

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О. И. Чуприс

«12» март 2019 г.

Регистрационный № УД-2495уч.

Методы преобразования энергии

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Функциональные наноматериалы

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебного плана № G31-024/уч. от 11.04.2019г

СОСТАВИТЕЛИ:

Василевич С.В. — доцент кафедры энергофизики Белорусского государственного университета, к.т.н., доцент;
Ларькин А.В. — старший преподаватель кафедры энергофизики Белорусского государственного университета;
Магонь Н.С. — младший научный сотрудник НИЛ энергоэффективных материалов и технологий кафедры энергофизики;
Мазаник А.В. — заведующий кафедрой энергофизики.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Левин М.Л. — старший научный сотрудник ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси», канд. тех. наук, доцент.
Семенович О.В. — старший преподаватель кафедры ядерной физики Белорусского государственного университета;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 12 от 23.05.2019);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28.06.2019)

Заведующий кафедрой энергофизики



А.В. Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Методы преобразования энергии» разработана для специальности 1-31 80 20 Прикладная физика.

Согласно Государственной программе «Энергосбережение» на 2016 – 2020 годы, эффективное использование топливно-энергетических ресурсов является приоритетным в сфере энергетической деятельности в Республике Беларусь. Учебная дисциплина «Методы преобразования энергии» включает в себя теоретическое рассмотрение принципов преобразования энергии, понимание которых необходимо специалистам-физикам.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины: сформировать у обучающихся понимание физических основ современных подходов к получению электрической и тепловой энергии.

Задачи учебной дисциплины:

1. Сформировать у обучающихся навыки анализа термодинамических циклов, используемых в энергетике при производстве тепловой и электрической энергии при сжигании органических топлив и осуществлении реакций деления тяжелых ядер.
2. Раскрыть физические основы существующих способов преобразования солнечной энергии и энергии ветра.
3. Раскрыть физические основы термоэлектрического преобразования энергии.
4. Ознакомить обучающихся с принципом действия и устройством химических источников тока.

Место учебной дисциплины в системе подготовки магистра: учебная дисциплина относится к модулю «Физика низкоразмерных систем» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: материал дисциплины «Методы преобразования энергии» основан на знаниях и представлениях, заложенных при изучении учебной дисциплины «Термодинамика», «Прикладные задачи в термодинамике и статистической физике», «Техническая термодинамика».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Методы преобразования энергии» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- СК-7: Быть способным использовать при исследовании новых материалов и разработке высокоэффективных систем преобразования энергии на их основе знания квантовых размерных эффектов, механизмов переноса

заряда в низкоразмерных системах, электрических, оптических, магнитных свойств наноструктур.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- Физические основы современных подходов к получению электрической и тепловой энергии;
- Преимущества и недостатки различных способов получения электрической и тепловой энергии;

уметь:

- Выполнять анализ термодинамических циклов;
- Анализировать степень пригодности материалов для использования в солнечной энергетике;
- Анализировать степень пригодности материалов для термоэлектрического преобразования энергии;
- Анализировать степень пригодности материалов для создания химических источников тока;

владеть:

- Современными подходами к повышению эффективности преобразования энергии.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во втором семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Методы преобразования энергии» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 120 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 32 часа, семинарские занятия – 8 часов, аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы – 8 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Термодинамические циклы энергетических установок

Тема 1.1 Термодинамический анализ цикла Карно. Круговые процессы. Цикл Карно.

Тема 1.2 Сравнительный термодинамический анализ циклов двигателей внутреннего сгорания. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто. Цикл Дизеля.

Тема 1.3 Анализ циклов газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Цикл Брайтона. Цикл газотурбинной установки с регенерацией.

Тема 1.4 Анализ циклов паротурбинных установок. Паротурбинные установки. Цикл Ренкина. Цикл Ренкина с перегревом пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.

Раздел 2 Солнечная и ветроэнергетика

Тема 2.1 Потенциал использования возобновляемых источников энергии в мире и в Республике Беларусь.

Тема 2.2 Ветроэнергетика: физические основы, технологии, перспективы развития.

