

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра теоретической физики**



**Рабочая программа дисциплины
НЕЛИНЕЙНЫЕ ПРОЦЕССЫ ФИЗИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД**

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
направленность (профиль): **все профили подготовки**

Форма обучения: **Очная**

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	144	32	32		58	18	2			2
Всего 144 часа / 4 зачётные единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции: ОПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы.....	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.....	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Дисциплина «Нелинейные процессы физики сплошных сред» представляет собой прямое продолжение дисциплины «Физика сплошных сред» (ФСС), реализуемой в программе бакалавриата. Курс «Нелинейные процессы физики сплошных сред» показывает междисциплинарные связи на основе общности подходов и методов в описании явлений различных разделов ФСС.

Целью освоения курса является ознакомление студентов с:

1) фундаментальными процессами нелинейной физики сплошных сред, включая разделы электродинамики сплошных сред, гидродинамики и теории упругости;

2) понятиями, моделями и теоретическими методами, применяемыми для описания различных нелинейных явлений в физике сплошных сред, и методами решения нестандартных задач, возникающих в процессе подготовки физических экспериментов и конструирования физических установок.

Все практические занятия проводятся в интерактивной форме. Необходимой предпосылкой для успешного освоения курса являются знания математических дисциплин (линейной векторной и тензорной алгебры, математического анализа, функционального анализа, теории функций комплексной переменной, методов математической физики) и умение применять эти знания при решении задач. Некоторые дополнительные математические сведения даются непосредственно в лекциях курса НПФСС. В цикле физических дисциплин необходимыми для успешного усвоения НПФСС являются курсы «Физика сплошных сред», «Термодинамика», «Электродинамика», «Аналитическая механика» и «Физическая кинетика».

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося общепрофессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p>ОПК-1. Способен применять фундаментальные знания в области физики для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности.</p>	<p>ОПК - 1.1. Применяет фундаментальные знания и новейшие достижения физики для решения научно-исследовательских задач в избранной области.</p> <p>ОПК - 1.2. Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных научно-исследовательских задач.</p>	<p>Знать основные математические модели и уравнения, которые применяются в нелинейной физике сплошных сред; физические явления, которые описываются в рамках слабо-нелинейной волновой динамики в оптике и теории плазмы, в теории когерентных нелинейных волн и вихрей в гидродинамике, развитой турбулентности, эффектов памяти и автоколебаний. Знать основные методы, необходимые для работы с этими типами моделей и явлений.</p> <p>Уметь распознавать и классифицировать физические явления и соответствующие им теоретические модели; строить математические модели для новых явлений; выделять в моделях стандартные элементы и предельные случаи, сводящиеся к известным; использовать приближённые методы</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
		исследования нелинейных систем. Владеть методами построения и анализа моделей нескольких классов нелинейных явлений в физике сплошных сред.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные процессы физики сплошных сред» изучается в весеннем семестре студентами первого курса магистратуры физического факультета, обучающимися по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой теоретической физики. Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким дисциплинам как линейная векторная и тензорная алгебры, математический анализ, функциональный анализ, теория функций комплексной переменной, методы математической физики, физика сплошных сред, термодинамика, электродинамика, механика и физическая кинетика. Курс НПФСС в магистратуре предназначен не только для студентов, скажем, квантовых специальностей, вообще не имеющих спецкурсов по физике сплошных сред, но и для студентов профильных специализаций. Поскольку в рамках НПФСС рассматриваются явления не одного, а нескольких разделов физики, поэтому он гораздо шире любой кафедральной программы.

3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объём	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачёт	Дифференцированный зачёт	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	144	32	32		58	18	2			2
Всего 144 часа / 4 зачётных единицы, из них: - контактная работа 68 часов										
Компетенции: ОПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, практические занятия, консультации, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателями с помощью заданий, экзамен.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: домашние задания, контрольные работы, задания для самостоятельного решения.

Промежуточная аттестация: экзамен.

Общая трудоёмкость рабочей программы дисциплины составляет **144** академических часа / **4** зачётных единицы:

- занятия лекционного типа – 32 часа;
- практические занятия – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 58 часа;
- промежуточная аттестация (подготовка к сдаче экзамена, консультация и экзамен) – 22 часа.

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, практические занятия, групповые консультации, экзамен) составляет 68 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Нелинейные процессы физики сплошных сред» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-м курсе магистратуры физического факультета НГУ в весеннем семестре. Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётных единицы/144 академических часа.

№ п/п	Раздел дисциплины, основное содержание лекций	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	Слабонелинейные процессы	1-4	31	8	8	15	
2	Когерентные нелинейные процессы	5-13	60	16	16	28	
3	Турбулентность	14-16	31	8	8	15	
4	Самостоятельная работа в период подготовки к промежуточной аттестации		18				18
5	Консультации		2				2
6	Экзамен		2				2
	Всего		144	33	32	58	22

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Слабонелинейные процессы (8 часов)

Нелинейная диэлектрическая проницаемость. Матричные элементы взаимодействия волн. Трёхволновое взаимодействие. Классические и сильные резонансные динамические нелинейности. Удвоение частоты в нелинейном кристалле. Распадные и нераспадные спектры. Симметрии матричных элементов, соотношения Мэнли-Роу. Уравнения Бломбергена. Оптомеханические эффекты. Дифракция света на звуковой волне. Четырёхволновое взаимодействие. Самосжатие и самофокусировка волновых пакетов. Критерий Лайтхилла. Квазилинейное волновое уравнение,

квазилинейная релаксация. Кинетическое уравнение для волн. Возникновение стохастичности (хаоса) в динамических системах. Концепция слабой турбулентности.

Раздел 2. Когерентные нелинейные процессы (16 часов)

Гидродинамическая нелинейность. Координаты Лагранжа. Уравнение Хопфа. Простые волны. Образование поверхности разрыва в звуковой волне. Гидродинамическая нелинейность и диссипация. Слабая ударная волна, уравнение Бюргерса. Классификация поверхностей разрыва в идеальном газе. Ударная волна. Адиабата Гюголио. Направление изменения величин в ударной волне. Волны разрежения. Гидродинамическая нелинейность и дисперсия. Нелинейные волны на мелкой воде, уравнение Кортевега-де Фриза. Кноидальные волны и солитоны. Бесстолкнительные ударные волны в плазме. Уравнение Захарова. Солитон огибающей. Вихревое движение жидкости. Вихри Росби. Циклоны и антициклоны в атмосфере земли. Обтекание тонкого крыла. Подъёмная сила. Теорема Жуковского. Дефекты в упругом теле. Предел упругости. Эффекты памяти в твёрдом теле, гистерезис в ферромагнетиках. Жидкие кристаллы, их оптические свойства и применения. Конвективная неустойчивость в атмосфере. Конвекция Рэлея-Бенара. Образование гексагональных структур. Динамика структуры конвективных ячеек при возрастании нагрева и переход к хаосу. Метод Галёркина для описания конвекции вязкой жидкости. Модель Лоренца. Странный аттрактор. Автоколебания в сплошных средах. Образование структур. Синергетика.

Раздел 3. Турбулентность (8 часов)

Гидродинамические неустойчивости и модели перехода к турбулентности. Мягкое и жёсткое возбуждение. Квазипериодическое движение и синхронизация частот. Развитая турбулентность. Самоподобие поля скоростей. Корреляционные функции скоростей. Каскадный перенос энергии. Спектр Колмогорова-Обухова. Логарифмический профиль турбулентного течения, турбулентное течение в трубах. Переход к статистическому описанию турбулентности. Усреднённые уравнения движения. Тензор напряжений Рейнольдса. Турбулентная диффузия и турбулентная вязкость. Расплывание пятна в турбулентной жидкости. Турбулентная релаксация при наличии мягких и жёстких инвариантов. Релаксированные состояния, модель Тейлора для бессилового равновесия плазмы.

Программа практических занятий (32 часа)

Раздел 1. Слабонелинейные процессы (8 часов)

Занятие 1. Тензоры. Элементарные тензорные операции. Инвариантные тензоры. Уравнения Максвелла для высокочастотного поля в сплошной среде. Анализ волновых свойств среды на примере холодной плазмы. Нелинейная диэлектрическая проницаемость для холодной немагнитной плазмы. Распадные и нераспадные спектры при трёхволновом взаимодействии. Графический метод определения «распадности» спектра. **(2 часа)**

Занятие 2. Уравнения Бломбергена. Законы сохранения для трёх волн. «Взрывная» неустойчивость при наличии волны с отрицательной энергией. **(2 часа)**

Занятие 3. Самосжатие и самофокусировка волновых пакетов. Геометрическая оптика для слабонелинейных волновых пакетов. **(2 часа)**

Занятие 4. Кинетическое уравнение для волн. Формирование спектра в замкнутой и открытой системах. **(2 часа)**

Раздел 2. Когерентные нелинейные процессы (16 часов)

Занятие 1. Координаты Лагранжа. Уравнение Хопфа. Разлёт облака заряженной пыли. Обрушение волны в облаке пыли. Образование поверхностей разрыва в звуковой волне. Нелинейные искажения звука в акустических системах. (2 часа)

Занятие 2. Эволюция простой волны при наличии вязкости. Оценка ширины фронта ударной волны. Поверхности разрыва. Волна разрежения. (2 часа)

Занятие 3. Сильная ударная волна в газе. Отражение ударной волны от препятствия. Ударная волна с детонацией. (4 часа)

Занятие 4. Волны на мелкой воде. Классификация и свойства решений уравнения Кортевега-де Фриза. Солитоны в уравнениях Захарова и Кортевега-де Фриза. (2 часа)

Занятие 5. Обтекание, образование вихрей и подъёмная сила тонкого крыла в дозвуковом потоке. (2 часа)

Занятие 6. Жидкие кристаллы. (2 часа)

Занятие 7. Конвективная неустойчивость. Образование гексагональной структуры конвективных ячеек при конвекции Рэлея-Бенара. (2 часа)

Раздел 3. Турбулентность (8 часов)

Занятие 1. Спектры в модели двумерной турбулентности. Турбулентность при наличии дополнительных интегралов движения. (2 часа)

Занятие 2. Разбегание траекторий пробных частиц в среде с развитой турбулентностью. Расплывание пятна. (4 часа)

Занятие 3. Ламинарный слой на границе турбулентного потока. Течение турбулентного потока по трубе. (2 часа)

Самостоятельная работа студентов (76 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям	12
Решение домашних задач	46
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. — Изд. 3-е, перераб. — 1986. — 736 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VI).
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. — Изд. 4-е, испр. и доп. — 1987. — 244 с.: ил. — (Теоретическая физика, т. VII).
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — 1982. — 620 с.: ил. — («Теоретическая физика», том VIII).
4. Векштейн Г.Е. Физика сплошных сред в задачах: [учебное пособие]. — Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991. — 171 с.: ил.
5. Лотов К.В. Физика сплошных сред: учебное пособие: [для студентов физического факультета НГУ]. — М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — 2-е

изд., испр. и доп. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2018. — 135 с.: ил.

5.2. Дополнительная литература

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды, тт. I, II. М: Наука, 1983-1984.
2. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, вып. 5 – 7, Мир, Москва, 1966.
3. Стрэттон Дж.А. Теория электромагнетизма. — Москва; Ленинград: Гостехиздат, 1948. — 540 с.: ил.
4. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н., Сборник задач по электродинамике. — 3-е изд., испр. — Москва: Регуляр. и хаотич. динамика, 2002. — 639 с.: ил.
5. Ландсберг Г.С. Оптика. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва: Наука, 1976. — 926 с.: ил.
6. Горшков А.Г., Рабинский Л.Н., Тарлаковский Д.В. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды. — М.: Наука, 2000. — 214 с.: ил.
7. Трусделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. — М.: Мир, 1975. — 592 с.
8. Тимошенко С.П. Теория упругости. — Москва: Наука, 1975. — 575 с.

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

1. Лотов К.В. Физика сплошных сред: учебное пособие: [для студентов физического факультета НГУ]. — М-во образования и науки РФ, Новосиб. гос. ун-т, Физ. фак. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Издательско-полиграфический центр НГУ, 2018. — 135 с.: ил.
2. Векштейн Г.Е. Физика сплошных сред в задачах: [учебное пособие]. — Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 1991. — 171 с.: ил.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть «Интернет».

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проведения коротких самостоятельных работ в начале каждого занятия с решением типовых задач, разобранных на предыдущем занятии. Студентам необходимо успешно выполнить две контрольные работы, предполагающие решение задач.

Промежуточная аттестация.

Освоение компетенции оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ОПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области квантовой физики в профессиональной деятельности.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в конце семестра в экзаменационную сессию по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ОПК-1.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда компетенция освоена не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК - 1.1. Применяет фундаментальные знания и новейшие достижения физики для решения научно-исследовательских задач в избранной области.	Знать основные математические модели и уравнения, которые применяются в нелинейной физике сплошных сред; физические явления, которые описываются в рамках слабо-нелинейной волновой динамики в оптике и теории плазмы, в теории когерентных нелинейных волн и вихрей в гидродинамике, развитой турбулентности, эффектов памяти и автоколебаний. Знать основные методы, необходимые для работы с этими типами моделей и явлений.	Проведение контрольных работ, решение задач, экзамен.
ОПК - 1.2. Применяет современные экспериментальные и теоретические методы, информационные технологии для решения поставленных научно-исследовательских задач.	Уметь распознавать и классифицировать физические явления и соответствующие им теоретические модели; строить математические модели для новых явлений; выделять в моделях стандартные элементы и предельные случаи, сводящиеся к известным; использовать приближённые методы исследования нелинейных систем. Владеть методами построения и анализа моделей нескольких классов нелинейных явлений в физике сплошных сред.	Проведение контрольных работ, решение задач, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Нелинейные процессы физики сплошных сред»

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ОПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на до-

			количество негрубых ошибок.	ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	полнительные вопросы.
Наличие умений	ОПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ОПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Задания по курсу «Нелинейные процессы физики сплошных сред»

ЗАДАНИЕ №1

1. Волна t с законом дисперсии $\omega_t(k) = ak^{3/4}$ распадается по схеме $t \rightarrow t' + s$ на волну t' аналогичного типа и звуковую волну s с законом дисперсии $\omega_s(k) = kc_s$. Найти минимальную длину исходной волны, при которой возможен распад.
2. Плоская электромагнитная волна с частотой ω падает под углом α на толстую плоскопараллельную пластину, в которой создана стоячая звуковая волна, так что диэлектрическая проницаемость пластины модулирована: $\epsilon(x,t) = 1 + \delta + \delta \sin(k'x) \sin(\omega't)$, где $\delta \ll 1$, $\omega'/k' = c_s$, x – координата по нормали к поверхности пластины. а). Найти углы α , при которых коэффициент отражения от всей пластины порядка единицы. Отражением от поверхности пренебречь. б). Найти коэффициент конверсии волны при прохождении через пластину толщиной L по нормали.
3. Известно, что среда имеет небольшой показатель поглощения, а при нагревании её показатель преломления линейно увеличивается с температурой. Кроме того, групповая скорость

электромагнитной волны велика по сравнению со скоростью установления теплового равновесия поперёк луча. Будет ли в этой среде наблюдаться самосжатие или самофокусировка мощного лазерного излучения? Почему?

4.

ЗАДАНИЕ №2

1. Ударная волна с числом Маха M распространяется в идеальном одноатомном газе с давлением p и плотностью ρ . Во фронте волны происходит химическая реакция, делающая газ идеальным двухатомным с выделением энергии на единицу массы газа равным q . Найти максимальное q , при котором существуют слабые ударные волны ($M=1+\varepsilon$).
2. Оценить расстояние от динамика, на котором нелинейные искажения звука превышают 10%, если считать, что динамик идеально воспроизводит звук с амплитудой по давлению в 0,1% от атмосферного давления. Длина волны звука - около 1м.
3. Оценить скорость ветра на высоте 1км в циклоне диаметром 500км на средних широтах, если падение давления в его центре составляет 10% от атмосферного.

ЗАДАНИЕ №3

1. Шарик радиуса a , находящийся в идеальной несжимаемой жидкости на расстоянии $l \gg a$ от твёрдой стенки, движется с постоянной скоростью по нормали к ней. Найти распределение давления по поверхности стенки. Плотность жидкости ρ .
2. Вертикальная трубка радиуса R заполнена вязкой жидкостью с плотностью ρ и находится в поле тяжести. На оси трубки помещён длинный невесомый цилиндр радиуса $r < R$, так что $R-r \ll R$, $R \ll L$, где L - длина цилиндра. Найти коэффициент вязкости жидкости η , если скорость всплывания цилиндра равна u .
3. Найти распределение температуры $T(r)$ вязкой жидкости в задаче о течении Пуазейля по трубе круглого сечения. Температура стенок трубы T_0 поддерживается постоянной. Коэффициент кинематической вязкости жидкости ν , её теплоёмкость при постоянном давлении c_p , коэффициент температуропроводности χ .

ЗАДАНИЕ №4

1. Между двумя плоскими параллельными жесткими пластинами вставлен брусок с исходным сечением $d_1 \times d_2$. Какую минимальную силу необходимо приложить, чтобы вытянуть бру-

сок из канала, если коэффициент трения его боковой поверхности (d_1) о поверхность канала равен k ($k \ll 1$), а длина бруска $L \gg d_1, d_2$? Зазор между пластинами равен a , причем $a < d_2$. Модуль Юнга E и коэффициент Пуассона σ бруска заданы. *Указания. Считать, что до приложения вытягивающей силы в бруске не было продольных напряжений. Найти, какие компоненты тензора деформации не изменяются при "включении" вытягивающей силы. Воспользоваться уравнением равновесия тела. Значение комбинации параметров $\sigma kl/a$ произвольно.*

2. Прямая вертикальная опора с длиной L и сечением $a \times a$ жёстко закреплена в основании. Найти максимальный вес, который она может удерживать, не изгибаясь, если её модуль Юнга равен E .

