

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

Радиофизические методы исследования природных сред М1.ДВ.1

Направление подготовки: 011800.68 - Радиофизика

Профиль подготовки: Радиофизические методы по областям применений

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Автор(ы):

Белашов В.Ю.

Рецензент(ы):

Фахрутдинова А.Н.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Шерстюков О. Н.

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань
2014

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) профессор, д.н. (профессор) Белашов В.Ю. Кафедра радиофизики Отделение радиофизики и информационных систем, Vasilij.Belashov@kpfu.ru

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) Радиофизические методы исследования природных сред является получение знаний об особенностях распространения волн различного типа в природных условиях и навыков расчетов параметров этих сред по результатам анализа волновых явлений.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 011800.68 Радиофизика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел профессиональных дисциплин (В.2) ФГОС ВПО и ПрООП по направлению подготовки "Радиофизика". Ее освоение предполагает знание содержания курсов по методам математической физики, теории волновых процессов, функционального анализа и математического моделирования физических процессов и систем. Курс предназначен для магистрантов 1 года обучения, 2 семестр.

Направление: 010800.68: Радиофизика

Магистратура "Радиофизические методы по областям применения"

М1.В.1 Общенаучный цикл

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способность оперировать углубленными знаниями в области математики и естественных наук
ОК-3 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности знания и умения
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способность к свободному владению знаниями фундаментальных разделов физики и радиофизики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач по исследованиям волновых процессов в физических средах
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность использовать в своей научно-исследовательской деятельности знание современных проблем и новейших достижений физики и радиофизики
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность самостоятельно ставить научные задачи в области физики и радиофизики

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

методы математической физики и численные методы интегрирования для моделей, описывающих волновые процессы в физических средах.

2. должен уметь:

анализировать устойчивость решений дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих волновые процессы в физических средах, строить фазовые портреты для соответствующих динамических систем, исследовать характер асимптотик решений.

3. должен владеть:

аналитическими и численными методами интегрирования дифференциальных уравнений в частных производных в приложении к физике волновых процессов в атмосфере, гидросфере, ионосферной и магнитосферной плазме.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

выполнять анализ систем, описывающих волновые процессы в физических средах, с использованием аналитических и численных подходов.

4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

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

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.	2	1-2	4	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.	2	3-4	4	2	0	презентация
3.	Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.	2	5-6	4	2	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.	2	7-8	4	2	0	презентация
5.	Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.	2	9-12	8	4	0	устный опрос
6.	Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.	2	13-14	4	2	0	презентация
7.	Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.	2	15-16	4	2	0	презентация
Итого				32	16	0	

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Анализ и классификация рассматриваемых физических систем. Соотношения дисперсии. Вывод уравнений для классических случаев.

Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Вывод уравнений из полной системы уравнений гидродинамики для реальных физических сред. Обобщение уравнений с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.

Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы. Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Анализ устойчивости решений для уравнений КдВ и КП. Первые интегралы движения. Качественный анализ динамических систем, связанных с уравнениями КдВ и КП. Фазовая плоскость и фазовое пространство. Исследование асимптотик.

Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения ? альфвеновские солитоны.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Явные и неявные разностные схемы 2 и 4 порядков для уравнений КдВ, КП и DNLS. Исследование аппроксимации и устойчивости. Решение уравнения КП методом стабилизирующего множителя и динамическим спектральным методом.

Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.

лекционное занятие (8 часа(ов)):

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности ?мелкой? жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

практическое занятие (4 часа(ов)):

Численное исследование структуры и эволюции уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости. Исследование генерации и эволюции волновых возмущений на высотах F-слоя ионосферы - теоретический анализ и численное моделирование. Исследование распространения звуковых волн в плазме - теория и численное моделирование. Численное и аналитическое исследование эволюции солитонов в средах с переменной дисперсией.

Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Динамика солитонов уравнений КдВ- и КП-классов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Аналитические подходы к исследованию влияния стохастических флуктуаций волнового поля на динамику и структуру 1- и 2-мерных солитонов. Численный эксперимент.

Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.

лекционное занятие (4 часа(ов)):

Метод обратной задачи рассеяния (ОЗР) для уравнения КдВ и "метод одевания" для уравнения КП.

практическое занятие (2 часа(ов)):

Реализации методов ОЗР и "одевания". Имеющиеся ограничения применения.

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. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.	2	1-2	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.	2	3-4	подготовка к презентации	6	презентация
3.	Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.	2	5-6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
4.	Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.	2	7-8	подготовка к презентации	8	презентация
5.	Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.	2	9-12	подготовка к устному опросу	16	устный опрос
6.	Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.	2	13-14	подготовка к презентации	8	презентация
7.	Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.	2	15-16	подготовка к презентации	8	презентация
	Итого				60	

5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Используются такие интерактивные формы обучения, как чтение лекций с использованием мультимедиа оборудования, решение задач моделирования с использованием компьютеров, подготовка студентами компьютерных презентаций и выступление с ними на практических (семинарских) занятиях.

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

Тема 1. Введение. Волновые процессы в физических средах и соответствующие им математические модели.

устный опрос , примерные вопросы:

Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.

Тема 2. Основные уравнения. Классы математических моделей.

презентация , примерные вопросы:

Вывод из полной системы уравнений гидродинамики уравнений классов КдВ и КП.

Тема 3. Методы аналитического исследования нелинейных систем.

устный опрос , примерные вопросы:

Метод анализа устойчивости решений по Ляпунову на основе анализа трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы. Методы качественного и асимптотического анализа решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.

Тема 4. Методы численного интегрирования нелинейных систем.

презентация , примерные вопросы:

Явные и неявные разностные схемы высокого порядка точности для уравнений классов КдВ и КП.

Тема 5. Приложения нелинейной волновой теории. Волны в атмосфере, гидросфере и плазме.

устный опрос , примерные вопросы:

Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности ?мелкой? жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы). Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел). Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

Тема 6. Динамика 1-, 2- и 3-мерных солитонов в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.

презентация , примерные вопросы:

Результаты численных экспериментов по моделированию распространения солитонов при наличии в среде стохастических флуктуаций волнового поля.

Тема 7. Квантовая теория рассеяния. Метод обратной задачи для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.

презентация , примерные вопросы:

Изложение основ квантовой теории рассеяния и метода аналитического интегрирования уравнений КдВ и КП.

Примерные вопросы к зачету:

Для аттестации студентов проводятся устные опросы и зачет.

На практических занятиях рассматриваются вопросы теории и компьютерного моделирования волновых процессов в физических средах в виде индивидуальных докладов-презентаций студентов с дискуссией по разделам курса.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Вывод уравнений КдВ и КП. Законы сохранения для уравнений КдВ и КП. Приложения к реальным физическим средам.

2. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ. "Метод одевания" для уравнения КП.

3. Анализ устойчивости неодномерных солитонов обобщенного уравнения КП. Анализ устойчивости 3D альфвеновских волн в замагниченной плазме. Качественный анализ и асимптотики для моделей обобщенного уравнения КдВ и GKP.
4. Динамика солитонов уравнений КдВ и КП в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.
5. Методы численного исследования уравнений КдВ-класса. Явные и неявные схемы, аппроксимация и устойчивость. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод. Метод численного интегрирования уравнения 3-DNLS Белашова.

ЗАДАЧИ

1. Выполнить численное моделирование эволюции солитонов КдВ для разных параметров среды.
2. Исследовать устойчивость решений уравнений КдВ и КП по Ляпунову.
3. Выполнить качественный анализ динамических систем, связанных с уравнениями КдВ и КП и построить на основе полученных результатов классификацию их возможных решений.

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Динамические процессы в гидросфере, атмосфере и плазме. Классы исследуемых явлений и систем.
2. Линейные системы. Нелинейные точно интегрируемые системы.
3. Точно не интегрируемые системы. Свойства реальных сред: диссипация, дисперсия, нелинейность, неустойчивости.
4. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом эффектов в реальных комплексных физических средах.
5. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Физический смысл функций и переменных для реальных физических сред.
6. Полная система уравнений гидродинамики в обобщенных переменных. Вывод уравнений КдВ и КП. Законы сохранения для уравнений КдВ и КП. Приложения к реальным физическим средам.
7. Классы нелинейных GKP и DNLS моделей. Дисперсионные соотношения. Обобщения, связанные с учетом дисперсионных эффектов высшего порядка, диссипации и неустойчивостей.
8. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. Метод обратной задачи рассеяния для уравнения КдВ.
9. Аналитические методы интегрирования уравнений КП-класса. "Метод одевания" для уравнения КП.
10. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Анализ устойчивости решений на основе метода исследования трансформационных свойств гамильтониана соответствующей системы.
11. Методы аналитического исследования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Качественный и асимптотический анализ решений и классификация решений в фазовом пространстве и по характеру асимптотик.
12. Динамика солитонов уравнений КдВ и КП в средах со стохастическими флуктуациями волнового поля.
13. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Явные и неявные разностные схемы численного интегрирования.
14. Методы численного интегрирования нелинейных систем GKP- и DNLS-типов. Метод стабилизирующего множителя Петвиашвили и динамический спектральный метод.
15. Численные 2D и 3D решения уравнений класса GKP.
16. Численные подходы к исследованию уравнений класса 3-DNLS, решения - альфвеновские солитоны.

17. Приложения нелинейной волновой теории. Динамика уединенных волн и солитонов на поверхности "мелкой" жидкости: гравитационные и гравитационно-капиллярные волны, волны цунами.
18. Приложения нелинейной волновой теории. Уединенные волновые возмущения в атмосфере и ионосфере, генерируемые импульсными источниками (сейсмические процессы, фронты солнечного затмения и солнечного терминатора, мощные искусственные взрывы).
19. Приложения нелинейной волновой теории. Динамика ионно-звуковых и магнитозвуковых (БМЗ) волн в плазме (ионосфера и магнитосфера Земли, астрофизика, включая релятивистский предел).
20. Приложения нелинейной волновой теории. Эволюция в средах с переменной дисперсией (волны в жидкости и плазме).

7.1. Основная литература:

1. Шерстюков О.Н., Зыков Е.Ю., Акчурина А.Д. Импульсное радиозондирование ионосферы. Казань: КГУ, 2009. <http://radiosys.ksu.ru/?p=419>.
2. Плохотников, К. Э. Метод и искусство математического моделирования [Электронный ресурс]: курс лекций / К. Э. Плохотников. - М. : ФЛИНТА, 2012. - 519 с. - ISBN 978-5-9765-1541-3 - <http://znanium.com/bookread.php?book=456334>.
3. Барашков, В. А. Методы математической физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. А. Барашков. - Красно-ярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. - 152 с. - ISBN 978-5-7638-2497-1. <http://znanium.com/bookread.php?book=492290>.

7.2. Дополнительная литература:

1. Belashov V.Yu., Vladimirov S.V. Solitary Waves in Dispersive Complex Media. Theory, Simulation, Applications. Springer-Verlag GmbH & Co. KG Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, 2005, 303 p. <http://radiosys.ksu.ru/?p=631>.
2. Белашова Е.С., Белашов В.Ю. Солитоны как математические и физические объекты. Казань: КГЭУ, 2006. 205 с. <http://radiosys.ksu.ru/?p=641>.
3. Физика атмосферы. т. 1,2 / Хргиан А.Х., Л. Гидрометеиздат, 1978.

7.3. Интернет-ресурсы:

Кафедра радиофизики КФУ - <http://radiosys.ksu.ru/>
ОК-1 - <http://www.fgosvpo.ru/uploadfiles/fgos/28/20111115114254.pdf>
Федеральный государственный образовательный стандарт - <http://www.fgosvpo.ru/uploadfiles/fgos/28/20111115114254.pdf>
Электронная библиотека КФУ - <http://libweb.ksu.ru/ebooks/>
Электронно-библиотечная система ZNANIUM - <http://znanium.com>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Радиофизические методы исследования природных сред" 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 "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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011800.68 "Радиофизика" и магистерской программе Радиофизические методы по областям применений.

Автор(ы):

Белашов В.Ю. _____

"__" _____ 201__ г.

Рецензент(ы):

Фахрутдинова А.Н. _____

"__" _____ 201__ г.