Тема 2.3 Физические основы и способы преобразования солнечной энергии.

Тема 2.4 Фотовольтаическое преобразование энергии.

Тема 2.5 Материалы для фотовольтаического преобразования энергии. Современные подходы к повышению эффективности фотовольтаического преобразования энергии.

Тема 2.6 Материалы для фотоэлектрохимического преобразования энергии и фотокатализа.

Раздел 3 Термоэлектрическое преобразование энергии

Тема 3.1 Эффективность термоэлектрического преобразования.

Тема 3.2 Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Использование размерных эффектов для повышения термоэлектрической добротности.

Раздел 4 Современные подходы к аккумулированию электрической энергии

Тема 4.1 Основные положения и принципы электрохимии.

Тема 4.2 Суперконденсаторы: принцип работы, материалы для создания, достигнутые параметры.

Тема 4.3 Химические источники тока: обратимые и необратимые окислительно-восстановительные реакции; основные типы; требования к материалам; подходы к повышению стабильности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	10
1	Термодинамические циклы энергетических установок	8		2			2	
1.1	Термодинамический анализ цикла Карно. Круговые процессы. Цикл Карно.							Устный опрос
1.2	Сравнительный термодинамический анализ циклов двигателей внутреннего сгорания. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто. Цикл Дизеля.							Устный опрос
1.3	Анализ циклов газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Цикл Брайтона. Цикл газотурбинной установки с регенерацией.			2				Устный опрос
1.4	Анализ циклов паротурбинных установок. Паротурбинные установки. Цикл Ренкина. Цикл Ренкина с перегревом пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.						2	Контрольная работа по разделу 1
2	Солнечная и ветроэнергетика	12		2			2	
2.1	Потенциал использования возобновляемых источников энергии в мире и в Республике Беларусь	2						Устный опрос
2.2	Ветроэнергетика: физические основы, технологии, перспективы развития	2						Устный опрос
2.3	Физические основы и способы преобразования солнечной энергии.	2						Устный опрос
2.4	Фотовольтаическое преобразование энергии.	2		2				Устный опрос
2.5	Материалы для фотовольтаического преобразования энергии. Современные подходы к повышению эффективности фотовольтаического преобразования энергии.	2					2	Тематическая презентация

2.6	Материалы для фотоэлектрохимического преобразования энергии и фотокатализа	2						
3	Термоэлектрическое преобразование энергии	4		2			2	
3.1	Эффективность термоэлектрического преобразования.	2						Устный опрос
3.2	Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Использование размерных эффектов для повышения термоэлектрической добротности.	2		2			2	Тематическая презентация
4	Современные подходы к аккумулированию электрической энергии	8		2			2	
4.1	Основные положения и принципы электрохимии.	4						Устный опрос
4.2	Суперконденсаторы: принцип работы, материалы для создания, достигнутые параметры.	2		2				
4.3	Химические источники тока: обратимые и необратимые окислительно-восстановительные реакции; основные типы; требования к материалам; подходы к повышению стабильности.	2					2	Тематическая презентация
Итого		32		8			8	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Гременок В.Ф. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов / В.Ф. Гременок, М.С. Тиванов, В.Б. Залесский. Мн: Издательский центр БГУ, 2007. – 222 с.
2. Русан В.И. Возобновляемая энергетика и энергоэффективность / В.И. Русан, Ю.С. Почанин, В.П. Нистюк. М.: Энергопрогресс, 2015. – 380 с.
3. Ганжа, В.Л. Основы эффективного использования энергоресурсов: теория и практика энергосбережения / В.Л. Ганжа. – Минск: Белорусская наука, 2007.
4. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016.
5. Стрельцов, Е.А. Электрохимия полупроводников / Е.А. Стрельцов. – Мн.: БГУ, 2012.

Перечень дополнительной литературы

6. Хутская Н.Г., Пальченко Г.И. Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов: Учебно-методическое пособие. – Минск, 2015. – 53 с.
7. Александров, А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок: учебное пособие для вузов / А.А. Александров. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Методы преобразования энергии» учебным планом предусмотрен экзамен.

