

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143343	Теория колебаний

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Нанотехнологии и микросистемная техника	Код ОП 1. 28.03.01/33.01
Направление подготовки 1. Нанотехнологии и микросистемная техника	Код направления и уровня подготовки 1. 28.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вилисова Елена Анатольевна	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Теория колебаний

1.1. Аннотация содержания модуля

Дисциплина «Теория колебаний» формирует у студентов умение выявлять общие закономерности протекания колебательных процессов независимо от их природы, формирует навык описывать различные колебательные процессы единым языком. Студенты осваивают основные методы решения линейных и нелинейных колебательных задач. На основе анализа колебательных процессов в различных областях физики (механика, электромагнетизм, оптика) дается представление об общих закономерностях их протекания в различных динамических системах. Подробно рассматриваются свободные, вынужденные, параметрические колебания и автоколебания. Дается представление о стохастических и хаотических колебаниях.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теория колебаний	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Научно-фундаментальные основы профессиональной деятельности
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Теоретические основы профессиональной деятельности

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теория колебаний	ОПК-1 - Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания	З-1 - Привести примеры основных закономерностей развития природы, человека и общества З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и

	<p>основных закономерностей развития природы, человека и общества</p>	<p>философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний</p> <p>У-1 - Использовать понятийный аппарат и терминологию основных закономерностей развития природы, человека и общества при формулировании и решении задач профессиональной деятельности</p> <p>У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний</p>
	<p>ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа</p>	<p>З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности</p> <p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p>
	<p>ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур и готовить научно-технические отчеты</p>	<p>З-1 - Определить методы обработки и анализа результатов измерений</p> <p>У-2 - Правильно интерпретировать результаты проведенных измерений</p>
	<p>ПК-4 - Способен использовать методы математического моделирования и статистического анализа экспериментальных результатов в области нано- и микросистемной техники</p>	<p>З-2 - Интерпретировать результаты моделирования объектов и процессов нанотехнологий и микросистемной техники</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теория колебаний

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вилисова Елена Анатольевна	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	физики конденсированног о состояния и наноразмерных систем

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 1 от 18.01.2021 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Вилисова Елена Анатольевна, Доцент, физики конденсированного состояния и наноразмерных систем**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Предмет теории колебаний. Классификация колебательных процессов.	Примеры колебательных систем и колебательных процессов. Периодические и непериодические процессы. Гармоническое колебание. Его характеристики. Число степеней свободы колебательной системы. Системы с распределёнными параметрами. Типы колебательных процессов (свободные, вынужденные, параметрические колебания, автоколебания). Линейные и нелинейные колебательные системы. Активные и пассивные колебательные системы. Автономные и неавтономные системы.
2	Малые свободные колебания. Фазовый портрет колебательной системы.	Незатухающие колебания колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного гармонического осциллятора, его решение. Фазовая плоскость, изображающая точка, фазовая траектория. Фазовый портрет динамической системы. Фазовая скорость. Определение особой точки фазовой траектории. Особая точка типа «центр». Построение фазового портрета методом изоклин. Неколебательное движение динамической системы вблизи положения неустойчивого равновесия. Особая точка типа «седло». Затухающие колебания колебательных систем с одной степенью свободы. Уравнение линейного осциллятора с затуханием (случай вязкого трения). Затухающий осцилляторный процесс. Характеристики затухания

		<p>(коэффициент затухания, логарифмический декремент, добротность). Добротность осцилляторов (механических, электрических, оптических). Фазовый портрет затухающих колебаний осциллятора. Аперриодический процесс. Фазовый портрет аперриодического процесса. Особые точки типа «устойчивый фокус» и «устойчивый узел». Критический режим.</p> <p>Графические методы представления колебаний: метод осциллограмм, метод фазовой плоскости, метод векторных диаграмм, спектральный метод.</p> <p>Примеры систем с «отрицательным трением». Нарастающий осцилляторный процесс. Логарифмический инкремент нарастания. Нарастающий аперриодический процесс. Особые точки типа «неустойчивый фокус» и «неустойчивый узел».</p> <p>Классификация фазовых портретов и особых точек (для систем с одной степенью свободы). Комбинированные типы особых точек в трёхмерном фазовом пространстве.</p>
3	Линейные и нелинейные колебательные системы.	<p>Нелинейность в природе. Линейные и нелинейные дифференциальные уравнения. Условия линеаризации колебательных процессов. Некоторые методы решения нелинейных задач: метод поэтапного рассмотрения, метод фазовых траекторий, метод медленно меняющихся амплитуд, метод возмущений и др.</p> <p>Следствия нелинейности (возникновение высших гармоник, смещение точки равновесия, неизохронность). Математический маятник как простейшая нелинейная колебательная система. Фазовый портрет нелинейного математического маятника (консервативный и неконсервативный случай). Затухающие колебания в системах с сухим трением.</p>
4	Вынужденные колебания	<p>Силовое и параметрическое воздействие. Влияние интенсивности силового воздействия на линейность системы. Уравнение вынужденных колебаний. Метод комплексных амплитуд. Частота и начальная фаза вынужденных колебаний. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазочастотная характеристика (ФЧХ). Явление резонанса. Добротность колебательной системы. Лоренцевый контур. Полоса пропускания колебательной системы. Квазистатический режим колебаний (медленные колебания). Режим быстрых колебаний. Резонанс скоростей и ускорений. Фазовый портрет вынужденных колебаний.</p> <p>Вынужденные колебания в нелинейных системах. Случай слабой нелинейности. Метод гармонического баланса. Амплитудно-частотная характеристика для консервативных и неконсервативных систем. Скачки амплитуды через физически нереальную область. Явление гистерезиса. АЧХ для систем с жёсткой и мягкой нелинейностью.</p>
5	Параметрические колебания.	<p>Параметрическое возбуждение, параметрические колебания, параметрический резонанс. Раскачивание качелей. Маятник переменной длины. Глубина модуляции параметра.</p>

		<p>Неограниченное нарастание амплитуды колебаний. Фазовый портрет параметрического раскачивания маятника. Параметрическое возбуждение колебаний в колебательном контуре. Периодическая модуляция параметра. Энерговложение в колебательную систему при параметрической «накачке». Емкостная параметрическая машина. Условия параметрического резонанса.</p> <p>Математическое описание параметрического резонанса в линейных колебательных системах. Уравнение Матье. Области параметрического возбуждения (параметрической неустойчивости) для консервативных и диссипативных систем. Амплитудно-частотная характеристика параметрического резонанса, сопоставление с АЧХ силового резонанса. Нелинейные параметрические колебания. Ограничение амплитуды колебаний. Сопоставление свойств силового и параметрического резонансов. Парадоксальные опыты по наблюдению стабилизации неустойчивого состояния равновесия.</p> <p>Использование параметрического возбуждения в электрических схемах (параметрические усилители, генераторы, преобразователи).</p> <p>Нежелательные параметрические колебания в механических системах.</p>
6	Автоколебательные системы.	<p>Автоколебания. Принцип работы автоколебательных систем. Механические часы с маятником. Установившиеся стационарные колебания. Фазовый портрет. Предельный цикл на фазовой плоскости. Независимость амплитуды колебаний от начальных условий.</p> <p>Маятник Фроуда. Условие самовозбуждения колебаний. Предельный цикл.</p> <p>Генератор электромагнитных колебаний. Генератор с индуктивной обратной связью. Возникновение установившихся автоколебаний. Математическое описание. Условие самовозбуждения колебаний в генераторе. Амплитуда стационарных колебаний.</p> <p>Использование автоколебаний в технике. Негативные автоколебания.</p>
7	Колебательные системы со многими степенями свободы.	<p>Правило определения числа степеней свободы в механических и электрических системах. Парциальные системы. Общее правило выделения парциальных систем. Парциальные частоты. Примеры разбиения сложных колебательных систем на парциальные системы.</p> <p>Колебательная система с двумя степенями свободы. Нормальные колебания (моды). Нормальные частоты. Коэффициент распределения амплитуд. Система двух связанных пружинных маятников. Случай близких нормальных частот. Биения. Случай сильно различающихся нормальных частот. Определение нормальных частот через</p>

		парциальные частоты. Вынужденные колебания двух связанных осцилляторов. Колебательная система с N степенями свободы. Связанные колебания в нагруженной струне. Дисперсионное соотношение.
8	Распределённые колебательные системы.	Волновое уравнение. Двухпроводная линия. Телеграфные уравнения. Волновое сопротивление линии. Фазовая скорость волны в линии.
9	Хаотические колебания.	Динамические и стохастические системы. Стохастические и хаотические колебания. Признаки хаотичности. Аттракторы. Странный аттрактор. Фрактальные множества, фракталы.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ПК-2 - Способен проводить анализ результатов измерений параметров наноматериалов и наноструктур и готовить научно-технические отчеты	З-1 - Определить методы обработки и анализа результатов измерений У-2 - Правильно интерпретировать результаты проведенных измерений

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория колебаний

Электронные ресурсы (издания)

1. Горелик, Г. С.; Колебания и волны : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2007; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68389> (Электронное издание)
2. Стрелков, С. П.; Введение в теорию колебаний; Наука, Москва; 1964; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=487651> (Электронное издание)
3. Алешкевич, В. А.; Курс общей физики. Механика : учебник.; Физматлит, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69337> (Электронное издание)
4. Андронов, А. А., Железцов, Н. А.; Теория колебаний; Наука, Москва; 1981; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=123658> (Электронное издание)
5. Карлов, Н. В.; Колебания, волны, структуры : монография.; Физматлит, Москва; 2008;

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68395> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Ильин, М. М., Колесников, К. С., Колесников, К. С., Саратов, Ю. С.; Теория колебаний : Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов в обл. машиностроения и приборостроения.; Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва; 2001 (10 экз.)
2. Алешкевич, В. А., Алешкевич, В. А.; Механика : учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и специальности "Физика".; Академия, Москва; 2004 (26 экз.)
3. Андронов, А. А., Манделъштам, Л. И.; Теория колебаний; Наука, Москва; 1981 (6 экз.)
4. ; Основы теории колебаний : Учеб. пособие для вузов.; Наука, Москва; 1988 (7 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Электронная библиотека УрФУ [<https://opac.urfu.ru>]

Электронный научный архив УрФУ [<https://elar.urfu.ru>]

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ [<https://study.urfu.ru>]

Зональная научная библиотека УрФУ [<https://lib.urfu.ru>]

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория колебаний

Сведения об оснащении дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Подключение к сети Интернет	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES