

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное учреждение
высшего профессионального образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор
по образовательной деятельности КФУ
Проф. Минзарипов Р.Г.

"__" _____ 20__ г.

Программа дисциплины

Магнитные наноструктуры и материалы БЗ.ДВ.3

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Тагиров Л.Р.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Тагиров Л. Р.

Протокол заседания кафедры No ____ от "____" _____ 201__ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No ____ от "____" _____ 201__ г

Регистрационный No

Казань

2015

Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Тагиров Л.Р. Кафедра физики твердого тела Отделение физики, ltagirov@mail.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины "Магнитные наноструктуры и материалы" является изучение основ магнитных явлений в различных объектах, включая низкоразмерные структуры и магнитные наноструктуры

2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Изучение данной дисциплины базируется на вузовской подготовке студентов по модулям высшей математики, общей физики (разделы: "Молекулярная физика", "Электричество", "Атомная физика") теоретической физики (разделы "Электродинамика", "Квантовая теория", "Статистическая физика"), "Физике сплошных сред". Осваивается на третьем курсе обучения, шестой семестр.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК-3 (профессиональные компетенции)	готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные виды и характер поведения вещества в магнитном поле;
основные законы, которым подчиняются магнитные свойства веществ и материалов в их математической и графической формулировках; экспериментальные методы исследования магнитных свойств;
основные закономерности проявления магнитных свойств различных функциональных материалов;
зависимость их проявления от гомогенности и дисперсности композитных систем и специфику их проявления в нанокompозитах.

2. должен уметь:

обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные о магнитных свойствах веществ, полученных с применением современной аналитической базы;
анализировать:
магнитные свойства в зависимости от состава и структуры веществ, дисперсности материала, внешних условий (температурного интервала, напряженности поля);
проводить расчеты магнитных характеристик (намагниченности, магнитной восприимчивости, магнитного момента, параметров обменных взаимодействий).

3. должен владеть:

навыками применения основных расчетных, модельных и экспериментальных методов исследования магнитных свойств веществ к решению практических вопросов нанотехнологии, созданию магнитных композиционных наноматериалов.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к освоению методов научных исследований магнитных характеристик наноматериалов;
к участию в проведении физических исследований по заданной тематике;
работать с научной литературой с использованием новых информационных технологий;
к освоению методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности;
к освоению методов инженерно-технологической деятельности.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

- 86 баллов и более - "отлично" (отл.);
 71-85 баллов - "хорошо" (хор.);
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Магнитные свойства твердых тел. Обменные взаимодействия. Зонная структура ферромагнитных металлов	6	1	2	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Спиновая электроника	6	2-3	4	4	0	устный опрос
3.	Тема 3. Методы получения магнитных материалов и исследования их магнитного поведения.	6	4-5	4	4	0	письменная работа
4.	Тема 4. Межкристаллитное магнитное взаимодействие в магнитных наноструктурах	6	6-7	4	5	0	устный опрос
5.	Тема 5. Магнитное взаимодействие и процессы перемагничивания в магнитных наноструктурах	6	8-9	2	6	0	устный опрос
6.	Тема 6. Эксплуатационные характеристики магнитных наноструктур	6	10	2	4	0	письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Итого			18	25	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Магнитные свойства твердых тел. Обменные взаимодействия. Зонная структура ферромагнитных металлов

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Диамagnetики. Парамагнетизм. Парамагнетизм свободных электронов. Электронный парамагнитный резонанс. Получение низких температур методом адиабатического размагничивания парамагнетиков. Магнитомеханический эффект. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Ферримагнетизм.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Ферриты. Спиновые волны. Магнитная нейтронография.

Тема 2. Спиновая электроника

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Магнитные полупроводники. Поляризация спинов электронов в полупроводниках. Оптическая ориентация спинов электронов. Ориентация спинов при переносе из ферромагнитных материалов. Спиновая релаксация носителей заряда в полупроводниках. Особенности спиновых взаимодействий в системах пониженной размерности. Двумерные электронные системы (квантовые ямы). Одномерные электронные системы (квантовые проволоки). Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки).

