

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА «ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФТФ, член корр.РАН, д.ф.м.н.

_____ А.К.Чернышев

«___» _____ 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

наименование дисциплины

Направление подготовки (специальность)	<u>3.04.01 «Прикладные математика и физика»</u>
Наименование образовательной программы	<u>электрофизика</u>
Квалификация (степень) выпускника	<u>магистр</u>
Форма обучения	<u>очная</u>

Программа одобрена на заседании кафедры

Заведующий кафедрой «ЭФ»,
д.ф.м.н. доцент

протокол № 2 от 03.02.2023г.

_____ Ю.Б. Кудасов
03.02.2023г.

г. Саров, 2023г.

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Программа переутверждена на 202____/202____учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФТФ на 202____/202____ учебный год.
Заведующий кафедрой ЭФ, д.ф-м.н., доцент Ю.Б. Кудасов

Семестр	В форме практической подготовки	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КР/ КП	Форма(ы) контроля, экз./зач./ЗсО/
1	32	3	108	16	16	-	76	0	Зачет
ИТОГО	32	2	108	16	16	-	76	0	зач

АННОТАЦИЯ

В курсе «Колебания и волны» дается современное представление о линейном осцилляторе, колебаниях в системе связанных осцилляторов и в упорядоченных структурах, об устойчивости и неустойчивости систем с дискретным и непрерывным спектром, о фазовой и групповой скорости, законах дисперсии, параметрических системах и параметрической неустойчивости, нелинейном осцилляторе и нелинейном резонансе, рассматривается применение теории колебаний в мощной СВЧ электронике и других лабораторных системах. Данная дисциплина необходима для дальнейшего углубленного изучения и проведения самостоятельных научных исследований в области физики высоких плотностей энергии

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель курса – дать базовые знания студентам о физических основах колебательных и волновых процессов в природе и лабораторных исследованиях. Значительное внимание уделяется нелинейным волновым и колебательным процессам, а также приложению теории к синтезу мощных генераторов СВЧ колебаний.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина «Колебания и волны», входит в первый блок: «Дисциплины» часть, формируемая участниками образовательных отношений, учебного плана по направлению подготовки 03.04.01 «Прикладные математика и физика» по программе «Электрофизика»

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский			
планирование и проведение научных работ в соответствии с утвержденным направлением исследований в области электрофизики	мощные электрофизические установки: мощные источники электрических импульсов, крупномасштабные лабораторные электрофизические установки высоковольтные и сильноточные системы, ускорители заряженных частиц, мощные ВЧ- и СВЧ-генераторы, взрывомагнитные источники энергии, диагностические комплексы, и вспомогательное оборудование.	ПК-1 Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств	З-ПК-1 Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. У-ПК-1 Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива В-ПК-1 Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.
		ПК-2 Способен критически оценивать применяемые методики и методы исследования	З-ПК-2 Знать методики оценки и выбора методов исследования. У-ПК-2 Уметь критически оценивать применяемые методики и методы исследования В-ПК-2 Владеть навыками оценки методов исследования по выбранным критериям.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ*

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максималь ный балл (см. п. 6.3)
			16	16	-	76		
Семестр № 1								
1.	РАЗДЕЛ 1	1-16	16	16	-	76		
1.1.	1 тема. Линейный осциллятор, фазовый портрет, резонанс.	1	2	2	-	4	УО	3
1.2.	2 тема.. Колебания в системе связанных осцилляторов. Классическая теория дисперсии.	2	2	2	-	4	УО	3
1.3	3 тема.. Колебания в упорядоченных структурах, предельный переход, волны, дисперсия. Типичные дисперсионные характеристики модельных сред.	3	2	2		4	УО	3
1.4	4 тема. Устойчивость и неустойчивость систем с дискретным спектром. Критерии устойчивости, механизмы неустойчивостей.	4	2	2		5	УО	3
1,5	5 тема.. Устойчивость и неустойчивость систем с непрерывным спектром. Метод характеристик. Примеры неустойчивостей.	5	2	2	-	6	УО	3
1.6	6 тема. Скорость распространения волн, фазовая и групповая скорость, энергия и импульс волн.	6	1	1	-	6	УО	3
1.7	7 тема.. Параметрические системы и параметрическая неустойчивость. Уравнения и зоны Матве. Лазеры на свободных электронах.	7	2	2	-	6	УО	3
1.8	8 тема. Нелинейный осциллятор, нелинейный резонанс. Примеры нелинейных систем. Качественное описание.	8	1	1	-	6	УО	3
1.9	9 тема. Периодические автоколебания, генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания.	9	1	1	-	6	УО	3

