



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Утверждено
на заседании кафедры
протокол от «30» мая 2019 г. № 9
Зав. кафедрой 
(Вахитов Р.М.)

Согласовано:
Председатель УМК физико-технического института 
(Балапанов М.Х.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

дисциплина Нелинейные волны
(наименование дисциплины)

вариативная

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

Программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки


Физика конденсированного состояния вещества

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Магистр

(указывается квалификация)

| | |
|---|---|
| Разработчик (составитель) <u>д.ф.-м.н., проф. Вахитов Р.М.</u> (должность, ученая степень, ученое звание) |  <u>Вахитов Р.М.</u> (подпись, Фамилия И.О.) |
|---|---|

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019 г.

Составитель / составители:

Вахитов Р.М.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 6 от «25» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М. / Ф.И.О/

Список документов и материалов

| | |
|--|--|
| 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы | |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы | |
| 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) | |
| 4. Фонд оценочных средств по дисциплине | |
| 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания | |
| 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций | |
| 4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i> | |
| 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | |
| 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины | |
| 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины | |
| 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине | |

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Результаты обучения | | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Примечание |
|---------------------------------------|--|--|---|
| Знания | 1. Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн | ПК-2, ОК-1 | Полученные компетенции позволяют исследовать аналогичные нелинейные явления возникающие не только в других областях физики (магнитные вихри, скирмионы, волны Россби, динамика дефектов и т.д., но и в смежных науках: в химии (Жаботинского – Белоусова), в биологии (динамика ДНК), в экологии(экологические системы «хищник-жертва», «хозяин-паразит» и т.д. Кроме того, они могут быть использованы в научно-инновационных, задачах, касающихся способов распространения различных типов волн (в линиях электропередачи, в дальней космической связи без потери энергии). |
| | 2. Знать основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | ПК-2, ОК-1 | |
| | 3. Знать закономерности распространения нелинейных волн. | ПК-2, ОК-1 | |
| Умения | 1. Производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты | ПК-2, ОК-1, ПК-1 | |
| | 2. Пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | ПК-2, ОК-1 | |
| | 3. Применять полученные знания для анализа нелинейных волновых процессов в научно-исследовательской работе в своей области | ПК-2, ОК-1, ПК-1 | |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | 1. Владеть методикой нахождения мультисолитонных решений с помощью прямых методов. | ПК-2, ПК-1 | |
| | 2. Владеть техникой интегрирования нелинейных эволюционных уравнений на основе метода обратной задачи рассеяния. | ПК-2, ПК-1 | |
| | 3. Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | ПК-2, ОК-1, ПК-3 | |

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные волны» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Цели изучения дисциплины: Представляет собой отрасль знаний в физике, сформировавшейся в отдельное направление в науке в конце 70-х годов прошлого столетия. Для её освоения студенту необходимо следующие «входные» знания из соответствующих разделов теоретической механики (Теория колебаний, «Функции Лагранжа и Гамильтона»), теории упругости, квантовой механики, математической физики, линейной алгебры, теории дифференциальных операторов и т.д.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их

формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1 – способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|--|--|
| | | 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (уровень) | Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | не знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | знает в целом основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений и, но допускает грубые ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений, но допускает незначительные ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений |
| Второй этап (уровень) | Уметь производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | не умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда, но допускает незначительные ошибки | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда |
| Третий этап (уровень) | Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | не владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интер- | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволю- |

| | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|
| | | предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния | гируемости с помощью метода обратной задачи рассеянияно допускает грубые ошибки. | анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния, но допускает незначительные ошибки | ционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния |
|--|--|---|--|--|--|

ПК-1 - способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта;

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-------------------------------------|---|---|--|--|---|
| | | 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (уровень) | Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | не знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | знает в целом основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений и, но допускает грубые ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений, но допускает незначительные ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений |
| Второй этап (уровень) | Уметь производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | не умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда, но допускает незначительные ошибки | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда |
| Третий этап (уровень) | Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АKNЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | не владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АKNЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АKNЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния до- | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АKNЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АKNЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с |

| | | | | | |
|--|--|-----------|------------------------|--|--|
| | | рассеяния | пускает грубые ошибки. | ний на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния, но допускает незначительные ошибки | помощью метода обратной задачи рассеяния |
|--|--|-----------|------------------------|--|--|

ПК-2 - способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности работ;

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-------------------------------------|--|---|--|--|--|
| | | 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (уровень) | Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | не знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | знает в целом основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений, но допускает грубые ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений, но допускает незначительные ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений |
| Второй этап (уровень) | Уметь производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | не умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда, но допускает незначительные ошибки | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда |
| Третий этап (уровень) | Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и | не владеет навыками и приемами использования наработанного математического | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппара- | владеет навыками и приемами использования нарабо- | владеет навыками и приемами использования нарабо- |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|
| | др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния | та (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеянияно допускает грубые ошибки. | танного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния, но допускает незначительные ошибки | тематического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния |
|--|--|--|---|--|--|

ПК- 3- способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности

| Этап (уровень) освоения компетенции | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-------------------------------------|--|---|--|--|---|
| | | 2 («Не удовлетворительно») | 3 («Удовлетворительно») | 4 («Хорошо») | 5 («Отлично») |
| Первый этап (уровень) | Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | не знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | знает в целом основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений и, но допускает грубые ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений, но допускает незначительные ошибки | знает основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн, основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений |
| Второй этап (уровень) | Уметь производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | не умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помо- | умеет производить расчеты по нахождению мультисолитонных решений методом Хироты, пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований |

| | | | | | |
|-----------------------|---|---|---|--|--|
| | | | | щью преобразований Бэклунда, но допускает незначительные ошибки | Бэклунда |
| Третий этап (уровень) | Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | не владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеянияно допускает грубые ошибки. | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния, но допускает незначительные ошибки | владеет навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интегрируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния |

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

| Результаты обучения | | Формируемая компетенция (с указанием кода) | Примечание |
|---------------------|--|--|---------------------------------|
| Знания | 1. Знать основные точно интегрируемые модели, описывающие эволюцию нелинейных волн | ПК-2, ОК-1 | решение задач, реферат, экзамен |
| | 2. Знать основные методы анализа нелинейных эволюционных уравнений | ПК-2, ОК-1 | решение задач, реферат, экзамен |
| | 3. Знать основные свойства точно интегрируемых моделей | ПК-2, ОК-1 | решение задач, реферат, экзамен |

| | | | |
|---------------------------------------|--|------------------|---|
| | | | мен |
| | 4. Знать закономерности распространения нелинейных волн. | ПК-2, ОК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| Умения | 1. Производить расчеты по получению мультисолитонных решений методом Хироты | ПК-2, ОК-1, ПК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| | 2. пользоваться техникой Лэмба для анализа нелинейных эволюционных уравнений с помощью преобразований Бэклунда | ПК-2, ОК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| | 3. применять полученные знания для анализа нелинейных волновых процессов в научно-исследовательской работе в своей области | ПК-2, ОК-1, ПК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | 1. Владеть методикой нахождения мультисолитонных решений с помощью прямых методов. | ПК-2, ПК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| | 2. Владеть техникой интегрирования нелинейных эволюционных уравнений на основе метода обратной задачи рассеяния. | ПК-2, ПК-1 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |
| | 3. Владеть навыками и приемами использования наработанного математического аппарата (метод операторных пар Лакса, АКНЗС и др.) анализа нелинейных эволюционных уравнений на предмет их интергируемости с помощью метода обратной задачи рассеяния. | ПК-2, ОК-1, ПК-3 | Контрольная работа, решение задач, реферат, экзамен |