практическое занятие (4 часа(ов)):

Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки). Возможности практического использования спиновых взаимодействий в твердых телах.

Тема 3. Методы получения магнитных материалов и исследования их магнитного поведения.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Магнитные материалы. Выращивание объемных монокристаллов. Типы магнитных наноструктур и способы их получения. Классификация магнитных наноструктур. Методы получения магнитных наноструктур. Особенности формирования структуры ионно-плазменных пленок на основе. Модели перемагничивания однодоменных частиц. Методы исследования процессов перемагничивания. Методы исследования межкристаллитного магнитного взаимодействия. Методы исследования временных магнитных эффектов.

практическое занятие (4 часа(ов)):

Механизмы формирования и особенности строения магнитных структур, полученных методом электролитического осаждения. Особенности получения магнитных структур на основе анодных оксидных пленок на поверхности алюминия.

Тема 4. Межкристаллитное магнитное взаимодействие в магнитных наноструктурах

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Межкристаллитное магнитное взаимодействие в тонкопленочных носителях для продольной магнитной записи. Исследование межкристаллитного магнитного взаимодействия в средах для вертикальной магнитной записи. Магнитное взаимодействие в нанокристаллических магнитомягких материалах. Магнитное взаимодействие в нанокompозитных материалах для постоянных магнитов. Магнитное взаимодействие кристаллитов в нанопроволоках, магнитных ?сетках? и ?массивах? частиц. Межкристаллитное магнитное взаимодействие в электролитически осажденных пленочных структурах.

практическое занятие (5 часа(ов)):

Влияние термо- и других видов последующей обработки на межкристаллитное магнитное взаимодействие.

Тема 5. Магнитное взаимодействие и процессы перемагничивания в магнитных наноструктурах

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Угловые зависимости гистерезисных характеристик и анализ процессов перемагничивания в магнитных наноструктурах. Временные магнитные эффекты и процессы перемагничивания. Структурные характеристики, магнитная неоднородность и межкристаллитное магнитное взаимодействие в высококоэрцитивных покрытиях на основе Co.

практическое занятие (6 часа(ов)):

Моделирование магнитного поведения наноструктурированных покрытий. Временные магнитные эффекты и процессы перемагничивания.

Тема 6. Эксплуатационные характеристики магнитных наноструктур

лекционное занятие (2 часа(ов)):

Межкристаллитное магнитное взаимодействие и гистерезисные характеристики магнито жестких наноструктурированных покрытий на основе металлов группы Fe. Термостабильность сред магнитной записи и элементов магнитной микроэлектроники. Параметры сред вертикальной магнитной записи. Наноструктурированные материалы для постоянных магнитов. Перспективы дальнейшего развития наноструктурированных сред магнитной записи и магнитной микроэлектроники

практическое занятие (4 часа(ов)):

Межкристаллитное магнитное взаимодействие и характеристики магнитомягких нанокристаллических материалов. Межкристаллитное магнитное взаимодействие и характеристики записи-считывания средств магнитной записи.

4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Магнитные свойства твердых тел. Обменные взаимодействия. Зонная структура ферромагнитных металлов	6	1	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Спиновая электроника	6	2-3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
3.	Тема 3. Методы получения магнитных материалов и исследования их магнитного поведения.	6	4-5	подготовка к письменной работе	4	письменная работа
4.	Тема 4. Межкристаллитное магнитное взаимодействие в магнитных наноструктурах	6	6-7	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
5.	Тема 5. Магнитное взаимодействие и процессы перемагничивания в магнитных наноструктурах	6	8-9	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
6.	Тема 6. Эксплуатационные характеристики магнитных наноструктур	6	10	подготовка к письменной работе	5	письменная работа
	Итого				29	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции, практические занятия, самостоятельная работа магистра, консультации. Лекционные занятия предполагают использование аудитории, оснащённой современным мультимедийным оборудованием и выходом в интернет. Используются методические указания для подготовки к письменным работам.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Тема 1. Магнитные свойства твердых тел. Обменные взаимодействия. Зонная структура ферромагнитных металлов

устный опрос , примерные вопросы:

Диамагнетики. Парамагнетизм. Парамагнетизм свободных электронов. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Ферримагнетизм. Ферриты. Спиновые волны. (ОПК-3, ПК1 - ПК-6).

Тема 2. Спиновая электроника

устный опрос , примерные вопросы:

Магнитные полупроводники. Спиновая релаксация носителей заряда в полупроводниках. Особенности спиновых взаимодействий в системах пониженной размерности. Двумерные электронные системы (квантовые ямы). Одномерные электронные системы (квантовые проволоки). Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки). (ОПК-3, ПК1 - ПК-6).

Тема 3. Методы получения магнитных материалов и исследования их магнитного поведения.

письменная работа , примерные вопросы:

Магнитные полупроводники. Спиновая релаксация носителей заряда в полупроводниках. Особенности спиновых взаимодействий в системах пониженной размерности. Двумерные электронные системы (квантовые ямы). Одномерные электронные системы (квантовые проволоки). Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки). (ОПК-3, ПК1 - ПК-6).

Тема 4. Межкристаллитное магнитное взаимодействие в магнитных наноструктурах

устный опрос , примерные вопросы:

Магнитное взаимодействие в тонкопленочных носителях для продольной магнитной записи. Магнитное взаимодействие в средах для вертикальной магнитной записи. Магнитное взаимодействие в нанокристаллических магнитомягких материалах. Магнитное взаимодействие в нанокompозитных материалах для постоянных магнитов. Магнитное взаимодействие кристаллитов в нанопроволоках, магнитных "сетках" и "массивах" частиц. (ОПК-3, ПК1 - ПК-6).

Тема 5. Магнитное взаимодействие и процессы перемагничивания в магнитных наноструктурах

устный опрос , примерные вопросы:

Угловые зависимости гистерезисных характеристик и анализ процессов перемагничивания в магнитных наноструктурах. Временные магнитные эффекты и процессы перемагничивания. (ОПК-3, ПК1 - ПК-6).

Тема 6. Эксплуатационные характеристики магнитных наноструктур

письменная работа , примерные вопросы:

Магнитное взаимодействие и гистерезисные характеристики магнитомягких наноструктурированных покрытий на основе металлов группы Fe. Магнитное взаимодействие и характеристики магнитомягких нанокристаллических материалов. Магнитное взаимодействие и характеристики записи-считывания средств магнитной записи. Параметры сред вертикальной магнитной записи. Наноструктурированные материалы для постоянных магнитов. (ОПК-3, ОПК-6, ПК1 - ПК-7).

Тема . Итоговая форма контроля

Примерные вопросы к экзамену:

Текущий контроль успеваемости осуществляется в рамках балльно-рейтинговой системы на основании активности на устных опросах, письменных работ по индивидуальным заданиям. Итоговый контроль осуществляется в форме экзамена по лекционному курсу. Самостоятельная работа студентов заключается в повторении лекционного материала (конспекты лекций), изучении материала, вынесенного на самостоятельное изучение (рекомендованная литература), выполнении индивидуальных заданий по темам детализации самостоятельной работы (см. таблицу выше) в виде презентаций.

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

[1] Текущая работа студента (активность на лекциях) 10

[2] Письменные работы (2) 40

[3] Экзамен 50

Примеры заданий к письменным работам.

Классификация магнетиков: диамагнетики, парамагнетизм, сильные магнетики.

Парамагнетизм свободных электронов.

Ферромагнетизм. Антиферромагнетизм. Спиновые волны.

Ферримагнетизм, ферриты. Магнитные полупроводники.