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	№ недели	Виды учебной работы					
			Лекции	Практ. занятия/ семинары	Лаб. работы	СРС	Текущий контроль (форма)*	Максималь- ный балл (см. п. 6.3)
			16	16	-	76		
1.10	10 тема. Нелинейные динамические системы, бифуркации	10	1	1	-	6	УО	3
1.11	11 тема. Применение теории колебаний в мощной СВЧ электронике.	11	2	2	-	6	УО	3
1.12	12 тема. Разрывы, ударные волны и солитоны.	12	1	1	-	5	УО	3
1.13	13 тема. Волны в квантовой механике. Волны в твердых телах. Волновые и курпускулярные свойства.	13-14	2	2	-	6	УО	3
Рубежный контроль		15	ДЗ					5
Промежуточная аттестация			Зачет-16				зач	0-50
Посещаемость			-					5
Итого:			16	16	-	76	зач	100

*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

З-зачет

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс	
№	Наименование раздела /темы дисциплины
1.	РАЗДЕЛ 1
1	1 тема. Линейный осциллятор, фазовый портрет, резонанс.
2	2 тема.. Колебания в системе связанных осцилляторов. Классическая теория дисперсии.
3	3 тема.. Колебания в упорядоченных структурах, предельный переход, волны, дисперсия. Типичные дисперсионные характеристики модельных сред.
4	4 тема. Устойчивость и неустойчивость систем с дискретным спектром. Критерии устойчивости, механизмы неустойчивостей.
5	5 тема.. Устойчивость и неустойчивость систем с непрерывным спектром. Метод характеристик. Примеры неустойчивостей.
6	6 тема. Скорость распространения волн, фазовая и групповая скорость, энергия и импульс волн.
7	7 тема.. Параметрические системы и параметрическая неустойчивость. Уравнения и зоны Матвея. Лазеры на свободных электронах.
8	8 тема. Нелинейный осциллятор, нелинейный резонанс. Примеры нелинейных систем. Качественное описание.
9	9 тема. Периодические автоколебания, генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания.
10	10 тема. Нелинейные динамические системы, бифуркации
11	11 тема. Применение теории колебаний в мощной СВЧ электронике.
12	12 тема. Разрывы, ударные волны и солитоны.
13	13 тема. Волны в квантовой механике. Волны в твердых телах. Волновые и курпускулярные свойства.

Практические/семинарские занятия

№	Наименование раздела /темы дисциплины
1.	Осциллятор. Работа внешней силы.
2.	Нормальные колебания.
3	Линейные осцилляторы: механические системы (маятники), электрические системы (связанные контуры) Решение задач о связанных линейных осцилляторах: механические системы (маятники), электрические системы (связанные контуры)
4	Возбуждение двух связанных осцилляторов внешней силой. Теорема о взаимности.
5	Звуковые и электромагнитные волны в сплошных средах. Слоистые среды. Интерференция. Решение задач о прохождении электромагнитного излучения через слоистую среду.
6	Типы неустойчивостей и их исследование. Абсолютная и конвективная неустойчивости.
7	Дисперсионные соотношения.
8	Волны в потоках.
9	Исследование параметрического резонанса.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Раздел	Темы занятий	Компетенция	Индикаторы освоения	Текущий контроль, неделя
Семестр № 1				
Раздел 1	Линейный осциллятор, фазовый портрет, резонанс.	ПК-1 ПК-2	З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-1
	Колебания в системе связанных осцилляторов. Классическая теория дисперсии.		З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-2
	Колебания в упорядоченных структурах, предельный переход, волны, дисперсия. Типичные дисперсионные характеристики модельных сред.		З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-3
	Устойчивость и неустойчивость систем с дискретным спектром. Критерии устойчивости, механизмы неустойчивостей.		З-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 З-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-3

Устойчивость и неустойчивость систем с непрерывным спектром. Метод характеристик. Примеры неустойчивостей.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-4
Скорость распространения волн, фазовая и групповая скорость, энергия и импульс волн.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-5-6
Параметрические системы и параметрическая неустойчивость. Уравнения и зоны Матве. Лазеры на свободных электронах.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-7
Нелинейный осциллятор, нелинейный резонанс. Примеры нелинейных систем. Качественное описание.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-8
Периодические автоколебания, генератор Ван-дер-Поля. Релаксационные колебания.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-9-10
Нелинейные динамические системы, бифуркации		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-11
Применение теории колебаний в мощной СВЧ электронике.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-12
Разрывы, ударные волны и солитоны.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-13
Волны в квантовой механике. Волны в твердых телах. Волновые и кулпускулярные свойства.		3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	УО-14
Рубежный контроль	ПК-1 ПК-2	3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	ДЗ-15
Промежуточная аттестация	ПК-1 ПК-2	3-ПК-1; У-ПК-1; В-ПК-1 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2	Зачет-16

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

5.2.1. Примерные задания к устному опросу (УО) и Зачету (З)

1. Как зависит частота (период) колебаний линейного осциллятора от амплитуды колебаний?
2. Что такое фазовый портрет?
3. Что такое нормальные колебания?
4. Основные особенности колебаний двух связанных маятников.
5. Что такое теорема о взаимности?
6. Электротехнический пример связанных осцилляторов.
7. Типы звуковых волн в сплошной среде.
8. По закону дисперсии определить скорость звука.
9. На заданной точке дисперсионной кривой определить групповую и фазовую скорость.
10. Может ли групповая и фазовая скорость волны иметь различные знаки (противоположные направления)?
11. Основные типы неустойчивостей.
12. Чем отличается абсолютная и конвективная неустойчивости?
13. Типы волн в потоках.
14. Что такое двухпотоковая неустойчивость?
15. Что такое параметрический резонанс?
16. Привести электротехнический пример параметрической резонансной системы.

17. Что такое ударная волна?
18. Основное условие формирования ударной волны.
19. Что такое солитон?
20. Привести пример модели в которой возможно возникновение солитонов.

5.2.2. Интерактивная форма, используемая в реализации дисциплины (УО)

При выполнении интерактивных занятий студентам предлагается решить следующие проблемы:

- Мозговой штурм;
- Case-study (анализ конкретных задач или ситуаций).

Всего занятий в интерактивной форме предполагается в объеме 10 часов (из РУПа).

№	Проблемы для интерактивных занятий	Условия	Методы и средства контроля
1	Колебания в периодической цепочке связанных частиц, найти законы дисперсии колебаний в цепочке	Даны массы частиц и жесткость связей (учитываются только ближайшие соседи)	Оценка активности участия студента. Презентация результатов деятельности студентов
2	Распространение волны в периодической LC-цепочке. Частотная зависимость.	Даны индуктивности и емкости сосредоточенных элементов.	
3	Волна в одномерном резонаторе. Описать характер колебаний в резонаторе.	Дано уравнение, описывающее волну в среде.	
4	Волна в лампе бегущей волны.	Даны характеристики замедляющей системы и пучка электронов	
5	Бегущая волна в нелинейной среде. Определить условия опрокидывания фронта	Дана периодическая LC-цепочка с нелинейной емкостью C. Известны все характеристики цепочки.	

5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует

			в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. А.А.Андронов, Ф.Ф.Витт, С.Э.Хайкин, Теория колебаний, М. Физматгиз, 1981
2. М.И.Рабинович, Д.И.Трубецков, Введение в теорию колебаний и волн, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика» - 2009
3. М.И.Каганов, Электроны, фотоны, магноны, М.: Наука, 1979
4. Л.М.Бреховских, Волны в слоистых средах, М.: Наука, 1973
5. Д.Джозеф, Устойчивость движений жидкости, М.Мир, 1981
6. А.П.Кузнецов, А.Г.Рожнев, Д.И.Трубецков, Линеные колебания и волны (сборник задач), М.: Физматлит, 2001

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

- 1.Сборник задач по теории колебаний / Под ред. Л.В.Постникова и В.И.Королева, М.: Наука, 1978
- 2.Электроника ламп обратной волны/ Под ред. В.Н.Шевчука и Д.И.Трубецкова, Саратов, Изд. Саратовского ун-та, 1975
- 3.Дж. Марсен, М. Мак-Кракен, Бифуркация рождения цикла и ее приложения, М. Мир, 1981

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru>)
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru>)
3. Сайт СарФТИ НИЯУ МИФИ (<http://sarfti.ru>), раздел «Учебно-методические пособия»

4. программное обеспечение (среда для LMTO расчетов MindLab 5.0, LMTART), интернет-ресурсы среда Maple, MatLab, базы данных aps.org, Elsevier.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины производится на базе учебной лаборатории кафедры в СарФТИ НИЯУ МИФИ учебного корпуса. Лаборатория оснащена современным оборудованием, позволяющим проводить практические занятия. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам и по квалификационным проектам.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения используются также ресурсы и программно-аппаратное обеспечение компьютерного класса.

При выполнении практических, научно-исследовательских, опытно-конструкторских, хозяйственных и госбюджетных работ используются современные средства измерения и контроля разных фирм и др.

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении дисциплины «Колебания и волны» применяются активная и интерактивная формы обучения в сочетании с самостоятельной работой. На аудиторных занятиях происходит изложение нового теоретического материала в виде лекций, разбираются решения типичных задач на применение полученных сведений для более глубокого понимания, проводится контроль выполнения домашних работ. Во время лекционных и практических занятий используются презентации и обсуждаются новые научные достижения, которые появились в научной литературе.

Организация занятий обязательно включает диалог со студентами по вопросам решения задач. Во время контроля выполнения заданий, предложенных для внеаудиторной самостоятельной работы, производится выступление студентов с вариантами решений.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов состоит из двух взаимосвязанных частей. Первая представляет собой освоение теоретического материала, вторая – приобретение практических навыков решения задач. Освоение теоретического материала производится по лекциям и указанной основной и дополнительной литературе.

Для решения воспитательных и учебных задач дисциплины используется 10 занятий в интерактивной форме (из РУПа).

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки: 03.04.01 «Прикладная математика и физика», профиль подготовки: «Электрофизика»

Автор: профессор кафедры ЭФ д.ф.м.н. Дубинов Александр Евгеньевич,

Рецензент(ы): профессор кафедры ЭФ д.ф.-м.н. Кудасов Юрий Бориславович