

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Высшая школа общей и прикладной физики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теория колебаний и волн

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

03.03.02 - Физика

---

Направленность образовательной программы

Фундаментальная физика

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.08 Теория колебаний и волн относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научноисследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Знать основные методы анализа нелинейных динамических систем на фазовой плоскости; основы анализа линейных колебательных систем; методы теории возмущений для анализа слабонелинейных систем; основы теории адиабатических инвариантов. Уметь формализовать основные физические процессы в нелинейных колебательных системах. Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Задачи	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы Задачи  Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Демонстрация способности использовать полученные профессиональные знания при реализации научноисследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Обладать необходимыми для реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов знаниями Уметь применять полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов Владеть навыками использования полученных профессиональных знаний при	Задачи	Зачёт с оценкой: Контрольные вопросы Задачи  Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

		реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>7</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>252</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>64</b>
- КСР	<b>3</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>85</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b>
	<b>Экзамен, Зачёт с оценкой</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0
Тема 1. Линейный осциллятор	8	2	2	4	4
Тема 2. Нелинейный осциллятор	8	2	2	4	4
Тема 3. Параметрический резонанс в линейных системах	8	2	2	4	4
Тема 4. Адиабатические инварианты	8	2	2	4	4
Тема 5. Системы с быстро изменяющимися параметрами	12	4	4	8	4
Тема 6. Резонанс в нелинейных системах	12	4	4	8	4
Тема 7. Периодические автоколебания	12	4	4	8	4
Тема 8. Метод Ван-дер-Поля	12	4	4	8	4
Тема 9. Стохастичность в динамических системах	12	4	4	8	4
Тема 10. Глобальная стохастичность	12	4	4	8	4
Тема 11. Колебания в упорядоченных структурах	12	4	4	8	4

Тема 12. Неустойчивость	13	4	4	8	5
Тема 13. Трехволновые взаимодействия	14	4	4	8	6
Тема 14. Множественные синхронизмы	14	4	4	8	6
Тема 15. Ударные волны и солитоны	14	4	4	8	6
Тема 16. Устойчивость солитонов	14	4	4	8	6
Тема 17. Самофокусировка волн	14	4	4	8	6
Тема 18. Интегрируемость уравнений	14	4	4	8	6
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	252	64	64	131	85

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Линейный осциллятор  
 Тема 2. Нелинейный осциллятор  
 Тема 3. Параметрический резонанс в линейных системах  
 Тема 4. Адиабатические инварианты  
 Тема 5. Системы с быстро изменяющимися параметрами  
 Тема 6. Резонанс в нелинейных системах  
 Тема 7. Периодические автоколебания  
 Тема 8. Метод Ван-дер-Поля  
 Тема 9. Стохастичность в динамических системах  
 Тема 10. Глобальная стохастичность  
 Тема 11. Колебания в упорядоченных структурах  
 Тема 12. Неустойчивость  
 Тема 13. Трехволновые взаимодействия  
 Тема 14. Множественные синхронизмы  
 Тема 15. Ударные волны и солитоны  
 Тема 16. Устойчивость солитонов  
 Тема 17. Самофокусировка волн  
 Тема 18. Интегрируемость уравнений

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

а) основная литература:

- 1) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. в 10 т. Т. 1. Механика, 1988. -216 с. -293 экз.
- 2) А. А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин, «Теория колебаний». - М.: Физматлит, 1959.-915 с. -64 экз.
- 3) М. И. Рабинович, Д. И Трубецков. М.: Наука «Введение в теорию колебаний и волн».-432 с. -170 экз.
- 4) А.А. Балакин, Г.М. Фрайман Основы теории колебаний и волн. Динамика сосредоточенных

и распределенных систем. Н. Новгород: ФИЦ ИПФ РАН, 2016. (Деканат ВШОПФ) -30 экз.

б) дополнительная литература:

1) «Сборник задач по теории колебаний» под редакцией Л.В.Постникова и В.И.Королева, Тарантович Т. М, М. Наука, 1978. -271 с. -172 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

1)Саратовская группа Теоретической Нелинейной Динамики

<http://www.sgtnd.narod.ru/rus/index.htm>

2) СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН

Серия книг, подготовленная преподавателями факультета нелинейных процессов Саратовского государственного университета и изданная в 2000-2002 гг.

<http://www.sgtnd.narod.ru/pabl/rus/series.htm>

3) Справочник "Биофизики России" Г.Ю.Ризниченко. Лекции по математическим моделям в биологии <http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/>

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2:**

### Задача 1.1

Найти границу зон параметрической неустойчивости для осциллятора с частотой, меняющейся по закону  $\omega(t) = \omega_0 \{1 + h \operatorname{sign} [\sin(2\pi / T)]\}x + \beta x^3 = 0$

### Задача 1.2

Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для шарика, катающегося по горизонтальному столу между двумя стенками, одна из которых медленно колеблется.

### Задача 1.3

Найти порог возникновения глобальной стохастичности в точечном отображении:

$$\bar{J} = J + K \sin \theta, \quad \bar{\theta} = \theta + \bar{J}.$$

### Задача 1.4

Найти длину опрокидывания малой модуляции скорости газа  $v=v_0 \sin \omega t \ll c_s$ , используя условие адиабаты  $\partial p / \partial \rho = c_s^2$ .

### Задача 1.5

Найти интеграл движения (аналог соотношений Мэнли-Роу) для двух связанных осцилляторов:  $x_1'' + \omega^2 x_1 = 2\alpha x_1 x_2$ ,  $x_2'' + 4\omega^2 x_2 = \alpha x_1^2$ .

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

### Задача 2.1

Оценить глубину проникновения квазимонохроматического поля с амплитудой  $E_0$  в плоскослоистую среду с  $\varepsilon = 1 - z/L + \beta|E|^2$  в адиабатическом приближении.

### Задача 2.2

Найти инвариантную меру отображения  $\bar{x} = 1 - |2x - 1|$ ,  $x \in [0,1]$ .

### Задача 2.3

Найти амплитуду установившихся колебаний бесконечной цепочки маятников длиной  $l$  и массой  $m$ , связанных пружинками жесткостью  $k$ , при воздействии на один из маятников силы  $F \sin \omega t$ .

### Задача 2.4

В безабберационном приближении определить условия возникновения коллапса в среде с параболическим профилем плотности:  $\partial_z u + \Delta_\perp u + \beta|u|^2 u + \alpha r^2 u = 0$ .

### Задача 2.5

Оценить число солитонов КдВ для начального распределения:  $u = A/\cosh^2 x$ .

## Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые

Оценка	Критерии оценивания
	ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами .	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами и, выполнены все задания в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Бифуркационная диаграмма линейного осциллятора
2. Основные типы состояний равновесия на фазовой плоскости
3. Резонансные потери
4. Зависимость периода и спектра колебаний нелинейного осциллятора от амплитуды.
5. Оценка порогов возникновения параметрической неустойчивости в зависимости от номера зоны.
6. Точность сохранения адиабатического инварианта линейного осциллятора с медленно изменяющейся частотой.



7. Оценить глубину проникновения поперечной электромагнитной волны в плавнонеоднородную среду с кубической нелинейностью.
8. Найти зоны возможной генерации колебаний монотрона в зависимости от энергии электронов на входе.
9. Почему при движении в высокочастотных порлях возможно удержание электронов усредненной пондеромоторной силой, а в статических электрических полях это невозможно.
10. Почему для системы связанных осцилляторов спектр нормальных частот всегда шире спектра парциальных частот.
11. Эффект Вина. Демпфирование колебаний
12. Эффект синхронизации двух связанных автогенераторов
13. Эффект гистерезиса вынужденных колебаний нелинейного осциллятора при медленном изменении частоты внешней силы.
14. Принцип «суперпозиции» эффектов в рамках метода Ван-дер-Поля
15. Динамическая модель броуновского движения.
16. Критерии глобальной стохастичности
17. Стохастическое ускорение заряженных частиц
18. Критерии глобальной стохастичности.
19. Дисперсионное уравнение.
20. Длинноволновое приближение.
21. Метод моментов.
22. Абсолютная и конвективная неустойчивость.
23. Условия синхронизма волн
24. Соотношения Мэнли-Роу
25. Оценка времени или длины опрокидывания волн.
26. Структура фронта ударной волны.
27. Солитоны уравнений КдВ и НУШ.
28. Устойчивость многообразия решений.
29. Качественная картина самофокусировки
30. Оценка длины самофокусировки
31. Вариационный подход (метод Уизема).
32. Метод L-A пары для поиска решения нелинейных уравнений в частных производных.
33. Метод Дарбу и безотражательные потенциалы в уравнении НУШ.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4**

1. Бифуркационная диаграмма линейного осциллятора
2. Основные типы состояний равновесия на фазовой плоскости
3. Резонансные потери
4. Зависимость периода и спектра колебаний нелинейного осциллятора от амплитуды.
5. Оценка порогов возникновения параметрической неустойчивости в зависимости от номера зоны.
6. Точность сохранения адиабатического инварианта линейного осциллятора с медленно изменяющейся частотой.
7. Оценить глубину проникновения поперечной электромагнитной волны в плавнонеоднородную среду с кубической нелинейностью.
8. Найти зоны возможной генерации колебаний монотрона в зависимости от энергии электронов на входе.
9. Почему при движении в высокочастотных порлях возможно удержание электронов усредненной пондеромоторной силой, а в статических электрических полях это невозможно.
10. Почему для системы связанных осцилляторов спектр нормальных частот всегда шире спектра парциальных частот.

- 11.Эффект Вина. Демпфирование колебаний
- 12.Эффект синхронизации двух связанных автогенераторов
- 13.Эффект гистерезиса вынужденных колебаний нелинейного осциллятора при медленном изменении частоты внешней силы.
- 14.Принцип «суперпозиции» эффектов в рамках метода Ван-дер-Поля
- 15.Динамическая модель броуновского движения.
- 16.Критерии глобальной стохастичности
- 17.Стохастическое ускорение заряженных частиц
- 18.Критерии глобальной стохастичности.
- 19.Дисперсионное уравнение.
- 20.Длинноволновое приближение.
- 21.Метод моментов.
- 22.Абсолютная и конвективная неустойчивость.
- 23.Условия синхронизма волн
- 24.Соотношения Мэнли-Роу
- 25.Оценка времени или длины опрокидывания волн.
- 26.Структура фронта ударной волны.
- 27.Солитоны уравнений КдВ и НУШ.
- 28.Устойчивость многообразия решений.
- 29.Качественная картина самофокусировки
- 30.Оценка длины самофокусировки
- 31.Вариационных подход (метод Уизема).
- 32.Метод L-A пары для поиска решения нелинейных уравнений в частных производных.
- 33.Метод Дарбу и безотражательные потенциалы в уравнении НУШ.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы

Оценка	Критерии оценивания
	базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Бифуркационная диаграмма линейного осциллятора
2. Основные типы состояний равновесия на фазовой плоскости
3. Резонансные потери
4. Зависимость периода и спектра колебаний нелинейного осциллятора от амплитуды.
5. Оценка порогов возникновения параметрической неустойчивости в зависимости от номера зоны.
6. Точность сохранения адиабатического инварианта линейного осциллятора с медленно изменяющейся частотой.
7. Оценить глубину проникновения поперечной электромагнитной волны в плавнонеоднородную среду с кубичной нелинейностью.
8. Найти зоны возможной генерации колебаний монотрона в зависимости от энергии электронов на входе.
9. Почему при движении в высокочастотных порлях возможно удержание электронов усредненной пондеромоторной силой, а в статических электрических полях это невозможно.
10. Почему для системы связанных осцилляторов спектр нормальных частот всегда шире спектра парциальных частот.
11. Эффект Вина. Демпфирование колебаний
12. Эффект синхронизации двух связанных автогенераторов
13. Эффект гистерезиса вынужденных колебаний нелинейного осциллятора при медленном изменении частоты внешней силы.
14. Принцип «суперпозиции» эффектов в рамках метода Ван-дер-Поля
15. Динамическая модель броуновского движения.
16. Критерии глобальной стохастичности
17. Стохастическое ускорение заряженных частиц

18. Критерии глобальной стохастичности.
19. Дисперсионное уравнение.
20. Длинноволновое приближение.
21. Метод моментов.
22. Абсолютная и конвективная неустойчивость.
23. Условия синхронизма волн
24. Соотношения Мэнли-Роу
25. Оценка времени или длины опрокидывания волн.
26. Структура фронта ударной волны.
27. Солитоны уравнений КдВ и НУШ.
28. Устойчивость многообразия решений.
29. Качественная картина самофокусировки
30. Оценка длины самофокусировки
31. Вариационный подход (метод Уизема).
32. Метод L-A пары для поиска решения нелинейных уравнений в частных производных.
33. Метод Дарбу и безотражательные потенциалы в уравнении НУШ.

### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4**

1. Бифуркационная диаграмма линейного осциллятора
2. Основные типы состояний равновесия на фазовой плоскости
3. Резонансные потери
4. Зависимость периода и спектра колебаний нелинейного осциллятора от амплитуды.
5. Оценка порогов возникновения параметрической неустойчивости в зависимости от номера зоны.
6. Точность сохранения адиабатического инварианта линейного осциллятора с медленно изменяющейся частотой.
7. Оценить глубину проникновения поперечной электромагнитной волны в плавнонеоднородную среду с кубической нелинейностью.
8. Найти зоны возможной генерации колебаний монотрона в зависимости от энергии электронов на входе.
9. Почему при движении в высокочастотных полях возможно удержание электронов усредненной ponderomotive силой, а в статических электрических полях это невозможно.
10. Почему для системы связанных осцилляторов спектр нормальных частот всегда шире спектра парциальных частот.
11. Эффект Вина. Демпфирование колебаний
12. Эффект синхронизации двух связанных автогенераторов
13. Эффект гистерезиса вынужденных колебаний нелинейного осциллятора при медленном изменении частоты внешней силы.
14. Принцип «суперпозиции» эффектов в рамках метода Ван-дер-Поля
15. Динамическая модель броуновского движения.
16. Критерии глобальной стохастичности
17. Стохастическое ускорение заряженных частиц
18. Критерии глобальной стохастичности.
19. Дисперсионное уравнение.
20. Длинноволновое приближение.
21. Метод моментов.
22. Абсолютная и конвективная неустойчивость.
23. Условия синхронизма волн
24. Соотношения Мэнли-Роу
25. Оценка времени или длины опрокидывания волн.

26. Структура фронта ударной волны.
27. Солитоны уравнений КдВ и НУШ.
28. Устойчивость многообразия решений.
29. Качественная картина самофокусировки
30. Оценка длины самофокусировки
31. Вариационный подход (метод Уизема).
32. Метод L-A пары для поиска решения нелинейных уравнений в частных производных.
33. Метод Дарбу и безотражательные потенциалы в уравнении НУШ.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие

Оценка	Критерии оценивания
	отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

#### Задача 1.1

Найти границу зон параметрической неустойчивости для осциллятора с частотой, меняющейся по закону  $\omega(t) = \omega_0 \{1 + h \operatorname{sign} [\sin(2\pi t / T)]\}$ ;  $x + \beta x^3 = 0$

#### Задача 1.2

Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для шарика, катающегося по горизонтальному столу между двумя стенками, одна из которых медленно колеблется.

#### Задача 1.3

Найти порог возникновения глобальной стохастичности в точечном отображении:

$$\bar{J} = J + K \sin \theta, \quad \bar{\theta} = \theta + \bar{J}^2.$$

#### Задача 1.4

Найти длину опрокидывания малой модуляции скорости газа  $v = v_0 \sin \omega t \ll c_s$ , используя условие адиабаты  $\partial p / \partial \rho = c_s^2$ .

#### Задача 1.5

Найти интеграл движения (аналог соотношений Мэнли-Роу) для двух связанных осцилляторов:  $x_1'' + \omega^2 x_1 = 2\alpha x_1 x_2$ ,  $x_2'' + 4\omega^2 x_2 = \alpha x_1^2$ .

### 5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

#### Задача 2.1

Оценить глубину проникновения квазимонохроматического поля с амплитудой  $E_0$  в плоскослоистую среду с  $\varepsilon = 1 - z / L + \beta |E|^2$  в адиабатическом приближении.

