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 ученого совета ННГУ

протокол от
«____» _____ 20___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

Нижний Новгород

2021 год

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.09, Теория колебаний и волн относится к части ОПОП направления подготовки 03.03.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

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**	
ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	*ПК-2.1: Знания:* *ПК-2.2: Умения:* *ПК-2.3: Навыки:*	*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 адибатических инвариантов.* *ПК-2.2: Уметь формализовать основные физические процессы в нелинейных колебательных системах.* *ПК-2.3: Владеть навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.*	*Собеседование и задачи (практические задания)*
ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	*ПК-4.1: Знания:* *ПК-4.2: Умения:* *ПК-4.3: Навыки:*	*ПК-4.1: Обладать необходимыми для реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов знаниями* *ПК-4.2: Уметь применять полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов* *ПК-4.3: Владеть навыками*	*Собеседование и задачи (практические задания)*

		использования полученных профессиональных знаний при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов	

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость	**7**
Часов по учебному плану	**252**
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	**64**
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	**64**
- КСР	**3**
самостоятельная работа	**85**
Промежуточная аттестация	**36** **экзамен, зачёт**

3.2. Содержание дисциплины

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

Наименование и краткое содержание 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	Занятия лабораторного типа	Всего	
	очная	очная	очная	очная	очная	очная
Тема 1. Линейный осциллятор	8	2	2	0	4	4
Тема 2. Нелинейный осциллятор	8	2	2	0	4	4
Тема 3. Параметрический резонанс в линейных системах	8	2	2	0	4	4
Тема 4. Адиабатические инварианты	8	2	2	0	4	4

Тема 5. Системы с быстро изменяющимися параметрами	12	4	4	0	8	4
Тема 6. Резонанс в нелинейных системах	12	4	4	0	8	4
Тема 7. Периодические автоколебания	12	4	4	0	8	4
Тема 8. Метод Ван-дер-Поля	12	4	4	0	8	4
Тема 9. Стохастичность в динамических системах	12	4	4	0	8	4
Тема 10. Глобальная стохастичность	12	4	4	0	8	4
Тема 11. Колебания в упорядоченных структурах	12	4	4	0	8	4
Тема 12. Неустойчивость	13	4	4	0	8	5
Тема 13. Трехволновые взаимодействия	14	4	4	0	8	6
Тема 14. Множественные синхронизмы	14	4	4	0	8	6
Тема 15. Ударные волны и солитоны	14	4	4	0	8	6
Тема 16. Устойчивость солитонов	14	4	4	0	8	6
Тема 17. Самофокусировка волн	14	4	4	0	8	6
Тема 18. Интегрируемость уравнений	14	4	4	0	8	6
Аттестация	36					
КСР	3				3	
Итого	252	64	64	0	131	85

Практические занятия (семинарские занятия /лабораторные работы) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает:

Разбор решения задач различной степени сложности, проведение обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в соответствующей области знаний. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

На проведение практических занятий (семинарских занятий /лабораторных работ) в форме практической подготовки отводится 16 ч.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП:

Применение знаний и умений при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности

- компетенций:

ПК-2: Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин;
ПК-4: Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках: занятий семинарского типа, групповых консультаций, индивидуальных консультаций.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	**Шкала оценивания сформированности компетенций**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
	не зачтено		зачтено				
Знания	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 ошибки.	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, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможн	При решении стандартных задач не	Продемонстрированы основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные умения.	Продемонстрированы все основные	Продемонстрированы все основные

	ость оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. 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 некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми 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 оценки 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», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «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»,

		ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

(согласно оценочным средствам табл.2)

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

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 плавнонеоднороднбую 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) 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.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Задача 1.1

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

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 $v=v_0\sin\omega t << c_s$, используя условие адиабаты $\partial p/\partial\rho=c_s^2$.

Задача 1.5

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

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: $\partial_z u + \Delta_\perp u + \beta|u|^2 u + \alpha r^2 u = 0$.

Задача 2.5

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

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

а) основная литература:

1) Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: Учебное пособие. в 10 т. Т. 1. Меха-ника, 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 сосредото-ченных 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 мо-делям в биологии http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: 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.

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

Автор(ы): И.Ю. Костюков, А.А. Балакин

Заведующий кафедрой:

Программа одобрена на заседании методической комиссии
ВШОПФ от 30.06.2021, протокол № 3.