Примерная тематика рефератов

1. Эволюция ограниченного возмущения с профилем типа «гауссиана» в среде, описываемой уравнением Бюргера (аналитическое и численное исследование с последующей графической иллюстрацией).
2. Сценарий взаимодействия двух солитонов в среде, описываемой уравнением а) Кортевега-де-Фриза, б) Буссинеска, в) модифицированным уравнением Кортевега-де-Фриза (теория процесса и его графическая иллюстрация).
3. Нахождение методом Хироты многосолитонных решений уравнения 1) Буссинеска, б) \sin -Гордона, в) нелинейного уравнения Шредингера, г) модифицированных уравнений Кортевега-де-Фриза высших порядков, д) уравнения, описывающего цепочку Тоды.
4. Стационарные решения двойного уравнения \sin -Гордона (полный анализ и графическая иллюстрация соответствующих решений).
5. Получение многосолитонных решений а) модифицированного уравнения Кортевега-де-Фриза, б) уравнения Буссинеска с помощью преобразования Бэклунда.
6. Нахождение полиномиальных сохраняющихся плотностей (первых шести) исходя из преобразования Бэклунда для уравнения \sin -Гордона.
7. Нахождение полиномиальных сохраняющихся плотностей для уравнения Кортевега-де-Фриза, используя преобразования Миуры.

Критерии оценки:

«**Отлично**» ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

«**Хорошо**» ставится, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

«**Удовлетворительно**» ставится, если имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

«**Неудовлетворительно**» ставится, если тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Вопросы к зачету:

1. Распространение простой волны. Эффект нелинейности.
2. Линейные волны: основные понятия и характеристики, классификация волн.
3. Диссипативные и диспергирующие волны.
4. Качественные методы исследования нелинейных динамических систем. Фазовое пространство, фазовые траектории и особые точки.

5. Диссипативные солитоны. Уравнение Бюргера.
6. Диспергирующие волны. Уравнение Кортевега-де-Фриза.
7. Метод обратной задачи рассеяния. Свойство одномерного уравнения Шредингера. Полиномиальные законы сохранения. Преобразование Миуры. Эволюция данных рассеяния. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко. Одно – двух – и многосолитонные решения. Особенности взаимодействия солитонов.
8. Уравнение \sin -Гордона. Физические ситуации, описываемые уравнением \sin -Гордона. Стационарные решения. Двухканальные уравнения Шредингера.
9. Преобразование и автопреобразование Бэклунда. Теорема перестановочности. Диаграмма и пирамида Лэмба: построение многосолитонных решений на примере уравнения \sin -Гордона.
10. Нелинейное уравнение Шредингера. Стационарные решения. Многоамплитудные двухпараметрические солитоны бийонного типа уравнения \sin -Гордона. Анзац Лэмба. Резонанс Захарова-Бени.
11. Прямой метод нахождения многосолитонных решений (Метод Хироты). Билинейные уравнения. Дифференциальные операторы Хироты. Нахождение многосолитонных решений на примере уравнения Кортевега-де-Фриза.
12. Солитоны в магнетизме. Модель непрерывной спиновой цепочки Гейзенберга. Топологические солитоны. Кинки и Бризеры. Взаимодействие спиновых волн с доменной границей. Распространение слаболинейных волн вектора намагниченности в ферро – и антиферромагнетиках.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Карлов Н.В., Кириченко Н.А. Колебания, волны, структуры. М.: Физматлит, 2001, 496с.
2. Полянин А.Д., Зайцев В.Ф., Журов А.И. Методы решения нелинейных уравнений математической физики и механики : учеб. пособие для вузов.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.- 256 с.
3. Скотт Э. Нелинейная наука: рождение и развитие когерентных структур. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 560 с.

Дополнительная литература:

1. Додд Р., Эйлбек Дж., Гиббон Дж., Моррис Х. Солитоны и нелинейные волновые уравнения. М.: Мир, 1988.- 694с.
2. Бхатнагар П. Нелинейные волны в одномерных дисперсных системах. М.: Мир, 1983.- 136с.
3. Солитоны. Под редакцией Буллафа Р., Кодри Ф. М.: Мир, 1983.- 408с.
4. Вахитов Р.М. Прямые методы нахождения частотных решений нелинейных эволюционных уравнений. Уфа: РИЦ БашГУ, 2011.- 42 с.
5. Косевич А.М., Ковалев А.С. Введение в нелинейную физическую механику. Киев: Наукова думка, 1989.- 304с.

6. Инфельд Э., Роуландс Дж. Нелинейные волны, солитоны и хаос. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 480с.
7. Рыскин Н.М., Трубецков Д.И. Нелинейные волны. М.: Наука. Физматлит, 2000. -272 с.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.nature.ru>
2. <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>
3. <http://fim.samara.ws/section>
4. <http://www.elmagn.chamers.se/~igor/>
5. <http://www.n-t.org/nl/>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

| <i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i> | <i>Вид занятий</i> | <i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i> |
|--|-------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| <i>Аудитория 224</i> | <i>Лекции</i> | <i>Доска, мел.</i> |
| <i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 224 (физмат корпус)</i> | <i>Практические занятия</i> | <i>Доска, мел, сборники задач, калькулятор</i> |
| <i>Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)</i> | <i>Самостоятельная работа</i> | <i>Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</i> |
| <i>Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)</i> | <i>Самостоятельная работа</i> | <i>Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</i> |

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Нелинейные волны на 1 семестр
(наименование дисциплины)

очная
форма обучения

| Вид работы | Объем дисциплины |
|---|-------------------------|
| Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов) | 4/144 |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем: | |
| лекций | 18 |
| практических/ семинарских | |
| лабораторных | |
| других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР) | 1,2 |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР) | 69,8 |
| Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль) | 27 |

Форма контроля:
Экзамен 1 семестр

Лекционный курс

Табл. 3

| №№ п. п. | Тема и содержание | Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа) | Кол-во часов | Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам | Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач | Кол-во часов | Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|----------|---|--|--------------|---|--|--------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | История открытия солитона. Основные понятия и характеристики волны. Общий метод решения уравнений, описывающих линейные волны. Дисперсионное соотношение. Классификация волн. Диссипативные и диспергирующие среды. Эволюция простой волны. Эффект нелинейности: укручение и опрокидывание волны. | ЛК | 2 | 2. 7.1; 3. 7.1-7.4; 7. 1.1-1.7; 10. 1.1; | 1. Решить задачу о наложении двух близких по частоте и длине волны гармонических волн одинаковой амплитуды. 7. 1.4 2. Получить общее решение уравнения теплопроводности. 5.1.5, 7.1.7. | 5 | Собеседование |
| 2 | Качественные методы исследования нелинейных динамических систем. Фазовое пространство. Фазовые траектории. Фазовый портрет. Особые точки. | ЛК | 1 | 1. гл. IV, 4.1-4.3; 2. 1.3, 1.4 (а,б) 6. 1.1, 1.2; 11. гл. I, §1, §2 | 1. Изучить качественными методами движение ангармонического осциллятора Дюффинга. 6. 1.3 2. Построить фазовый портрет для простейших динамических систем. | 5 | Собеседование |
| 3 | Диссипативные солитоны. Уравнение Бюргерса. Стационарные решения. Ударные волны. Преобразование Хопфа-Коула. | ЛК | 1 | 1. 13.1, - 13.4; 2. 7.2; 3. 1.3, 5.1-5.7, 8.1; 5. 1.7, 1.8; | Исследовать (численно и аналитически) расплывание ограниченного в | 5 | Прием и проверка рефератов, выступление на семинаре. |

| | | | | | | | |
|---|---|----|---|---|---|---|---|
| | Общее решение уравнения Бюргерса. Интегралы движения. | | | 7. 2.3-2.5; 11. гл.8 §1, §2 | пространстве возмущения в среде, описываемой уравнением Бюргерса. 5. 1.7, 1.8 | | |
| 4 | Диспергирующие волны. Уравнение Кортевега-де Фриза. Стационарные решения. Кноидальные волны. Уединенная волна (динамический солитон). | ЛК | 1 | 1. 13.3, 13.4; 2. 7.2; 3. 8.1; | 1. Повторить основные свойства эллиптических функций. 2. ; 15. гл.16 2. Получить все стационарные решения уравнения КдФ. 7. 2.4, 2.5 | 5 | Собеседование |
| 5 | Метод интегрирования нелинейных эволюционных уравнений с помощью метода обратной задачи рассеяния (на примере уравнения Кортевега- де Фриза). « $\hat{L} - \hat{A}$ » пара Лакса. Свойства одномерного уравнения Шредингера. Данные рассеяния. Уравнение Рикатти (преобразование Миуры). Полиномиальные законы сохранения. Эволюция параметров рассеяния. Уравнение Гельфанда-Левитана-Марченко и соотношение между его решением и потенциалом. Обратная задача рассеяния. Одно-, двух- и многосолитонные решения. Особенности взаимодействия солитонов. Законы сохранения и интегрируемость задачи. Гамильтонов формализм, переменные «действие-угол» в терминах данных рассеяния. | ЛК | 3 | 1. 13.5, П.2; 2. 7.2 (г)-7.2 (е). 7.3, 7.4, 7.6(a), 7.6(б); 3. 10.1-10.5; 5. 2.1, 2.3-2.5, 3.2, 3.3; 6. гл. 9. 1-4; 7. 3.1-3.7; 8. 6.1-6.9, 7.1-7.10, 11.1; 10. 1.1-1.4, 1.6; | 1.Повторить свойства гипергеометрической функции. 15. гл.15 2.Написать программу и получить трехмерный график, описывающий взаимодействие двух солитонов в рамках уравнения КдФ. 3.Изучить вклад непрерывной части спектра в решение уравнения КдФ. 4.Получить асимптотику двухсолитонного решения уравнения КдФ. | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях Собеседование. |
| 6 | Уравнение sin-Гордона. Физические задачи, в которых возникает уравнение sin-Гордона. Стационарные решения. Метод обратной задачи рассеяния. Обобщенная u, v - пара для уравнения sin-Гордона. Двухканальное уравнение Шредингера. Эволюция параметров рассеяния. | ЛК | 2 | 1. П. 2.4; 2. 7.5(б); 3. 8.5; 5. 1.5. 1.10; 6. гл. 4.1, гл.6.4 | 1.Вывести двухканальное уравнение Шредингера из уравнения sin-Гордона. 5. 1.5 2.Получить все решения двойного и тройного sin-Гордона для стационарного случая. | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях. |

| | | | | | | | |
|----|--|----|---|--|---|---|--|
| 7 | Преобразование Бэклунда. Автопреобразование Бэклунда (на примере уравнения \sin -Гордона). Соотношение перестановочности. Диаграмма и пирамида Лэмба. Одно и двухсолитонные решения. Взаимодействие кинка с антикинком. Построение N -солитонных решений. Автопреобразование Бэклунда для других нелинейных эволюционных уравнений. МОЗР, как преобразование Бэклунда. | ЛК | 2 | 3. 10.7; 5. 1.5, 3.1; 6. гл. 8.3; 8. 1.3, 4.5; 10. 4.3.1 | 1.Получить посредством автопреобразований Бэклунда для уравнений КдФ и Буссинеска теорему перестановочности, а также одно- и двухсолитонные решения .16. § 2. 2.Найти полиномиальные законы сохранения уравнения \sin -Гордона с помощью преобразования Бэклунда. 16. § 2, зад. 2. | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях. |
| 8 | Нелинейное уравнение Шредингера и его физические приложения. Стационарные решения. Двухпараметрические солитоны бийонного типа. Мало-амплитудные двухпараметрические солитоны уравнения \sin -Гордона. Анзац Лэмба. Эволюция данных рассеяния и применение МОЗР Захарова-Шабата к нелинейному уравнению Шредингера. Резонанс Захарова-Бенни. | ЛК | 2 | 2. 7.5(в), 7.6(в); 3. 11.3, 11.5; 5. 1.6, 8.2; 6. гл. 4.3, гл. 5.5, гл. 6.2, гл.7.2, гл.9.5 | 1.Построить трехмерный график двухсолитонного решения нелинейного уравнения Шредингера. 2. Получить с помощью анзаца Лэмба точные решения уравнения \sin -Гордона бийонного типа. | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях. |
| 9 | Метод Хироты для нахождения солитонных решений (на примере уравнения КдФ). Основная идея метода. Замена полевых переменных и приведение уравнения к билинейной форме. Аппроксимация Паде. Формальная теория возмущений. Дифференциальные операторы Хироты и их свойства. Методика нахождения многосолитонных решений. | ЛК | 2 | 3. 10.6; 6. гл. 8.4; 8. 5.1-5.5, 3.2 10. 3.3 | 1.Получить методом Хироты одно- и двухсолитонные решения уравнений \sin -Гордона, мКдФ, Буссинеска, Шредингера. 16. § 1, зад. 2,4. 2.Графически описать лобовое столкновение кинка с антикинком. | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях. |
| 10 | Магнетизм и солитоны. Изотропный ферромагнетик Гейзенберга. Вихреподобные решения. Модель непрерывной спиновой цепочки Гейзенберга. Топологические солитоны. Кинки и бризеры. Распространение слабонелинейных волн вектора намагниченности в ферро- и антиферромагнетиках. Резонанс Захарова-Бени. | ЛК | 2 | 5. 7.7; 12. | 1. Получить возможные типы нелинейных магнитоупругих волн произвольной амплитуды для некоторых видов плоскостных ферромагнетиков. 2. Аналитически описать | 5 | Прием и проверка рефератов. Выступление на семинарских занятиях. |

| | | | | | | | |
|--|----------------------|--|-----------|--|---|-----------|--|
| | | | | | взаимодействие спиновых волн с доменной границей. | | |
| | ИТОГО: лекций | | 18 | | | 50 | |

Практический курс

Табл. 4

| № п. п. | Тема и содержание | Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа) | Кол-во часов | Основная и дополнительная литература (с указанием номеров глав и параграфов), рекомендуемая студентам | Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач с указанием литературы, номеров задач | Кол-во часов | Формы контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|-----------------------------------|---|--|--------------|---|---|--------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. | Методы решения дифференциальных уравнений (уравнения теплопроводности, волновое уравнение). | ПР | 4 | 1. 1.7. 2. 1.5; | | 5 | Собеседование |
| 2. | Стационарные решения уравнения Кортевега – де Фриза, \sin -Гордона и двойной \sin -Гордона. | ПР | 6 | 2. 2.3, 2.4 | | 5 | Собеседование |
| 3. | Двухсолитонное решение уравнения Кортевега – де Фриза (метод обратной задачи рассеяния) | ПР | 6 | 2. 3.6 | презентация | 3 | собеседование |
| 4. | Нахождение одно- и двухсолитонных Кортевега – де Фриза и \sin -Гордона с помощью преобразования Бэклунда. Теорема перестановочности. | ПР | 6 | 3. 1.3, 4.5 4. §2 | Решить задачи из [4] §2 | 3 | Проверка решения задач |
| 5. | Прямые методы нахождения многосолитонных решений нелинейных эволюционных уравнений (Цепочка Тоды, нелинейное уравнение Шредингера, модифицированные уравнения Кортевега – де Фриза более высокого порядка). | ПР | 6 | 3. 3.2, 5.1 -5.5 4. §1 | Решить задачи из [4] §1, 1-5 | 3 | Проверка решения задач |
| Итого практических занятий | | | 28 | | | 19 | |

