

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра фізики і хімії твердого тіла



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

20__ р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вибрані питання термоелектрики

(шифр і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

104 Фізика та астрономія

(шифр і назва спеціальності)

факультет

фізико-технічний

(назва, факультету)

Робоча програма

“Вибрані питання термоелектрики”

(назва навчальної дисципліни)

для підготовки здобувачів третього рівня вищої освіти – доктора філософії спеціальності 104 Фізика та астрономія. „23” 02., 2016 р. – 9 с.

Розробники: (вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Никируй Любомир Іванович, доцент кафедри фізики і хімії твердого тіла, кандидат фізико - математичних наук, доцент.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри фізики і хімії твердого тіла

Протокол від “23” лютого 2016 р. № 8

Завідувач кафедри фізики і хімії твердого тіла

“23” лютого 2016 р.



(Прокопів В.В.)
(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією факультету, інституту.

Протокол від “13” 03. 2016 р. № 6

“13” березня 2016 р.

Голова



(Яцура М.М.)
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)	
Модулів – 1	Спеціальність: <u>Фізика та астрономія</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		2016-й	-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 120		3-й	-й
Тижневих годин для денної форми навчання: <u>2</u> аудиторних – <u>2</u> самостійної роботи студента – <u>3</u>	третій освітньо-науковий рівень – доктор філософії	Лекції	
		<u>22</u> год.	год.
		Практичні, семінарські	
		<u>18</u> год.	_ год.
		Лабораторні	
		_ год.	_ год.
		Самостійна робота	
<u>80</u> год.	_ год.		
Індивідуальні завдання:			
_ год.			
Вид контролю: <u>екзамен</u>			

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $40/80=0,5$

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: Альтернативна енергетика сьогодні стає пріоритетом для кожної держави. Термоелектрична енергія, як один із найбільш перспективних напрямків розвитку альтернативних джерел енергії займає чільне місце як у сучасних наукових дослідженнях, так і для світових виробників нових джерел енергії. Відповідно, зростає потреба у фахівцях, які б могли обслуговувати такі системи перетворення енергії, а також конструювати нові, враховуючи особливості кожного конкретного практичного використання. У зв'язку із цим для студентів фізичних спеціальностей вводиться окремий курс „Вибрані питання термоелектрики”. **Метою викладання навчальної дисципліни** „Вибрані питання термоелектрики” є формування знань у аспірантів, які формують загальні підходи щодо розвитку термоелектрики, її перспектив і впливу на науково-технічний прогрес; знань про узагальнену теорію термоелектричного перетворення енергії та елементну базу термоелектрики, перспективи розвитку термоелектрики

Курс дозволяє розширити світогляд аспіранта та виробити навички для самостійної роботи.

Завдання курсу:

Основними завданнями вивчення дисципліни „Вибрані питання термоелектрики” є засвоєння підходів щодо розвитку та перспектив термоелектрики, розуміння студентами єдності електричних, теплових та термоелектричних процесів, освоєння вміння керувати термоелектричними струмами, вибирати термоелектричний матеріал для конкретного практичного застосування, а також типи термоелементів на основі використання закону термоелектричної індукції, вміння використовувати знання, які стосуються властивостей термоелементів для їх використання у створенні термоелектричної апаратури.

У результаті вивчення дисципліни аспіранти повинні:

знати

- організацію і виконання наукового дослідження певної проблеми;
- основні фізичні процеси в напівпровідниках і властивості термоелектричних перетворювачів енергії;
- використання узагальненої теорії перетворення енергії;
- фізичні ефекти, що є основою роботи та принципу дії сучасних пристроїв термоелектричного перетворення енергії;
- розробку термоелектричних перетворювачів енергії;
- застосування фізичних ефектів в термоелектричних генераторах;
- принцип дії, основні характеристики і параметри термоелектричних систем охолодження;
- шляхи розвитку і сучасні проблеми розвитку прикладної термоелектрики.