Вопросы на экзамен

1. Нелинейная диэлектрическая проницаемость. Фурье-представление уравнений Максвелла.
2. Трёхволновое взаимодействие. Распадные и нераспадные спектры. Графический метод.
3. Симметрии матричных элементов трёхволнового взаимодействия, соотношения Мэнли-Роу. Уравнения Бломбергера.
4. Четырёхволновое взаимодействие, частный случай взаимодействия идентичных волн. Нелинейное параболическое уравнение.
5. Самосжатие и самофокусировка волновых пакетов в нелинейной среде. Критерий Лайтхилла.
6. Кинетическое уравнение для волн. Квазилинейное приближение.
7. Гидродинамическая нелинейность. Уравнение Хопфа. Координаты Лагранжа. Опрокидывание волн.
8. "Простые" волны. Образование поверхности разрыва в звуковой волне.
9. Слабая ударная волна. Уравнение Бюргерса. Классификация поверхностей разрыва в идеальном газе.
10. Ударная волна. Адиабата Гюгонио.
11. Направление изменения величин в ударной волне. Волны разрежения.
12. Уравнение Кортевега-де Фриза и его решения. Бесстолкновительные ударные волны в плазме.
13. Форма поверхности жидкости в поле тяжести в присутствии вихря.
14. Нелинейное уравнение Шредингера и его решения. Солитон огибающей.
15. Вихревое движение жидкости. Эволюция завихренности. Движение тонких вихрей.
16. Волны Росби. Циклоны и антициклоны в атмосфере земли.
17. Подъёмная сила. Теорема Жуковского.
18. Обтекание тонкого крыла.
19. Внутренние напряжения и дефекты в упругом теле. Дислокации. Вектор Бюргерса.
20. Движение дислокаций в упругом теле. Пластические деформации.
21. Конвективная неустойчивость в несжимаемой жидкости. Конвекция Рэлея-Бенара.
22. Метод Галёркина для описания конвекции вязкой жидкости. Модель Лоренца. Странный аттрактор.
23. Мягкое и жёсткое возбуждение турбулентности.

24. Турбулентность. Модели перехода к турбулентности. Развитая турбулентность.
 25. Каскадный перенос энергии при развитой турбулентности. Спектр Колмогорова-Обухова.
 26. Логарифмический профиль турбулентного течения вблизи стенки, турбулентное течение в трубах.
 27. Нелинейные волны на мелкой воде. Вывод уравнения Кортевега-де Фриза.
1. Определить, является ли спектр колебаний распадным по заданному виду дисперсионных соотношений для участвующих в трёхволновом взаимодействии волн (графическим методом).
 2. Определить, могут ли происходить самосжатие и самофокусировка волновых пакетов в нелинейной среде с заданными свойствами.
 3. Вывести нелинейное параболическое уравнение для распространения волнового пакета в нелинейной диспергирующей среде.
 4. Найти инкремент распадной неустойчивости в среде, описываемой уравнениями Бломбергена с известными матричными элементами взаимодействия.
 5. Найти момент и точку опрокидывания нелинейной волны в облаке пыли (заряженной или нет).
 6. Найти степень нелинейных искажений звука на заданном расстоянии от источника.
 7. Найти параметры газа за фронтом заданной плоской ударной волны.
 8. Найти условия отражения ударных волн от поверхности разрыва (одномерный случай).
 9. Вывести уравнение Кортевега-де Фриза для волн на мелкой воде.
 10. Найти форму свободной поверхности жидкости в поле тяжести в присутствии вихря с заданным распределением завихренности.
 11. Найти изменение атмосферного давления в центре циклона или антициклона с известной скоростью ветра.
 12. Вывести условие возникновения валиковой конвекции в несжимаемой жидкости.
 13. Вывести уравнения Лоренца методом Галёркина из уравнений конвекции.
 14. Найти траектории движения тонких вихрей в идеальной жидкости (в т.ч. вблизи плоских границ).
 15. Вывести спектр Колмогорова-Обухова для развитой турбулентности.
 16. Оценить скорость расплывания пятна в среде с развитой турбулентностью.
 17. Найти поток жидкости по трубе при турбулентном течении.
 18. Найти подъёмную силу плоского тонкого крыла.

Пример экзаменационного билета

1. Нелинейная диэлектрическая проницаемость. Фурье-представление уравнений Максвелла.
2. Логарифмический профиль турбулентного течения вблизи стенки, турбулентное течение в трубах.
3. Найти параметры газа за фронтом заданной плоской ударной волны.

Форма экзаменационного билета представлена на рисунке

МИНОБРНАУКИ РОССИИ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) Физический факультет
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № _____
1 2 3
Составитель _____ /Ф.И.О. преподавателя/ (подпись)
« ____ » _____ 20 г.

Форма экзаменационного билета

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Нелинейные процессы физики сплошных сред»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Направленность (профиль): все профили подготовки**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного