми «Прикладна фізика та наноматеріали», вивчення дисципліни «Фізичні основи перетворення енергії» сприяє формуванню у здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність до проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності (ФК)

ФК2. Здатність брати участь у плануванні і виконанні експериментів та лабораторних досліджень властивостей фізичних систем, фізичних явищ і процесів, обробленні й презентації їхніх результатів.

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.

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.

Програмних результатів навчання (ПР):

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

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.

ПРН1. Знати і розуміти фізичні властивості термоелектричних матеріалів та термоелектричних перетворювачів енергії в режимах охолодження, нагріву і генерування електричної енергії, а також особливості фізичних процесів і явищ в термоелектричних вимірювальних приладах.

Опис змісту робочої програми навчальної дисципліни Загальна інформація про розподіл годин

Назва навчальної дисципліни Фізичні основи перетворення 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	3	5	5	150	2	30	–	–	30	90	–	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. Основи термодинаміки, непряме перетворення енергії						
Тема 1. Основні поняття та вихідні положення термодинаміки. Методи перетворення енергії	12	4				8
Тема 2. Метод термодинамічних потенціалів. Метод характеристичних функцій.	8	2				6
Тема 3. Електромеханічне перетворення енергії. Теплові двигуни. Парові турбіни.	12	4				8
Тема 4. Гідроелектростанція. Енергія вітру та приливів. Вітроелектростанція	12	4				8
Разом за ЗМ1	44	14				30
Змістовий модуль 2. Методи прямого перетворення енергії, термоелектрика						
Тема 5. Електрохімічний метод. Фотоелектричний метод.	12	4				8
Тема 6. Термоємистий метод. МГД метод. Комбіновані методи.	10	4				6
Тема 7. Фізичні основи атомної та ядерної енергетики. Термоядерний синтез.	12	4				8
Тема 8. Термоелектричне перетворення енергії. Термоелементи.	12	4				8
Разом за ЗМ 2	46	16				30

Лабораторний практикум						
Лабораторні роботи	60			30		30
Усього годин	150	30	–	30	–	90

Тематика лекційних занять з переліком питань

№	Назва теми лекції
1.	<i>Тема 1. Основні поняття та вихідні положення термодинаміки. Методи перетворення енергії</i> Лекція 1. Визначення енергії, роботи та теплоти. Історія розвитку та стан енергетики. Класифікація методів перетворення енергії.
2.	<i>Тема 1. Основні поняття та вихідні положення термодинаміки. Методи перетворення енергії</i> Лекція 2. Стан та параметри термодинамічної системи. Перший закон термодинаміки: закон збереження енергії. Другий закон термодинаміки: ентропія та напрям перетворень. Проблеми та перспективи енергозбереження.
3.	<i>Тема 2. Метод термодинамічних потенціалів. Метод характеристичних функцій.</i> Лекція 3. Внутрішня енергія, ентальпія, вільна енергія та потенціал Гіббса. 2.2. Зв'язки між термодинамічними величинами. Диференціальні форми термодинамічних функцій. Характеристичні функції та їх застосування. Критерії рівноваги та стійкості термодинамічних систем. Побудова ізотерм, ізобар, ізохор та інших процесів у діаграмах. Застосування термодинамічних потенціалів у технічних задачах.
4.	<i>Тема 3. Електромеханічне перетворення енергії. Теплові двигуни. Парові турбіни.</i> Лекція 4. Принцип дії електромеханічних перетворювачів (генераторів і двигунів). Взаємозв'язок електричної та механічної енергії. Магнітне поле як посередник у перетворенні енергії. Типи електричних машин: постійного та змінного струму.
5.	<i>Тема 3. Електромеханічне перетворення енергії. Теплові двигуни. Парові турбіни.</i> Лекція 5. Теплові двигуни: принцип роботи, ККД, види. Робочі тіла та теплообмін у теплових двигунах. Принцип дії парових турбін. Основні вузли та параметри парових турбін. Порівняння ефективності різних теплових установок.
6.	<i>Тема 4. Гідроелектростанція. Енергія вітру та приливів. Вітроелектростанція</i> Лекція 6. Принцип дії гідроелектростанцій (ГЕС). Кінетична та потенціальна енергія водних мас. Конструкції гідротурбін. Переваги та недоліки ГЕС. Система ГЕС-ГАЕС.
7.	<i>Тема 4. Гідроелектростанція. Енергія вітру та приливів. Вітроелектростанція</i> Лекція 7. Природа та джерела енергії вітру. Принцип дії вітроелектростанцій. Типи вітрових турбін та їх конструктивні особливості. Енергія морських припливів і відпливів: фізичні основи. Приливні електростанції: технологія та ефективність. Порівняння відновлюваних джерел енергії за ефективністю.
8.	<i>Тема 5. Електрохімічний метод. Фотоелектричний метод.</i> Лекція 8. Електрохімічне перетворення енергії: загальні положення. Принцип роботи гальванічних елементів і акумуляторів. Хімічна енергія і електрорушійна сила реакції. Типи акумуляторів: свинцево-кислотні, літій-іонні, нікель-металогідридні. Паливні елементи: будова, принцип дії, сфери застосування.
9.	<i>Тема 5. Електрохімічний метод. Фотоелектричний метод.</i> Лекція 9. Фотоелектричний ефект: квантова природа світла. Фотоелементи та фотоперетворювачі: типи, конструкція, характеристики. Сонячні батареї: принцип роботи, ККД, матеріали (Si, GaAs, органічні). Перспективи розвитку фотоелектричних технологій.
10.	<i>Тема 6. Термоємистий метод. МГД метод. Комбіновані методи.</i> Лекція 10. Термоємисте перетворення енергії: основи явища термоелектронної емісії. Будова і принцип дії термоємистого перетворювача. Проблеми ефективності та конструкційні рішення. Магнітогідродинамічний (МГД) метод: суть явища, фізичні принципи. Робочі рідини та електропровідність у МГД-генераторах. Типи МГД-генераторів: відкриті та закриті цикли.
11.	<i>Тема 6. Термоємистий метод. МГД метод. Комбіновані методи.</i> Лекція 11. Комбіновані методи перетворення енергії: концепція та приклади. Застосування комбінованих установок у високотемпературній енергетиці. Порівняльний аналіз ефективності різних методів.

12.	<i>Тема 7. Фізичні основи атомної та ядерної енергетики. Термоядерний синтез.</i> Лекція 12. Ядерні реакції: поділ та синтез ядер. Принцип дії ядерного реактора. Ланцюгова реакція поділу: критична маса, модератори, теплоносії. Типи ядерних реакторів. Радіоактивність, радіаційна безпека, захист.
13.	<i>Тема 7. Фізичні основи атомної та ядерної енергетики. Термоядерний синтез.</i> Лекція 13. Виробництво енергії на АЕС, ККД ядерних установок. Проблеми утилізації відходів і довготривале зберігання. Термоядерний синтез: фізичні основи та умови реалізації. Установки для керованого термоядерного синтезу: токамаки, лазерні реактори. Перспективи розвитку термоядерної енергетики.
14.	<i>Тема 8. Термоелектричне перетворення енергії. Термоелементи.</i> Лекція 14. Ефект Зеебека: пряме перетворення тепла в електрику. Ефект Пельтьє та ефект Томсона: принцип зворотного перетворення. Фізичні властивості термоелектричних матеріалів: електропровідність, теплопровідність, термоЕРС. Будова термоелементів та термобатарей, типи.
15.	<i>Тема 8. Термоелектричне перетворення енергії. Термоелементи.</i> Лекція 15. Типи матеріалів: ВіТе, скутерудити, наноструктуровані матеріали. Коефіцієнт добротності ZT та способи його підвищення. Сфери застосування: космічна енергетика, охолоджувачі, автономні джерела. Інтеграція термоелектричних систем у сучасні технології енергозбереження. Термоелектричні генератори, холодильники та темломіри.

Тематика лабораторних занять з переліком питань

№	Назва теми (завдання)
1.	Вступе заняття. Проходження інструктажів з ТБ, ПБ та ОП. Ознайомча лабораторна робота.
2.	ЛР1. Виготовлення та градування інтегральної та диференційної термопар.
3.	ЛР2. Дослідження параметрів термопарного елемента в режимі охолоджувача.
4.	ЛР3. Перевірка першого співвідношення Томсона.
5.	ЛР4. Дослідження параметрів анізотропного термоелемента.
6.	ЛР5. Дослідження параметрів спірального термоелемента.
7.	ЛР6. Дослідження параметрів термопарного елемента в режимі генерації електричної енергії.
8.	ЛР7. Дослідження параметрів ТЕГ на газовій лампі.
9.	ЛР8. Дослідження параметрів дизельного двигуна.
10.	ЛР9. Дослідження параметрів сонячного елемента та батареї.
11.	ЛР10. Вивчення термоелектричних ефекту охолодження (демонстраційний прилад).
12.	ЛР11. Вивчення термоелектричних ефекту генерації електричної енергії (демонстраційний прилад).
13.	ЛР12. Дослідження параметрів холодильної машини.
14.	ЛР13. Перевірка модулів охолодження на міцність. Краштест.
15.	ЛР14. Дослідження параметрів портативного термоелектричного генератора.

Контроль виконання завдань, винесених на підготовку та виконання лабораторних занять, виконання необхідних розрахунків проводиться в рамках модульного контролю 3, переглядом звітів з виконання лабораторних робіт та самим захистом студентами лабораторних робіт. Цикл лабораторних робіт складається з 15 лабораторних занять.

Завдання для самостійної роботи студентів

№	Завдання для самостійної роботи (види роботи)
1.	Енергетичний та ексергетичний ККД
2.	Водневі двигуни.
3.	Теплові насоси.
4.	Електронно-іонні електрохімічні процеси перетворення енергії.
5.	Фотоперетворювачі на основі явищ внутрішнього та вентильного фотоефекту.
6.	Сонячна енергетика.

7.	Новітні типи електрохімічних акумуляторів
8.	Термоємісний метод.
9.	Терміонні перетворювачі.
10.	Біоенергетика
11.	МГД перетворювачі.
12.	Нерівноважні процеси в термо-електричних перетворювачах енергії.
13.	Співвідношення Онзагера для термоелектричних середовищ.
14.	Термомагнітні елементи. Вихрові термоелементи
15.	Охолодження високоточних схем, сенсорів та ПК.

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 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, 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)		Змістовий модуль № 3	Кількість балів	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2			
T1, T2, T3, T4	T5, T6, T7, T8	Лабораторні роботи	(екзамен)	
22	23	15	40	100

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 – 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 та практичними знаннями навчальної дисципліни.

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

Теоретичні питання (пункт 1 і 2 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 15 та (пункт 3 білетів) оцінюються максимальною кількістю балів рівною 10 за наступними критеріями:

(пункт 1 і 2 білетів)

- ◆ **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.

(пункт 3 білетів)

- ◆ **8-10 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.
- ◆ **6-7 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.
- ◆ **4-5 балів:** коли відповідь студента правильна і становить більше половини матеріалу, що містять питання згідно програми, але присутні істотні помилки у поясненні основних явищ електромагнетизму.
- ◆ **0-3 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
90-100	A	5 (відмінно)
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
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:

«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 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; – недостатньо використовував додаткову літературу; – виконав не всі завдання для самостійної роботи, або не виконав хоча б одну лабораторну роботу.
«Е» 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.
«Fх» 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. Сучасні методи перетворення енергії, роль і місце термоелектричного перетворення серед інших методів.
2. Прямі та непрямі методи перетворення енергії.
3. Макросистема, макропараметри, зовнішні та внутрішні параметри.
4. Стаціонарний та рівноважний стан.
5. Інтенсивні та екстенсивні параметри.
6. Ізольована система.
7. Гомогенні та гетерогенні системи, фази та компоненти.
8. Рівняння стану ідеального газу, об'єднаний газовий закон.
9. Закон Бойля-Маріотта,
10. Закон Гей-Люсака.
11. Закон Шарля.
12. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
13. Перше начало термодинаміки.
14. Друге начало термодинаміки.
15. Третє начало термодинаміки. Теорема Нернста–Планка.
16. Теплоємність ідеального газу. Формула Майєра.
17. Адіабатично ізольована система. Дослід Джоуля. Посудина Дьюара.
18. Рівняння Пуассона.
19. Цикл і теорема Карно.
20. Метод термодинамічних потенціалів (метод характеристичних функцій).
21. Метод циклів.
22. Метод теплових балансів.
23. Ексергетичний метод.
24. Двигуни внутрішнього згорання.
25. Модель циклу Отто. Бензинові двигуни.
26. Модель циклу Дизеля. Дизельні двигуни.
27. Модель циклу Ванкеля. Роторні двигуни та турбіни.
28. Двигуни зовнішнього згорання. Модель циклу Стірлінга.
29. Порівняльний аналіз двигунів Дизеля та Стірлінга.
30. Порівняльний аналіз бензинових та дизельних двигунів.

Модуль 2

1. Модель холодильного циклу. Холодильні машини.
2. Теплові насоси. Теплові труби.
3. Електрохімічні методи. Електронно-іонні моделі електрохімічних процесів перетворення енергії.
4. Фотоелектричний метод. Фізичні моделі фотоперетворювачів на основі явищ внутрішнього та вентильного фотоефекту.
5. Сонячні елементи. ККД сонячного елемента та батареї.
6. Термоємисійний метод. Фізична модель Зінера для терміонного перетворювача.
7. МГД метод. Фізична модель МГД генератора.
8. Комбіновані методи (фото, емісійний, теплові двигуни, термоелектричні).
9. Модель ланцюгової ядерної реакції поділу. Ядерні реактори на повільних і швидких нейтронах.

10. Модель реакції термоядерного синтезу.
11. Фізичні і технічні проблеми та перспективи керованого термоядерного синтезу.
12. Термодинамічний цикл термоелектричного перетворення енергії і його порівняння з термодинамічними циклами теплових машин.
13. Термодинаміка нерівноважних процесів у термоелектричних перетворювачах енергії.
14. Локальна та інтегральні моделі термоелектричних перетворювачів енергії.
15. Термопарний елемент. Модель Йоффе-Бурштейна.
16. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для термопари. Розрахунок основних параметрів.
17. Анізотропні термоелементи.
18. Спиральні термоелементи.
19. Моделі Юсті та Томсона.
20. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для анізотропних термоелементів. Розрахунок основних параметрів.
21. Термомагнітні елементи. Фізичні моделі робочих режимів термомагнітних елементів.
22. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для термомагнітних елементів. Розрахунок основних параметрів.
23. Термопари. Види термопар.
24. Ефект Пельтьє. Коефіцієнт Пельтьє.
25. Ефект Зеебека. ТермоЕРС.
26. Ефект Томсона. Тепло Джоуля-Ленца.
27. Термоелемент. Термоелектричний модуль. Фізичний зміст ККД.
28. Холодопродуктивність. Оптимальний струм.
29. Термоелектрична добротність.
30. Кінетичні коефіцієнти.

Питання для підсумкового контролю

1. Сучасні методи перетворення енергії, роль і місце термоелектричного перетворення серед інших методів.
2. Прямі та непрямі методи перетворення енергії.
3. Макросистема, макропараметри, зовнішні та внутрішні параметри.
4. Стаціонарний та рівноважний стан.
5. Інтенсивні та екстенсивні параметри.
6. Ізольована система.
7. Гомогенні та гетерогенні системи, фази та компоненти.
8. Релаксація, час релаксації.
9. Рівняння стану ідеального газу, об'єднаний газовий закон.
10. Закон Бойля-Маріотта,
11. Закон Гей-Люсака.
12. Закон Шарля.
13. Рівняння Ван-дер-Ваальса.
14. Перше начало термодинаміки.
15. Друге начало термодинаміки.
16. Третє начало термодинаміки. Теорема Нернста-Планка.
17. Теплоємність ідеального газу. Формула Майера.
18. Адіабатично ізольована система. Дослід Джоуля. Посудина Дьюара.
19. Рівняння Пуассона.
20. Цикл і теорема Карно.
21. Метод термодинамічних потенціалів (метод характеристичних функцій).

