

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям



О.И. Чуприс

(подпись)

23.07.2018 г.
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 5368/уч.

ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности магистратуры
1-31 81 02 Фотоника**

Минск 2018

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта ОСВО 1-31 81 02-2012, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 24.08.2012 г. № 108 и учебного плана специальности 1-31 81 02 Фотоника, утвержденного 26 мая 2017 г., регистрационный номер № G31-240/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

М.С. Тиванов – заведующий кафедрой энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики Белорусского государственного университета
(протокол № 11 от 17 мая 2018 г.);

Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 12 от 28 июня 2018 г.).

Заведующий кафедрой, к.ф.-м.н. доцент _____ М.С. Тиванов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Гелиоэнергетика» разработана для специальности высшего образования второй ступени (магистратуры) 1-31 81 02 – Фотоника.

Цель учебной дисциплины – формирование профессиональных знаний об основных принципах и физических явлениях, лежащих в основе технологий преобразования энергии солнечного излучения в электроэнергию и тепло.

Основные задачи учебной дисциплины – дать представление о солнечном излучении, потенциале и состоянии использования энергии солнечного излучения, принципах пассивного, теплового и фотоэлектрического использования солнечного излучения, типы и параметрах основных систем для преобразования энергии солнечного излучения.

Развитие промышленного производства и освоение космического пространства, сопряженные с истощением природных энергетических ресурсов и ухудшением экологической обстановки, вызывают необходимость поиска новых способов энергообеспечения. В том числе с использованием возобновляемых источников энергии, среди которых наиболее крупным потенциалом обладает гелиоэнергетика.

Изучаются основные характеристики солнечного излучения, потенциал и современное состояние использования энергии солнечного излучения, принципы пассивного использования солнечного излучения, принципы теплового и фотоэлектрического использования солнечного излучения, типы и параметры солнечных элементов, метрологические аспекты в фотовольтаике, фотоэлектрические системы.

Материал курса основан на базовых знаниях и представлениях, заложенных в дисциплинах по основам теплофизики и материаловедения, неравновесным электронным и оптическим процессам, основам твердотельной электроники, радиационному теплообмену и др.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- характеристики солнечного излучения, потенциал использования энергии солнечного излучения;
- устройство тепловых коллекторов и различных типов солнечных элементов;
- физические пределы эффективности устройств по преобразованию энергии солнечного излучения;
- критерии выбора фотоактивных материалов;
- принципы функционирования фотоэлектрических систем.

уметь:

- анализировать работу и физические характеристики тепловых коллекторов и солнечных элементов.

владеть:

- основами современных технологий использования энергии излучения Солнца в энергетике;
- базовыми принципами моделирования работы устройств гелиоэнергетики (солнечные элементы, тепловые коллекторы, концентраторы).

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

академические компетенции:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

социально-личностные компетенции:

- обладать качествами гражданственности;
- быть способным к социальному взаимодействию;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям.

профессиональные компетенции:

- применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической и научно-педагогической работы;
- пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- реализовывать методы защиты производственного персонала и населения в условиях возникновения аварий, катастроф, стихийных бедствий и обеспечения радиационной безопасности при осуществлении научной, производственной и педагогической деятельности.

инновационная деятельность:

- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям;
- определять цели инноваций и способы их достижения;
- применять методы анализа и организации внедрения инноваций в научно-производственной, научно-педагогической и научно-технической деятельности.

Учебная дисциплина по выбору «Гелиоэнергетика» относится к циклу дисциплин специальной подготовки (компонент учреждения высшего образования).

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины – 78 (зачетных единиц – 2), из них количество аудиторных часов – 36, в том числе лекции – 32 часа, УСП – 4 часа. Количество зачетных единиц – 2.

Занятия проводятся на 2-м курсе магистратуры в 3-м семестре.

Форма получения высшего образования второй ступени – очная, дневная.

Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет в 3 семестре.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. История и перспективы гелиоэнергетики.

1.1 Энергетическая проблема. Возобновляемые источники энергии. Препятствия гелиоэнергетики. Современное состояние и перспективы гелиоэнергетики в мире и в Беларуси.

2. Солнечное излучение.

2.1 Природа и свойства солнечного излучения. Спектр излучения черного тела и Солнца. Влияние атмосферы. Стандарты АМх. Движение Солнца по небосводу. Погодные условия и сезонность.

3. Пассивное использование солнечного излучения.

3.1 Пассивное солнечное отопление. Пассивное солнечное охлаждение. Солнечное освещение.

4. Тепловые коллекторы.

4.1 Радиационный теплообмен. Принцип работы и основные типы тепловых коллекторов. Основные компоненты теплового коллектора. Критерии выбора материалов.

5. Базовые принципы фотовольтаики.

5.1 Фотоэлектрический эффект, история фотовольтаики. Поглощение оптического излучения в полупроводниках.

5.2 p-n-Переход. Фотоэффект в p-n-переходе.

6. Параметры солнечных элементов.

6.1 Принцип работы, эквивалентная схема и вольт-амперная характеристика полупроводникового солнечного элемента.

6.2 Спектральная чувствительность солнечного элемента.

6.3. Влияние параметров солнечного элемента на его эффективность, предельный КПД. Влияние внешних условий на эффективность солнечного элемента.

7. Типы солнечных элементов. Производство.

7.1 Конструкция солнечного элемента. Критерии выбора фотоактивных материалов для солнечных элементов. Солнечные элементы различных поколений. Тандемные солнечные элементы.

7.2 Выбор подложки и нанесение тыльного контакта. Создание фотоактивного слоя. Формирование p-n-перехода. Нанесение лицевых контактов. Защитные и просветляющие покрытия.

7.3 Конструкционные особенности солнечных элементов наземного и космического назначения.

8. Метрология.

8.1 Методы контроля качества фотоактивного материала. Способы расчета параметров солнечного элемента из его спектральных, вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик.

8.2 Определение КПД. Имитатор Солнца.

9. Фотоэлектрические системы.

9.1 Соединение солнечных элементов в модули и батареи. Основные параметры и выходные характеристики солнечных модулей и батарей.

9.2 Компоненты, принцип работы и параметры фотоэлектрических систем. Аккумуляторы и инверторы. Эксплуатация фотоэлектрических систем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное	Количество часов		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1.	История и перспективы гелиоэнергетики.	2							
1.1	Энергетическая проблема. Возобновляемые источники энергии. Преимущества гелиоэнергетики. Современное состояние и перспективы гелиоэнергетики в мире и в Беларуси.	2					[1-2], [11-12]		
2.	Солнечное излучение.	2							
2.1.	Природа и свойства солнечного излучения. Спектр излучения черного тела и Солнца. Влияние атмосферы. Стандарты АМх. Движение Солнца по небосводу. Погодные условия и сезонность.	2					[1-3], [11-12]		
3.	Пассивное использование солнечного излучения.	2							
3.1	Пассивное солнечное отопление. Пассивное солнечное охлаждение. Солнечное освещение.	2					[1], []		
4.	Тепловые коллекторы.	2							
4.1.	Радиационный теплообмен. Принцип работы и основные типы тепловых коллекторов. Основные компоненты теплового коллектора. Критерии выбора материалов.	2					[1], []		
5.	Базовые принципы фотовольтаики.	4							
5.1.	Фотоэлектрический эффект, история фотовольтаики. Поглощение оптического излучения в полупроводниках.	2					[2-10], [11-14]		
5.2	p-n-Переход. Фотоэффект в p-n-переходе.	2					[2-10], [11-14]		
6.	Параметры солнечных элементов.	6							
6.1.	Принцип работы, эквивалентная схема и вольт-амперная характеристика полупроводникового солнечного элемента.	2					[2-10], [11-14]		

6.2	Спектральная чувствительность солнечного элемента.	2							[2-10], [11-14]	
6.3	Влияние параметров солнечного элемента на его эффективность, предельный КПД. Влияние внешних условий на эффективность солнечного элемента.	2							[2-10], [11-14]	
7.	Типы солнечных элементов. Производство.	6								
7.1.	Конструкция солнечного элемента. Критерии выбора фотоактивных материалов для солнечных элементов. Солнечные элементы различных поколений. Тандемные солнечные элементы.	2							[2,7,9], [11-14]	
7.2	Выбор подложки и нанесение тыльного контакта. Создание фотоактивного слоя. Формирование р-п-перехода. Нанесение лицевых контактов. Защитные и просветляющие покрытия.	2							[2,7,9], [11-14]	
7.3	Конструкционные особенности солнечных элементов наземного и космического назначения.	2							[2,7,9], [11-14]	
8.	Метрология.	4								
8.1.	Методы контроля качества фотоактивного материала. Способы расчеты параметров солнечного элемента из его спектральных, вольт-амперных и вольт-фарадных характеристик.	2							[2,3,9], [11-13]	
8.2	Определение КПД. Имитатор Солнца.	2							[2,3,9], [11-13]	
9.	Фотоэлектрические системы.	4						4		
9.1.	Соединение солнечных элементов в модули и батареи. Основные параметры и выходные характеристики солнечных модулей и батарей.	2							[2,3], [11,12]	
9.2.	Компоненты, принцип работы и параметры фотоэлектрических систем. Аккумуляторы и инверторы. Эксплуатация фотоэлектрических систем. Текущий контроль знаний студентов по всем разделам	2							[2], [11]	
	Текущая аттестация							4		Защита рефератов Экзамен

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Рекомендуемая литература

Основная

1. Игнатищев, Р. Энергетическая и экспортная проблемы / Р. Игнатищев. - Минск – Могилёв: Палата представителей Национального собрания Республики Беларусь, 1997. - 45 с.
2. 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.
3. Колтун, М.М. Оптика и метрология солнечных элементов / М.М. Колтун. – М.: Наука, 1984. – 280 с.
4. Бонч-Бруевич, В.Л. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. – Москва: Наука, 1977. – 672 с.
5. Мосс, Т. Полупроводниковая оптоэлектроника / Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис; пер. с англ. А.А. Гиппиуса, А.Н. Ковалёва под ред. С.А. Медведева. – М.: Мир, 1976. – 431 с.
6. Мартынов, В.Н. Полупроводниковая оптоэлектроника / В.Н. Мартынов, Г.И. Кольцов. – М.: МИСИС, 1999. – 400 с.
7. Современные проблемы полупроводниковой фотоэнергетики / С. Фонаш [и др.]; под ред. Т. Коутса, Дж. Микина. – М.: Мир, 1988. – 306 с.
8. Сердюк, В.В. Фотоэлектрические процессы в полупроводниках / В.В. Сердюк, Г.Г. Чемересюк, М. Терек. – Киев – Одесса: Вища школа, 1982. – 151 с.
9. Васильев, А.М. Полупроводниковые фотопреобразователи / А.М. Васильев, А.П. Ландсман. – М.: Сов. радио, 1971. – 248 с.
10. Зи, С. Физика полупроводниковых приборов: в 2 т. / С. Зи; пер. с англ. В.А. Гергеля, В.В. Ракитина; под ред. Р.А. Суриса. – М.: Мир, 1984. – Т. 2. – 456 с.
11. Федотов, А.К. Физическое материаловедение: учебное пособие. В 3 ч. Ч. 3: Материалы энергетики и энергосбережения / А.К. Федотов, В.М. Анищик, М.С. Тиванов. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 463 с.

Дополнительная

12. The e-book «Solar Energy and Photovoltaics» (TEMPUS project).
13. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering / Second Edition – John Wiley & Sons, 2011. – 1132 P.
14. Фаренбрух, А. Солнечные элементы: теория и эксперимент / А. Фаренбрух, Р. Бьюб; пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
15. Overstraeten, R. Van. Physics, Technology and Use of Photovoltaics / R. Van. Overstraeten. – Bristol and Boston: Adam Hilger Ltd, 1986. – 278 p.

Примерный перечень мероприятий для контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине

В качестве средств диагностики и контроля знаний рекомендуется использовать:

1. Выборочный устный контроль на лекциях;
2. Проверка конспектов лекций обучающихся;
3. Написание и защита реферативных работ.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

Примерная тематика реферативных работ

1. Политические и экономические аспекты солнечной энергетики.
2. Проблемы и перспективы использования солнечной энергетики в Беларуси.
3. Государственная политика в области солнечной энергетики.
4. Способы пассивного использования солнечного излучения.
5. Тепловые коллекторы.
6. Термофотовольтаические системы.
7. Материалы для солнечной энергетики.
8. Предельная эффективность различных устройств для преобразования энергии солнечного излучения.
9. Зависимость параметров солнечных элементов от их конструкционных особенностей и внешних воздействий.
10. Влияние параметров солнечных элементов на их эффективность.
11. Способы определения параметров солнечных элементов.
12. Тандемные солнечные элементы.
13. Соединение солнечных элементов в модули.
14. Концентраторы солнечного излучения.
15. Функционирование фотовольтаических систем и их компоненты.
16. Практическое использование фотовольтаических систем.

Рекомендации по контролю качества усвоения знаний и проведению аттестации

Для текущего контроля качества усвоения знаний по учебной дисциплине рекомендуется использовать выборочные устные опросы на лекциях, защиту реферативных работ. Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой учебной дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за

контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций длительностью до 20 минут с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в форме зачета.

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)
Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины, будут использованы при прохождении производственной практики и подготовке магистерских диссертаций	Кафедра энергофизики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Протокол № 11 от 17 мая 2018 г.

[illegible]

М.С. ТИВАНОВ

В.М. АНИЩИК