

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

«12» _____ 2019 г.

Регистрационный № УД- 7213 /уч.

Материалы энергетики

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

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направление специальности:

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01-2013, учебного плана от 30 мая 2013 г. № G31-163/уч., № G31и-174/уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

А.К. Федотов – профессор кафедры энергофизики физического факультета Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.Е. Борисенко - заведующий кафедрой микро- и наноэлектроники Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор;

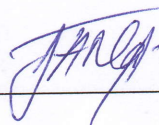
В.Б. Оджаев - заведующий кафедрой физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики (протокол № 12 от 23.05.2019);

Советом физического факультета
(протокол № 12 от 27.06.2019)

Заведующий кафедрой энергофизики



А.В. Мазаник



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Материалы энергетики» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика, направления специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность), специализации 1-31 04 01-01 07 «Энергофизика».

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов с основными физическими принципами формирования и диагностики материалов энергетики и энергосбережения (МЭЭ), а также их применений.

Задачи учебной дисциплины:

1. Дать знания студентам в современном МЭЭ;
2. Ознакомить студентов с атомно-электронной структурой и основными свойствами МЭЭ;
3. Показать студентам основные физико-химические процессы, приводящие к формированию МЭЭ;
4. Ознакомить студентов с основными принципами использования МЭЭ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Данная учебная дисциплина основывается на дисциплинах специализации «Основы физики твердого тела и полупроводников» и «Фазовые превращения в твердых телах».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Материалы энергетики» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.
- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4. Уметь работать самостоятельно.
- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

уметь:

- объяснять основные свойства МЭЭ, исходя из данных об их химическом составе, атомно-кристаллическом строении и электронной структуре;

- объяснять основные причины влияния структуры на функциональные характеристики МЭЭ и различных технических устройств на их основе.

владеть:

- базовыми теоретическими моделями, описывающими функциональные свойства МЭЭ;

- основными методами исследования атомно-кристаллической структуры и свойств МЭЭ.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7-ом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Материалы энергетики» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 50 часов, в том числе 20 аудиторных часов, из них: лекции – 16 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Базовые технологические принципы создания материалов для энергетики и энергосбережения

Тема 1.1. Введение. Роль новых материалов в энергетике и энергосбережении. Классификация материалов энергетики и энергосбережения (МЭЭ). Влияние МЭЭ на повышение эффективности энергетических и энергосберегающих устройств, процессов и технологий.

Тема 1.2. Базовые технологии получения МЭЭ: плавление, литье, прессование (порошковая металлургия), экструзия, термическая обработка, диффузия, термо-механическая обработка, термо-химическая обработка.

Раздел 2. Специальные металлические материалы, их структура и свойства

Тема 2.1. Специальные МЭЭ. Сплавы цветных металлов и их основные свойства. Тугоплавкие сплавы и их свойства. Керметы. Структура литых сплавов. Закалка сплавов. Сверхбыстрая кристаллизация сплавов. Термическая обработка деформированных, литых и закаленных сплавов. Конструкционная прочность МЭЭ. Классификация конструкционных МЭЭ: высокопрочные и износостойкие сплавы. МЭЭ с высокими упругими свойствами. МЭЭ с малой плотностью. Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные МЭЭ.

Тема 2.2. Специальные МЭЭ. Сплавы с высокой и низкой электропроводностью. Электроизолирующие материалы. Сверхпроводящие материалы и их применение в энергетике. Магнитомягкие и магнитотвердые сплавы. Теплопроводящие материалы. Материалы с низким коэффициентом теплового расширения.

Раздел 3. Строение и свойства неметаллических МЭЭ

Тема 3.1. Неорганические неметаллические МЭЭ: стекла, керамики. Органические МЭЭ и их классификация: полимеры, пластмассы. Композиционные материалы и их классификация. Свойства и применение композиционных МЭЭ.

Раздел 4. Материалы, используемые в нетрадиционной энергетике

Тема 4.1. Материалы ядерной энергетики. Материалы защиты от жестких излучений. Материалы в геотермальной энергетике. Материалы для аккумуляторов. Твердые электролиты. Материалы в водородной энергетике. Металл-гидридные батареи. Водородная хрупкость.

Раздел 5. Энергоэффективные материалы ограждающих конструкций

Тема 5.1. Бетоны и железобетоны: строение, химический состав и свойства. Строительные керамики и композиты: строение, химический состав и свойства. Древесина: строение, химический состав и свойства. Материалы с особыми свойствами отражения и поглощения электромагнитного излучения в разных областях спектра.

Раздел 6. Материалы возобновляемой энергетики

Тема 6.1. Основные типы и принципы работы существующих солнечных батарей и тепловых коллекторов. Материалы для фотовольтаики и тепловых коллекторов. Виды кремниевых материалов, используемых устройств в фотовольтаической солнечной энергетике (ФСЭ). Методы получения и свойства кремниевых материалов для ФСЭ. Полупроводниковые соединения для ФСЭ: методы получения и свойства. Термоэлектрические материалы: принципы работы и свойства. Термоэлектрические батареи.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УРС	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Базовые технологические принципы создания МЭЭ	4					2	презентация
1.1	Введение. Роль новых материалов в энергетике и энергосбережении. Классификация материалов энергетики и энерго-сбережения (МЭЭ). Влияние МЭЭ на повышение эффективности энергетических и энергосберегающих устройств, процессов и технологий.	2						Устный опрос
1.2	Базовые технологии получения МЭЭ: плавление, литье, прессование (порошко-вая металлургия), экструзия, термическая обработка, диффузия, термо-механическая обработка, термо-химическая обработка.	2					2	Тематическая презентация
2	Специальные МЭЭ	4						
2.1	Сплавы цветных металлов и их основные свойства. Тугоплавкие сплавы и их свойства. Керметы. Структура литых сплавов. Закалка сплавов. Сверхбыстрая кристаллизация сплавов. Термическая обработка деформированных, литых и закаленных сплавов. Конструкционная прочность МЭЭ. Классификация конструкционных МЭЭ: высокопрочные и износостойкие сплавы. МЭЭ с высокими упругими свойствами. МЭЭ с малой плотностью. Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные МЭЭ.	2						Письменное тестирование

2.2	Сплавы с высокой и низкой электропроводностью. Электроизолирующие материалы. Сверхпроводящие материалы и их применение в энергетике. Магнитотвердые сплавы. Теплопроводящие материалы. Материалы с низким коэффициентом теплового расширения.	2						Устный опрос
3	Строение и свойства неметаллических МЭЭ	2						
3.1	Неорганические неметаллические МЭЭ: стекла, керамики. Органические МЭЭ и их классификация: полимеры, пластмассы. Композиционные материалы и их классификация. Свойства и применение композиционных МЭЭ.	2						Письменное тестирование
4	Материалы, используемые в негради-ционной энергетике	2						
4.1	Материалы ядерной энергетики. Материалы защиты от жестких излучений. Материалы в геотермальной энергетике. Материалы для аккумуляторов. Твердые электролиты. Материалы в водородной энергетике. Металлгидридные батареи. Водородная хрупкость.	2						Устный опрос
5	Энергоэффективные материалы ограждающих конструкций	2						
5.1	Бетоны и железобетоны: строение, химический состав и свойства. Строительные керамики и композиты: строение, химический состав и свойства. Древесина: строение, химический состав и свойства. Материалы с особыми свойствами отражения и поглощения электромагнитного излучения в разных областях спектра.	2						Письменное тестирование
6	Материалы возобновляемой энергетике	2					2	
6.1	Основные типы и принципы работы существующих солнечных батарей и тепловых коллекторов. Материалы для фотовольтаики и тепловых коллекторов. Виды кремниевых материалов, используемых устройств в фотовольтаической солнечной энергетике (ФСЭ). Методы получения и свойства кремниевых материалов для ФСЭ. Полупроводни-ковые соединения для ФСЭ: методы получения и свойства. Термoeлектрические материалы: принципы работы и свойства. Термoeлектрические батареи.	2					2	Тематические презентации

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Павлов, П.В., Физика твердого тела. / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. - М.: Высшая школа, 1985. – 295 с.
2. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела. / Ч. Киттель. - М.: Физматгиз, 1963. – 451 с.
3. Солнцев, Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин, Ф.М. Войткун – М.: Изд. МИСИС, 1999.- 345 с.
4. Строительные материалы (материаловедение и технология). Под общей редакцией В.Г. Микульского. / М.: Изд. АСВ, 2002. – 268 с.
5. Фаренбрух, А. Солнечные элементы. Теория и эксперимент. / А.Фаренбрух, Р.М. Бьюб – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 278 с.
6. Федотов А.К. Физическое материаловедение: учеб. Пособие. В 3 ч. Ч. 3. Материалы энергетики и энергосбережения./ Федотов А.К., Анищик В.М., Тиванов М.С. – Минск: Выш. Шк., 2010. – 400 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Лившиц Ю.Б.Г. Металлография / Б.Г. Лившиц - М.: Металлургия, 1971. – 301 с.
2. Гуляев, А.П. Металловедение / А.П.Гуляев - М.: Оборонгиз, 1963. – 323 с.
3. Ван Флек. Теоретическое и прикладное материаловедение. / Ван Флек. - М.: Атомиздат, 1975. – 284 с.
4. Горбунов, Г.И. Основы строительного материаловедения. / Г.И. Горбунов - М.: Изд. АСВ, 2002.- 321 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

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.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Материалы энергетики» учебным планом предусмотрен зачет

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:

- Устные опросы – 30 %;
- Письменные тесты – 30 %;
- Тематическая презентация – 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 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Сплавы цветных металлов: диаграммы состояний, структура и свойства.
2. Тугоплавкие сплавы и керметы: диаграммы состояний, структура и свойства.
3. Литые и закаленные сплавы: структура, свойства, применение.
4. Сверхбыстрая кристаллизация сплавов: структура, свойства, применение.
5. Термическая обработка деформированных, литых и закаленных сплавов: структура, свойства, применение
6. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
7. Химико-термическая обработка металлов и сплавов.
8. Сплавы с высокой и низкой электропроводностью: структура, свойства, применение.
9. Электроизолирующие материалы: структура, свойства, применение.
10. Сверхпроводящие сплавы и их применение в энергетике.
11. Магнитомягкие и магнитотвердые сплавы: структура, свойства, применение.
12. Теплозащитные и теплопроводящие материалы.
13. Материалы с низким коэффициентом теплового расширения.
14. Классификация конструкционных материалов: структура, свойства, применение.
15. Износостойкие материалы.
16. Материалы с высокими упругими свойствами.
17. Материалы с малой плотностью.
18. Материалы с заданным коэффициентом модуля упругости.
19. Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные материалы: структура, свойства, применение.
20. Материалы с высоким коэффициентом трения..
21. Влияние новых материалов на повышение эффективности энергетических процессов, установок и технологий.
22. Неорганические неметаллические конструкционные материалы: стекла и керамики.
23. Классификация и свойства органических конструкционных материалов: полимеры, пластмассы, дерево.
24. Классификация композиционные материалов: структура и свойства.

25. Свойства и применение композиционных материалов в энергетике и энергосбережении.
26. Материалы ядерной энергетики.
27. Материалы в геотермальной энергетике.
28. Взаимодействие материалов с геотермальными жидкостями: коррозия, эрозия.
29. Материалы для аккумуляторов.
30. Твердые электролиты.
31. Материалы водородной энергетики и принципы их использования.
32. Термоэлектрические батареи.
33. Классификация композиционных строительных материалов: каменные, бетоны, железобетоны.
34. Строение, состав, физико-механические свойства строительных композиций.
35. Строительные керамики.
36. Основные типы существующих солнечных элементов.
37. Виды полупроводниковых материалов, используемых в солнечной энергетике.
38. Методы получения и свойства кремниевых солнечных материалов.
39. Тепловые коллекторы.

**Описание инновационных подходов и методов к преподаванию
учебной дисциплины (эвристический, проективный,
практико-ориентированный)**

Рекомендуется использовать следующие инновационные подходы и методы к преподаванию учебной дисциплины:

1. Практико-ориентированный подход, который предполагает выполнение практических заданий. В качестве примера задания такого типа можно привести разработку студентами программы экспериментального исследования тех или иных материалов, применяемых в энергетике.

2. Метод группового обучения, предполагающий формирование малых групп, работающих над учебными заданиями.

**Методические рекомендации по организации
самостоятельной работы обучающихся**

С целью создания условий для эффективной самостоятельной работы студентам будет дан перечень учебных пособий и иной литературы, где описаны технологические принципы использования, структура и свойства МЭЭ.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Сплавы меди.
2. Сплавы алюминия.
3. Сплавы титана.
4. Сплавы никеля.
5. Тугоплавкие сплавы и их свойства.
6. Керметы
7. Структура и свойства литых сплавов.
8. Закалка сплавов.
9. Сверхбыстрая кристаллизация сплавов.
10. Пластическая деформация однофазных и двухфазных сплавов.
11. Термическая обработка деформированных и литых сплавов.
12. Термическая обработка закаленных сплавов.
13. Термическая обработка сплавов с переменной растворимостью компонентов в твердом состоянии.
14. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: структура, свойства, применение.
15. Диффузионное насыщение сплавов металлами и неметаллами.
16. Сплавы с высокой и низкой электропроводностью.
17. Электроизолирующие материалы.
18. Сверхпроводящие сплавы и их применение в энергетике.
19. Магнитомягкие и магнитотвердые сплавы.
20. Теплозащитные материалы.
21. Теплопроводящие материалы.
22. Материалы с низким коэффициентом теплового расширения.
23. Конструкционная прочность материалов.
24. Классификация конструкционных материалов.
25. Высокопрочные сплавы.
26. Износостойкие материалы.
27. Материалы с высокими упругими свойствами.
28. Материалы с малой плотностью.
29. Материалы с заданным коэффициентом модуля упругости.
30. Коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные материалы.
31. Материалы с высоким коэффициентом трения..
32. Неорганические неметаллические конструкционные материалы.
33. Стекла: структура, свойства, применение.
34. Керамики: структура, свойства, применение.
35. Классификация органических конструкционных материалов.
36. Полимеры: структура, свойства, применение.
37. Пластмассы: структура, свойства, применение.
38. Композиционные материалы и их классификация.
39. Принципы выбора материалов матрицы, упрочняющих фаз и структуры композита.

40. Дисперсно-упрочненные, волокнистые, слоистые и др. композиционные материалы.
41. Свойства и применение композиционных материалов в энергетике и энергосбережении.
42. Материалы ядерной энергетики.
43. Материалы защиты от жестких излучений.
44. Материалы в геотермальной энергетике.
45. Взаимодействие материалов с геотермальными жидкостями. Коррозия и эрозия в геотермальных системах.
46. Материалы для аккумуляторов. Требования к компонентам аккумуляторов: аноды и катоды.
47. Твердые электролиты.
48. Материалы в водородной энергетике: структура, свойства, применение.
49. Накопители водорода. Топливные элементы.
50. Термоэлектрические материалы в энергетике.
51. Строение и химический состав бетонов и железобетонов.
52. Физическо-механические свойства бетонов и железобетонов.
53. Строительные керамики.
54. Строительные композиты.
55. Основные типы существующих солнечных элементов.
56. Виды кремниевых материалов, используемых в солнечной энергетике.
57. Методы получения и свойства моно- и поликристаллического кремния.
58. Методы получения и свойства аморфного кремния для солнечной энергетике.
59. Полупроводниковые соединения для солнечных элементов. Методы получения и свойства.

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)
«Оптические и неравновесные процессы в конденсированных средах»	кафедра энергофизики	В учебной дисциплине «Оптические и неравновесные процессы в конденсированных средах» необходимо изложить основные представления о генерации, рекомбинации и транспорте носителей заряда в полупроводниках	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 _____ 2019 г.)

Заведующий кафедрой энергофизики

А.В. Мазаник

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

М.С. Тиванов