Спиновая релаксация носителей заряда в полупроводниках.

Особенности спиновых взаимодействий в системах пониженной размерности. Двумерные электронные системы (квантовые ямы).

Одномерные электронные системы (квантовые проволоки). Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки).

Типы магнитных наноструктур и способы их получения.

Классификация магнитных наноструктур. Модели перемагничивания однодоменных частиц.

Методы исследования процессов перемагничивания. Методы исследования межкристаллитного магнитного взаимодействия.

Методы исследования временных магнитных эффектов.

Примеры экзаменационных билетов.

Билет 1.

Магнитное взаимодействие в тонкопленочных носителях для продольной магнитной записи.

Наноструктурированные материалы для постоянных магнитов.

Билет 2.

Магнитное взаимодействие в средах для вертикальной магнитной записи.

Спиновая релаксация носителей заряда в полупроводниках.

Билет 3.

Магнитное взаимодействие в нанокристаллических магнитомягких материалах.

Модели перемагничивания однодоменных частиц.

Билет 4.

Магнитное взаимодействие в нанокompозитных материалах для постоянных магнитов.

Ферромагнетики. Антиферромагнетики.

Билет 5.

Магнитное взаимодействие кристаллитов в нанопроволоках, магнитных "сетках" и "массивах" частиц.

Особенности спиновых взаимодействий в системах пониженной размерности. Двумерные электронные системы (квантовые ямы).

Билет 6.

Угловые зависимости гистерезисных характеристик и анализ процессов перемагничивания в магнитных наноструктурах.

Одномерные электронные системы (квантовые проволоки).

Билет 7.

Временные магнитные эффекты и процессы перемагничивания.

Нуль-мерные электронные системы (квантовые точки).

Билет 8.

Магнитное взаимодействие и гистерезисные характеристики магнитомягких наноструктурированных покрытий на основе металлов группы Fe.

Типы магнитных наноструктур и способы их получения. Классификация магнитных наноструктур.

Билет 9.

Магнитное взаимодействие и характеристики магнитомягких нанокристаллических материалов.

Методы исследования процессов перемагничивания.

Билет 10.

Магнитное взаимодействие и характеристики записи-считывания средств магнитной записи. Параметры сред вертикальной магнитной записи.

Методы исследования межкристаллитного магнитного взаимодействия.

7.1. Основная литература:

1. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер . - Издание 3-е, переработанное и дополненное . - Москва : Физматлит, 2005 . - 512 с.

2. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев . - Москва : URSS : [ЛИБРОКОМ, 2013] . - 589 с.

3. Функциональные наноматериалы : учебное пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) - Химия / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин ; под ред. акад. Ю.Д. Третьякова . - Москва : Физматлит, 2010 . - 452 с.

7.2. Дополнительная литература:

1. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев . - Москва : URSS : КомКнига, 2006 . - 589 с.

2. Хартманн, У. Очарование нанотехнологии [Электронный ресурс] / У. Хартманн ; пер. с нем. - 3-е изд. (эл.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 173 с.: ил. - (Нанотехнологии). - ISBN 978-5-9963-1325-9.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=477985>.

3. Наноструктурные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 651800 "Физ. материаловедение" / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля . - Москва : Академия, 2005 . - 178, [9] с.

7.3. Интернет-ресурсы:

Информационный бюллетень - http://perst.issph.kiae.ru/Inform/index_tem.htm

Нанотехнологии и наноматериалы - http://www.portalnano.ru/read/tezaurus/definitions/magnetic_nanoparticles
нанотехнологическое сообщество Нанометр - <http://www.nanometer.ru/>
Новости спинтроники - <http://www.spintronics-info.com/>
Сайт о нанотехнологиях в России - <http://www.nanonewsnet.ru/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Магнитные наноструктуры и материалы" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебные лаборатории кафедры Физики твердого тела и кафедры нанофотоники

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Тагиров Л.Р. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. _____

"__" _____ 201__ г.