#### Задача 2.2

Найти инвариантную меру отображения  $\bar{x} = 1 - |2x - 1|$ ,  $x \in [0, 1]$ .

#### Задача 2.3

Найти амплитуду установившихся колебаний бесконечной цепочки маятников длиной  $l$  и массой  $m$ , связанных пружинками жесткостью  $k$ , при воздействии на один из маятников силы  $F \sin \omega t$ .

#### Задача 2.4

В безабберационном приближении определить условия возникновения коллапса в среде с параболическим профилем плотности:  $\partial_z u + \Delta_\perp u + \beta |u|^2 u + \alpha r^2 u = 0$ .

#### Задача 2.5

Оценить число солитонов КдВ для начального распределения:  $u = A / \cosh^2 x$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продemonстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

### 5.3.7 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

#### Задача 1.1

Найти границу зон параметрической неустойчивости для осциллятора с частотой, меняющейся по закону  $\omega(t) = \omega_0 \{1 + h \sin(2\pi t / T)\}$   $\chi + \beta \chi^3 = 0$

#### Задача 1.2

Найти адиабатический инвариант и условия его применимости для шарика, катающегося по горизонтальному столу между двумя стенками, одна из которых медленно колеблется.

#### Задача 1.3

Найти порог возникновения глобальной стохастичности в точечном отображении:

$$\bar{J} = J + K \sin \theta, \quad \bar{\theta} = \theta + \bar{J}^2.$$

#### Задача 1.4

Найти длину опрокидывания малой модуляции скорости газа  $v = v_0 \sin \omega t \ll c_s$ , используя условие адиабаты  $\partial p / \partial \rho = c_s^2$ .

#### Задача 1.5

Найти интеграл движения (аналог соотношений Мэнли-Роу) для двух связанных осцилляторов:  $x_1'' + \omega^2 x_1 = 2\alpha x_1 x_2$ ,  $x_2'' + 4\omega^2 x_2 = \alpha x_1^2$ .

### 5.3.8 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

#### Задача 2.1

Оценить глубину проникновения квазимонохроматического поля с амплитудой  $E_0$  в плоскослоистую среду с  $\varepsilon = 1 - z / L + \beta |E|^2$  в адиабатическом приближении.

#### Задача 2.2

Найти инвариантную меру отображения  $\bar{x} = 1 - |2x - 1|$ ,  $x \in [0, 1]$ .

#### Задача 2.3

Найти амплитуду установившихся колебаний бесконечной цепочки маятников длиной  $l$  и массой  $m$ , связанных пружинками жесткостью  $k$ , при воздействии на один из маятников силы  $F \sin \omega t$ .

#### Задача 2.4

В безаберрационном приближении определить условия возникновения коллапса в среде с параболическим профилем плотности:  $\partial_z u + \Delta_\perp u + \beta |u|^2 u + \alpha x^2 u = 0$ .

#### Задача 2.5

Оценить число солитонов КдВ для начального распределения:  $u = A / \cosh^2 x$ .

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.



Оценка	Критерии оценивания
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

- Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика : учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 1. Механика / под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд., стер. - М. : Физматлит, 2001. - 224 с. - ISBN 5-9221-0055-6 (т. 1). - ISBN 5-9221-0053-X : 118.00., 2 экз.
- Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

Дополнительная литература:

- Рабинович Михаил Израилевич. Введение в теорию колебаний и волн. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Наука , 1992. - 454, [1] с. : ил. - 62.50., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1) Саратовская группа Теоретической Нелинейной Динамики

<http://www.sgtnnd.narod.ru/rus/index.htm>

2) СОВРЕМЕННАЯ ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ И ВОЛН

Серия книг, подготовленная преподавателями факультета нелинейных процессов Саратовского государственного университета и изданная в 2000-2002 гг.

<http://www.sgtnnd.narod.ru/pabl/rus/series.htm>

3) Справочник "Биофизики России" Г.Ю.Ризниченко. Лекции по математическим моделям в биологии <http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории. Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): Костюков Игорь Юрьевич, доктор физико-математических наук

Балакин Алексей Антониевич, доктор физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Викторов Михаил Евгеньевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 07.02.2024, протокол № 4.