

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

О.И. Чуприс

2019 г.

Регистрационный № УД-6961/уч.

Функциональные материалы

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

1-31 80 05 Физика

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 05-2019 и учебного плана от 11 апреля 2019 г. № G31-062/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);

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

Заведующий кафедрой энергофизики _____ **А.В. Мазаник**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Функциональные материалы» разработана для специальности 1-31 80 05 Физика.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – ознакомить студентов магистратуры с основными физическими принципами получения и диагностики, а также свойствами и применениями функциональных материалов (ФМ).

Задачи учебной дисциплины:

1. Ознакомить студентов магистратуры с основными способами получения и свойствами ФМ;
2. Раскрыть студентам магистратуры роль ФМ в современной технике;
3. Дать студентам магистратуры понимание базовых физико-химических процессов, приводящих к формированию ФМ;
4. Ознакомить студентов магистратуры с основными применениями ФМ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Современная физика» государственного компонента.

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», «Фазовые превращение в твердых телах» и «Оптические и неравновесные процессы в конденсированных средах».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Функциональные материалы» должно обеспечить формирование у студентов магистратуры следующих следующих универсальных и углубленных профессиональных компетенций:

универсальные компетенции:

– УК-3: Быть способным к инновационной, научно-исследовательской и научно-образовательной деятельности, к разработке новых методов исследования, изменению профиля научно-исследовательской деятельности, выдвижению самостоятельных гипотез;

– **углубленные профессиональные** компетенции:

– УПК-3: Быть способным описывать электрические, магнитные и оптические свойства функциональных материалов на основе данных об их атомной структуре, определять области использования функциональных материалов на основании их электрических, магнитных и оптических свойств.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные физико-химические процессы, определяющие реальную атомно-кристаллическую структуру и свойства ФМ;
- основные представления о роли ФМ в создании и функционировании различных технических устройств;
- основные теоретические модели и методы описания свойств и использования ФМ;
- базовые методы синтеза ФМ.

уметь:

- объяснять основные свойства ФМ, исходя из данных об их химическом и фазовом составе, атомно-кристаллическом строении и электронной структуре;
- объяснять основные причины влияния структуры на функциональные характеристики ФМ и различных технических устройств на их основе.

владеть:

- базовыми теоретическими моделями, описывающими физико-химические свойства ФМ;
- основными методами исследования атомно-кристаллической структуры и свойств ФМ.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в первом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Функциональные материалы» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 46 аудиторных часов, из них: лекции – 34 часа, семинарские занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Материалы для энергетики

Тема 1.1. Материалы для солнечной энергетики. Фотовольтаическое преобразование энергии. Фотоэлектрохимическое преобразование энергии. Фотокатализ. Критерии выбора материалов для солнечной энергетики. Поколения солнечных элементов. Достигнутые значения эффективности и перспективы развития.

Тема 1.2. Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Параметры, определяющие эффективность термоэлектрического преобразования энергии. «Классические» термоэлектрические материалы. Подходы к повышению термоэлектрической добротности.

Тема 1.3. Материалы для химических источников тока. Виды химических источников тока. Требования, предъявляемые к материалам для химических источников тока. Существующие и перспективные материалы.

Раздел 2. Наноструктурированные материалы

Тема 2.1. Типы и модели наноструктур. Классические и квантовые размерные эффекты.

Тема 2.2. Плотность электронных состояний в наноструктурах. Влияние электрического поля на спектр электронных состояний. Двойные квантовые структуры.

Тема 2.3. Электронный транспорт в наноматериалах.

Тема 2.4. Наноструктурированные композиционные материалы. Теория перколяции.

Тема 2.5. Емкостная спектроскопия композиционных материалов.

Раздел 3. Разные типы функциональных материалов

Тема 3.1. Жидкие кристаллы (ЖК). ЖК состояние. Типы ЖК. Электрические и магнитные свойства ЖК. Практическое использование ЖК.

Тема 3.2. Ионные проводники (твердые электролиты). Критерии возникновения суперионного состояния. Важнейшие типы проводников. Электронно-ионные проводники. Протонные проводники. Применение твердых электролитов.

Тема 3.3. Биоматериалы. Требования к биоматериалам. Области использования. Фосфаты кальция. Влияние условий синтеза и примесей. Композиты и покрытия. Стеклокерамики. Металлические сплавы. Полимеры. Сплавы с памятью формы. Биосенсоры.

Тема 3.4. Материалы для оптоэлектроники.

Тема 3.5. Углеродные материалы.

Раздел 4. Современные методы диагностики функциональных материалов

Тема 4.1. Оптическая, электронная и зондовая микроскопия.

Тема 4.2. Методы, основанные на зондировании материалов пучками частиц.

Тема 4.3. Методы спектрального анализа материалов.

Раздел 5. Практическая реализация методов диагностики материалов

Тема 5.1. Анализ рентгеновских и электронных дифрактограмм.

Тема 5.2 Анализ спектров комбинационного рассеяния света.

Тема 5.3 Анализ рентгеновских фотоэлектронных спектров.

Тема 5.4 Анализ спектров резерфордского обратного рассеяния.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Материалы для энергетики	6						
1.1	Материалы для солнечной энергетики. Фотовольтаическое преобразование энергии. Фотоэлектрхимическое преобразование энергии. Фотокатализ. Критерии выбора материалов для солнечной энергетики. Поколения солнечных элементов. Достигнутые значения эффективности и перспективы развития.	2						Устный опрос
1.2	Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Параметры определяющие эффективность преобразования термоэлектрического преобразования энергии. «Классические» термоэлектрические материалы. Подходы к повышению термоэлектрической добротности.	2						Устный опрос
1.3	Материалы для химических источников тока. Виды химических источников тока.	2						Устный опрос

	Требования, предъявляемые к материалам для химических источников тока. Существующие и перспективные материалы.								
2	Наноструктурированные материалы	10						2	
2.1	Типы и модели наноструктур. Классические и квантовые размерные эффекты.	2							Устный опрос
2.2	Плотность электронных состояний в наноструктурах. Влияние электрического поля на спектр электронных состояний. Двойные квантовые структуры.	2							Устный опрос
2.3	Электронный транспорт в наноматериалах.	2						2	Тематическая презентация
2.4	Наноструктурированные композиционные материалы. Теория перколяции.	2							Устный опрос
2.5	Емкостная спектроскопия композиционных материалов.	2							Устный опрос
3	Разные типы функциональных материалов	10						2	
3.1	Жидкие кристаллы (ЖК). ЖК состояние. Типы ЖК. Электрические и магнитные свойства ЖК. Практическое использование ЖК.	2							Устный опрос
3.2	Ионные проводники (твердые электролиты). Критерии возникновения суперionного состояния. Важнейшие типы проводников. Электронно-ионные проводники. Протонные проводники. Применение твердых электролитов.	2							Устный опрос
3.3	Биоматериалы. Требования к биоматериалам. Области использования. Фосфаты кальция. Влияние условий	2							Устный опрос

	синтеза и примесей. Композиты и покрытия. Стеклокерамики. Металлические сплавы. Полимеры. Сплавы с памятью формы. Биосенсоры.								
3.4	Материалы для оптоэлектроники.	2							Устный опрос
3.5	Углеродные материалы.	2						2	Темагическая презентация
4	Современные методы диагностики функциональных материалов	8							Устный опрос
4.1	Оптическая, электронная и зондовая микроскопия.	2							Устный опрос
4.2	Методы, основанные на зондировании материалов пучками частиц.	3							Устный опрос
4.3	Методы спектрального анализа материалов.	3							Устный опрос
5	Практическая реализация методов диагностики материалов					8			
5.1	Анализ рентгеновских и электронных дифрактограмм.					2			Отчет
5.2	Анализ спектров комбинационного рассеяния света.					2			Отчет
5.3	Анализ рентгеновских фотоэлектронных спектров.					2			Отчет
5.4	Анализ спектров резерфордовского обратного рассеяния.					2			Отчет

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Фистуль, В.И. Физика и химия твердого тела. Ч. 1 и 2. /В.И. Фистуль - М.: Металлургия, 1995. – 543 с.
2. Федотов А.К. Физическое материаловедение: учеб. Пособие. В 3 ч. Ч. 2. Фазовые превращения в металлах и сплавах / Федотов А.К. – Минск: Выш. Шк., 2012. – 447 с.
3. 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., 2014. – 463 с.
4. Третьяков Ю.Д., Метлин Ю.Г. Фундаментальные физико-химические принципы в неорганическом материаловедении / ЖВХО, т. 36, н. 6, 1991. - 265 с.
5. Третьяков Ю.Д. Химия нестехиометрических окислов. М.: МГУ, 1974, - 363 с.
6. Третьяков Ю.Д. Твердофазные реакции / Третьяков Ю.Д. - Москва: Химия, 1978. - 359 с.
7. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. М.: Мир, 1989.
8. Углов В.В., Черенда Н.Н., Анищик В.М.. Методы анализа элементного состава поверхностных слоев. Мн.: БГУ, 2007.

Перечень дополнительной литературы

1. Третьяков Ю.Д. Проблемы и перспективы развития материалов / Третьяков Ю.Д., Метлин Ю.Г. - ЖВХО, т.36, н.6, 1991
2. Николис Г. Познание сложного / Николис Г., Пригожин И. - Москва: Мир, 1990, 341 с.
3. Баблюянец А. Молекулы, динамика и жизнь / Баблюянец А. - М.:Мир, 1990, 373 с.
4. Иванова В.С. Синергетика и фракталы в материаловедении / Иванова В.С., А.С.Баланкин, И.Ж.Бунин, А.А.Оксогоев. - Москва: Наука, 1994, - 301 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 и качестве выступления.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Функциональные материалы» учебным планом предусмотрен экзамен

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:

- устный опрос – 50 %;
- подготовка тематической презентации – 25 %
- отчет – 25 %;

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

Примерная тематика тематических презентаций

1. Химические методы синтеза полупроводниковых материалов для фотовольтаики и фотокатализа.
2. Методы получения материалов для светоизлучающих структур.
3. Материалы для химических источников тока: требования к характеристикам, методы синтеза и диагностики.

Примерная тематика семинарских занятий

1. Анализ рентгеновских и электронных дифрактограмм.
2. Анализ спектров комбинационного рассеяния света.
3. Анализ рентгеновских фотоэлектронных спектров.
4. Анализ спектров резерфордского обратного рассеяния

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 решение практических задач. В качестве примера задачи такого типа можно привести разработку студентами метода получения материала с заданными функциональными свойствами.

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

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы, тематические презентации. Для эффективной самостоятельной работы магистрантов 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.

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Материалы для солнечной энергетики. Фотовольтаическое преобразование энергии. Фотоэлектрохимическое преобразование энергии. Фотокатализ.
2. Материалы для термоэлектрического преобразования энергии. Параметры, определяющие эффективность термоэлектрического преобразования энергии. Подходы к повышению термоэлектрической добротности.
3. Материалы для химических источников тока. Виды химических источников тока. Требования, предъявляемые к материалам для химических источников тока.
4. Типы и модели наноструктур. Классические и квантовые размерные эффекты.
5. Плотность электронных состояний в наноструктурах. Влияние электрического поля на спектр электронных состояний. Двойные квантовые структуры.
6. Электронный транспорт в наноматериалах.
7. Наноструктурированные композиционные материалы. Теория перколяции.
8. Емкостная спектроскопия композиционных материалов.
9. Жидкие кристаллы (ЖК). ЖК состояние. Типы ЖК. Электрические и магнитные свойства ЖК. Практическое использование ЖК.
10. Ионные проводники (твердые электролиты). Критерии возникновения суперионного состояния. Важнейшие типы проводников. Электронно-ионные проводники. Протонные проводники. Применение твердых электролитов.
11. Биоматериалы. Требования к биоматериалам. Области использования. Фосфаты кальция. Влияние условий синтеза и примесей. Композиты и покрытия. Стеклокерамики. Металлические сплавы. Полимеры. Сплавы с памятью формы. Биосенсоры.
12. Материалы для оптоэлектроники.
13. Углеродные материалы.
14. Оптическая, электронная и зондовая микроскопия.
15. Методы исследования материалов, основанные на зондировании материалов пучками частиц.
16. Методы спектрального анализа материалов.

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)

**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 _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой энергофизики

А.В. Мазаник

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

М.С. Тиванов