вміти

- вміти визначати точність вимірювання фізичної величини;
- вміти підготувати до проведення експерименту досліджувану фізичну систему(об'єкт, зразок);
- вміти виконувати вимірювання фізичних величин;
- вміти відібрати необхідні знання і виконати словесно-змістовний опис фізичної системи;

- розрахувати основні параметри термоелектричних матеріалів;
- вміти обґрунтовувати граничні параметри та характеристики термоелектричних вимірювальних приладів і систем;
- вміти аналізувати особливості теплових процесів у різних термоелектричних пристроях і їх вплив на параметри і характеристики;
- вміти розраховувати та визначати експериментально ефективність термоелектричних перетворювачів енергії;
- використовувати сучасні методи розробки термоелектричних перетворювачів енергії для систем енергозабезпечення, охолодження та опалення, метеорологічної та вимірювальної апаратури;
- володіти методами оптимізації систем охолодження, використовуючи специфіку термоелектричних явищ;
- проводити дослідження фізичних процесів у напівпровідниках і напівпровідникових приладах;
- проводити математичний аналіз роботи напівпровідникових приладів і пояснити фізичні явища;
- пояснити фізичні ефекти, що є основою роботи та принципу дії сучасних термоелектричних перетворювачів.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Теорія термоелектричного перетворення енергії.

Термоелектричні матеріали

Тема 1. Етапи розвитку термоелектрики. Термоелектричні явища.

Тема 2. Узагальнена теорія термоелектричного перетворення енергії.

Термодинамічна теорія термоелектрики.

Тема 3. Статистичні закономірності у термоелектриці.

Тема 4. Добротність термоелектричного матеріалу.

Тема 5. Фактори, які впливають на вибір термоелектричного матеріалу.

Тема 6. Низько-, середньо- та високотемпературні матеріали.

Тема 7. Матеріали для термоелектричних генераторів та охолоджувачів

Тема 8. Функціонально-градієнтні матеріали.

Тема 9. Наноструктури у термоелектриці.

Змістовний модуль 2. Елементна база термоелектрики, класифікація термоелементів та прикладне застосування термоелектричного перетворення енергії.

Тема 10. Термопари. Анізотропні термоелементи.

Тема 11. Термоелементи в магнітному полі.

Тема 12. Плівкові термоелементи.

Тема 13. Термоелектричні системи охолодження у транспорті, електроніці, побуті та медицині.

Тема 14. Термоелектричні модулі для термогенераторів та їх конструкції.

Тема 15. Методи розрахунку та оптимізації термогенераторів.

Тема 16. ТЕГ з джерелами тепла на ядерному паливі.

Тема 17. Економічна ефективність використання ТЕГ.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р	
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовий модуль 1. Теорія термоелектричного перетворення енергії. Термоелектричні матеріали						
Тема 1. Етапи розвитку термоелектрики. Термоелектричні явища		1				4
Тема 2. Узагальнена теорія термоелектричного перетворення енергії. Термодинамічна теорія термоелектрики		2	4			6
Тема 3. Статистичні закономірності у термоелектриці		1				4
Тема 4. Добротність термоелектричного матеріалу		1				6
Тема 5. Фактори, які впливають на вибір термоелектричного матеріалу		1				4
Тема 6. Низько-, середньо- та високотемпературні матеріали		1				6
Тема 7. Матеріали для термоелектричних генераторів та охолоджувачів		1	4			6
Тема 8. Функціонально-градієнтні матеріали		1				6
Тема 9. Наноструктури у термоелектриці		1				4
Разом за змістовим модулем 1		10	8			46
Змістовий модуль 2. Елементна база термоелектрики, класифікація термоелементів та прикладне застосування термоелектричного перетворення енергії.						
Тема 10. Термопари. Анізотропні термоелементи		2	4			8
Тема 11. Термоелементи в магнітному полі		1				2
Тема 12. Плівкові термоелементи		1				2
Тема 13. Термоелектричні системи охолодження у транспорті, електроніці, побуті та медицині		2				6
Тема 14. Термоелектричні модулі для термогенераторів та їх конструкції		2	2			6
Тема 15. Методи розрахунку та оптимізації термогенераторів		2	4			4
Тема 16. ТЕГ з джерелами тепла на ядерному паливі		1				2
Тема 17. Економічна ефективність використання ТЕГ		1				4
Разом за змістовим модулем 2		12	10			34
Усього годин		22	18			80