Оценка за подготовку тематических презентаций основывается на полноте охвата рассматриваемого вопроса, степени учета последних мировых достижений в данной области, количестве и уровне использованных литературных источников.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- устных опросов – 30 %;
- контрольной работы – 30 %;
- тематических презентаций – 40 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Весовой коэффициент для оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, для экзаменационной оценки – 60 %.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

– *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения;

– *Практико-ориентированный подход*, который предполагает решение практических задач. В качестве примера задачи такого типа можно привести разработку студентами лабораторной работы по изучению химических источников тока.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для эффективной самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать размещенные в электронной библиотеке учебно-программные материалы, рекомендуемую основную и дополнительную литературу, а также иные, находящиеся в открытом доступе, источники информации.

Также рекомендуется применение заданий различных уровней сложности: задания базового уровня сложности предполагают использование знаний из ограниченной предметной области, задания более высокого уровня сложности требуют от студентов комплексного анализа проблемы с привлечением знаний из смежных областей.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы, контрольную работу, тематические презентации.

Рекомендуемые разделы для проведения устных опросов

1. Факторы, влияющие на эффективность фотовольтаического преобразования.
2. Термодинамический анализ цикла Карно.

3. Сравнительный термодинамический анализ циклов двигателей внутреннего сгорания.
4. Анализ циклов газотурбинных установок.
5. Анализ циклов паротурбинных установок.
6. Критерии выбора материалов для термоэлектрического преобразования энергии.
7. Принципы работы химических источников тока.

Примеры заданий для устных опросов

1. Проанализируйте зависимость эффективности фотоэлектрического преобразования от температуры.
2. Как графически определить работу, совершаемую в ходе цикла Карно в данных термодинамических координатах? В чем отличия данного метода в pV - и Ts - диаграммах?
3. Что такое степень повышения давления в компрессоре? Как зависит термический КПД простой ГТУ от степени повышения давления?
4. Поставьте в соответствие каждому из участков цикла Ренкина с перегревом пара элемент тепловой схемы энергетической установки, работающей по данному циклу.
5. Проанализируйте световую вольт-амперную характеристику солнечного элемента и извлеките из нее максимально возможную информацию.
6. Проанализируйте зависимость термоэлектрической добротности полупроводникового материала от уровня его легирования.
7. Проанализируйте циклическую вольтамперограмму суперконденсатора и извлеките из нее максимально возможную информацию.

Примерный перечень вопросов к экзамену

1. Термодинамический анализ цикла Карно. Круговые процессы. Цикл Карно.
2. Сравнительный термодинамический анализ циклов двигателей внутреннего сгорания. Циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл Отто. Цикл Дизеля.
3. Анализ циклов газотурбинных установок. Газотурбинные установки. Цикл Брайтона. Цикл газотурбинной установки с регенерацией.
4. Анализ циклов паротурбинных установок. Паротурбинные установки. Цикл Ренкина. Цикл Ренкина с перегревом пара. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.
5. Потенциал использования возобновляемых источников энергии в мире и в Республике Беларусь.
6. Ветроэнергетика: физические основы, технологии, перспективы развития.

7. Физические основы и способы преобразования солнечной энергии.
8. Фотовольтаическое преобразование энергии.
9. Материалы для фотовольтаического преобразования энергии. Современные подходы к повышению эффективности фотовольтаического преобразования энергии.
10. Материалы для фотоэлектрохимического преобразования энергии и фотокатализа.
11. Физические основы термоэлектрического преобразования энергии.
12. Факторы, определяющие эффективность термоэлектрического преобразования.
13. Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Использование размерных эффектов для повышения термоэлектрической добротности.
14. Основные положения и принципы электрохимии.
15. Суперконденсаторы: принцип работы, материалы для создания, достигнутые параметры.
16. Химические источники тока: обратимые и необратимые окислительно-восстановительные реакции; основные типы; требования к материалам; подходы к повышению стабильности.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Ядерные технологии в материаловедении	Кафедра физики твердого тела	нет	Оставить без изменений 23.05.2019, протокол №12

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры _____
(протокол № ____ от _____ 201_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