22. Теплова машина Карно, цикл і теорема Карно.
23. Метод циклів.
24. Метод теплових балансів.
25. Ексергетичний метод.
26. Двигуни внутрішнього згорання.
27. Модель циклу Отто. Бензинові двигуни.
28. Модель циклу Дизеля. Дизельні двигуни.
29. Модель циклу Ванкеля. Роторні двигуни та турбіни.
30. Двигуни зовнішнього згорання. Модель циклу Стірлінга.
31. Порівняльний аналіз двигунів Дизеля та Стірлінга.
32. Порівняльний аналіз бензинових та дизельних двигунів.
33. Модель холодильного циклу. Холодильні машини.
34. Теплові насоси. Теплові труби.
35. Електрохімічні методи. Електронно-іонні моделі електрохімічних процесів перетворення енергії.
36. Фотоелектричний метод. Фізичні моделі фотоперетворювачів на основі явищ внутрішнього та вентильного фотоефекту.
37. Сонячні елементи. ККД сонячного елемента та батареї.
38. Термoeмісійний метод. Фізична модель Зінера для терміонного перетворювача.
39. МГД метод. Фізична модель МГД генератора.
40. Комбіновані методи (фото, емісійний, теплові двигуни, термоелектричні).
41. Модель ланцюгової ядерної реакції поділу. Ядерні реактори на повільних і швидких нейтронах.
42. Модель реакції термоядерного синтезу.
43. Фізичні і технічні проблеми та перспективи керованого термоядерного синтезу.
44. Термодинамічний цикл термоелектричного перетворення енергії і його порівняння з термодинамічними циклами теплових машин.
45. Термодинаміка нерівноважних процесів у термоелектричних перетворювачах енергії.
46. Локальна та інтегральні моделі термоелектричних перетворювачів енергії.
47. Термопарний елемент. Модель Йоффе-Бурштейна.
48. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для термопар. Розрахунок основних параметрів.
49. Анізотропні термоелементи.
50. Спиральні термоелементи.
51. Моделі Юсті та Томсона.
52. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для анізотропних термоелементів. Розрахунок основних параметрів.
53. Термомагнітні елементи. Фізичні моделі робочих режимів термомагнітних елементів.
54. Термодинамічний аналіз режимів генерації, охолодження та нагріву для термомагнітних елементів. Розрахунок основних параметрів.
55. Термопар. Види термопар.
56. Ефект Пельтьє. Коефіцієнт Пельтьє.
57. Ефект Зеебека. ТермоЕРС.
58. Ефект Томсона. Тепло Джоуля-Ленца.
59. Термоелемент. Термоелектричний модуль. Фізичний зміст ККД.
60. Холодопродуктивність. Оптимальний струм.

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/Zaykf41y/polozhennia-pro-vzaiemodiuu-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. Головач, М. М., Мартиненко, С. М., & Василенко, В. В. (2022). Основи фізико-хімічних процесів перетворення енергії : навч. посіб. Київ : КНУБА. 128 с.
2. Савицький, А. Й., Шевчук, А. В., & Сивачук, А. О. (2016). Енергетичні установки : навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ. 120 с.
3. Кондратюк, І. М., Різник, А. О., & Антоненко, В. Г. (2022). Перетворення та акумулювання енергії відновлюваних джерел : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. 96 с.
4. Шевченко, І. Г. (2021). Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Енергетичний менеджмент» : для студ. спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Харків : ХНАУ. 72 с.
5. Титаренко, І. С. (2023). Методична розробка уроку з предмета «Енергоефективність та енергозбереження» на тему: використання альтернативних джерел енергії в Україні.
6. Ковальчук, В. В., & Заяць, А. І. (2018). Фізичні основи енергозбереження в курсі фізики для студентів технічних спеціальностей.
7. Енергетика: економіка, технології, екологія : наук. журн. / КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2000.

Додаткова література

1. Буляндра, О. Ф. *Технічна термодинаміка* : підручник для студентів енергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів. – К. : Техніка, 2001. – 320 с.
2. Будицький, В. І., Будицький, М. О., Козачук, О. В. *Перетворення та акумулювання енергії відновлюваних джерел. Курс лекцій* : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 150 с.
3. Гулієнко, С. В., Гусарова, О. В. *Термодинаміка в хімічній інженерії. Теоретичні основи* : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 211 с. [
4. Ігнатенко, В. М. *Основи молекулярної фізики та термодинаміки* : навч. посіб. – Суми : СумДУ, 2011. – 248 с.

Інформаційні ресурси

<https://moodle.chnu.edu.ua/enrol/index.php?id=1364>

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 університеті 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 – 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.