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення коефіцієнта Зеебека кристалічного PbTe	4
2	Дослідження коефіцієнта теплопровідності термоелементів на основі PbTe	4
3	Визначення коефіцієнта холодоутворення термоелемента	2
4	Визначення добротності термоелемента у режимі генерування струму	2
5	Моделювання ККД анізотропного термоелемента	2
6	Визначення ККД термоелектричного модуля у режимі генерування струму	2
7	Оптимізація ККД термогенераторів	2

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Етапи розвитку термоелектрики. Термоелектричні явища: ефекти Пельтьє, Томсона, Зеебека	4
2.	Узагальнена теорія термоелектричного перетворення енергії. Термодинамічна теорія термоелектрики	6
3.	Статистичні закономірності у термоелектриці	4
4.	Добротність термоелектричного матеріалу	6
5.	Фактори, які впливають на вибір термоелектричного матеріалу	4
6.	Низько-, середньо- та високотемпературні матеріали	6
7.	Матеріали для термоелектричних генераторів та охолоджувачів	6
8.	Функціонально-градієнтні матеріали	6
9.	Наноструктури у термоелектриці	4
10.	Термопари. Анізотропні термоелементи	8
11.	Термоелементи в магнітному полі	2
12.	Плівкові термоелементи	2
13.	Термоелектричні системи охолодження у транспорті, електроніці, побуті та медицині.	6
14.	Термоелектричні модулі для термогенераторів та їх конструкції	6
15.	Методи розрахунку та оптимізації термогенераторів	4
16.	ТЕГ з джерелами тепла на ядерному паливі	2
17.	Економічна ефективність використання ТЕГ	4
	Разом	80

7. Методи навчання

Лекції, практичні заняття. На лекційних заняттях заплановано використання мультимедійної техніки.

8. Методи контролю

Навчальна дисципліна „Вибрані питання термоелектрики” оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100-бальною шкалою.

Іспит відбувається в усно-письмовій формі. Екзаменаційний білет містить три запитання, за відповідь на перше та друге з них студент може максимально одержати по 20 балів, за відповідь на третє – 10 балів. В сумі – 50 балів.

У курсі заплановано виконання 7 практичних робіт, кожна із яких оцінюється у 7 балів (8 балів за останню роботу). Максимально можна отримати при цьому – 50 балів.

У межах I змістового модуля передбачається теоретичний розгляд питань з тем 1-17. У виконання практичних робіт включає їх усний захист: усне опитування матеріалу, який розглядався під час лекційних занять за тематикою даної роботи, оцінювання вивчення матеріалу, винесеного на самостійне опрацювання.

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Приклад для екзамену

Лабораторні роботи та самостійна робота	Екзамен	Сума
Змістовий модуль №1	T1-T17	
T1-T17		100
50	50	

T1, T2 ... T17 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80 – 89	B	добре	
70 – 79	C		
60 – 69	D	задовільно	
50 – 59	E		
26 – 49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-25	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10. Рекомендована література

Базова

1. Анатычук Л.И. Термоэлементы и термоэлектрические устройства. – К.: Наукова думка, 1979. – 768 с.
2. Шперун В.М., Фреїк Д.М., Запхляк Р.І. Термоелектрика телуриду свинцю та його аналогів. – Івано-Франківськ: Плай, 2000. – 250 с.
3. Иорданишвили Е.К. Термоэлектрические источники питания. –М.: Совет. Радио, 1968. – 184 с.
4. Иоффе А.Ф. Полупроводниковые термоэлементы. - М.-Х.: изд-во АН СССР, 1960. - 346 с.
5. Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В. Теория термоэлектрических и термомагнитных явлений в анизотропных полупроводниках. – Киев: Наукова думка, 1987. – 271 с.
6. Зеегер К. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 615 с.
7. В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. Фізика полупроводников. – 682 с.
8. В.И. Зиненко, Б.П. Сорокин, П.П. Турчин. Основы физики твердого тела. – 333 с.
9. Аскеров Б.М. Кинетические эффекты в полупроводниках.–Л.: Наука, 1970. – 112 с.
10. Баранский П.И., Буда И.С., Даховский И.В. Теория термоэлектрических и термомагнитных явлений в анизотропных полупроводниках. – Киев: Наукова думка, 1987. – 271 с.

11. Могилевский В.М., Чудновский А.Ф. Теплопроводность полупроводников. – М.: Наука, 1972. – 536 с.
12. Кроткус А., Добровольский З. Электропроводность узкощелевых полупроводников. – Вильнюс: Мокслас, 1988. – 174 с.
13. Бараненко А.В. Холодильные машины: Учеб. Для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / Под общ. Редакцией Л.С.Тимофеевского. –СПб.: Политехника. 1997.- 992 с.
14. Лукишкер Э.М., Вайнер А.Л., Сомкин М.Н., Водолагин В.Ю. Термоэлектрические охладители– М.: Радио и связь.- 1983.- 176 с.
15. Буряк А.А., Карпова Н.Б. Очерки развития термоэлектричества. – Киев: Наукова думка, 1988. –208 с.
16. Расчет и конструирование термоэлектрических генераторов и тепловых насосов. Справочник/ Г.К. Котырло, Ю.Н. Лобунец. – Киев: Наукова думка, 1980. –315 с.
17. Лобунец Ю.Н. Методы расчета и проектирования термоэлектрических преобразователей энергии.– Киев: Наукова думка, 1980.-327с.
18. Дашевський

Допоміжна

1. Булат Л.П. Термоэлектрическое охлаждение: состояние и перспективы // Холодильная техника.-1999.- №7.-С.12-14
2. Thermoelectric materials – New Directions and Approaches // MRS, Pittsburgh, 1998.-V.478.- 348 p
3. Булат Л.П., Бузин Е.В. Термоэлектрические охлаждающие устройства– С.-Петербург: СПбГУНиПТ.- 2001.- 44с.
4. Журнали «Термоэлектрика» 1993-2015 рр.
5. Фреїк Д.М., Криницький О.С., Матківський О.М. Композитні термоелектричні матеріали з нановключеннями: сучасний стан і перспективи (огляд) // Матеріали для сенсорів – 2014. – Т. 10, № 4. – С. 60-80.
6. Криницький О.С. Термоелектричні композитні матеріали на основі легованого плумбуму телуриду (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2014. – Т. 15, №1. – С. 7-19.
7. Фреїк Д.М., Лоп'янюк М.А. Наноструктуровані термоелектричні матеріали: проблеми, технології, властивості (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2013. – Т. 14, №2. – С. 280-299.
8. Фреїк Д.М., Галушак М.О., Криницький О.С., Матківський О.М. Нові термоелектричні нанокompозитні матеріали (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2013. – Т. 14, №2. – С. 300-316.
9. Галушак М.О., Ральченко В.Г., Ткачук А.І., Фреїк Д.М. Методи вимірювання теплопровідності масивних твердих тіл і тонких плівок (огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2013. – Т. 14, №2. – С. 317-345.
10. Фреїк Д.М., Никируй Л.І., Криницький О.С. Досягнення і проблеми термоелектрики I. Історичні аспекти (Огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2012. – Т. 13, №2. – С. 297-318.
11. Фреїк Д.М., Никируй Л.І., Галушак М.О., Матеїк Г.Д. Досягнення і проблеми термоелектрики. II. Основні положення теорії термоелектричних явищ (Огляд) // Фізика і хімія твердого тіла – 2012. – Т. 13, №3. – С. 574-585.

11. Інформаційні ресурси

1. <http://lib.pu.if.ua/> – наукова бібліотека Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.
2. <http://www.nbuv.gov.ua/> – Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського.
3. <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0> - Доступ до колекції журналів Springer Journal Collection.
4. <http://www.sciencedirect.com> - Інформаційні продукти Elsevier sciencedirect
5. <http://www.scopus.com/home.url> - Scopus.Наукометрична реферативна база даних 38 млн. записів про публікації світового репертуару