

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

**Физический факультет
Кафедра радиофизики**

академик РАН



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФФ

А. Е. Бондарь

« 04 » 10 2020 г.

Рабочая программа дисциплины

ТЕОРИЯ КОЛЕБАНИЙ

Направление подготовки: **03.04.02 Физика, Курс 1, семестр 1**
направленность (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения

Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы из них: - контактная работа 34 часа Компетенции ПК-1, ПК-2										

Разработчик:
Старший преподаватель
кафедры радиофизики.

V.V. Тарнецкий

И.о. зав. кафедрой радиофизики,
к.т.н.

Г. А. Фатькин

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И.Б. Логашенко

Новосибирск, 2020

Содержание

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

Аннотация
к рабочей программе дисциплины «Теория колебаний»
Направление: 03.04.02 Физика
Направленность (профиль): Общая и фундаментальная физика

Программа курса «Теория колебаний» составлена в соответствии с требованиями СУОС НГУ по направлению подготовки: **03.04.02 Физика, направленность «Общая и фундаментальная физика»**, а также задачами, стоящими перед Новосибирским государственным университетом по реализации Программы развития НГУ. Дисциплина реализуется на Физическом факультете Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ) кафедрой радиофизики в качестве дисциплины по выбору в осеннем семестре.

Цели курса – изучение основных моделей колебательно-волновых явлений и процессов, их приложение к конкретным физическим (техническим) ситуациям и развитие общих методов исследования подобных явлений, независимо от их конкретной природы.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 – способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в областях физики, связанных с изучением колебательных систем (электродинамика, механика) и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 – способность свободно владеть приложениями теории колебаний в электродинамике и механике, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений, качественные методы исследования колебательных систем, а также основы теории устойчивости;
- **Уметь:** применять методы теории линейных систем для анализа колебаний в нелинейных системах.
- **Владеть:** приложениями теории колебаний в электродинамике и механике.

Курс рассчитан на один семестр (1-й). Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: посещаемость, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью выборочного опроса по материалам лекций и проверки индивидуальных заданий.

Промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет **72** академических часа / **2** зачетные единицы.

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

Дисциплина «Теория колебаний» имеет своей целью: изучение основных моделей колебательно-волновых явлений и процессов, их приложение к конкретным физическим (техническим) ситуациям, и развитие общих методов исследования подобных явлений, независимо от их конкретной природы.

Колебательные и волновые процессы являются предметом исследования специалистов в самых различных областях науки и техники (радиофизика, механика, радиотехника, акустика, электроника и т.д.). Конкретные системы, с которыми приходится иметь дело специалистам в этих областях, совершенно различны, однако, колебательно-волновые явления и процессы, в них происходящие, подчиняются общим закономерностям и описываются едиными колебательными моделями. Такое единство позволяет существенно глубже разобраться в сути явлений в каждой конкретной ситуации и, кроме того, воспользоваться опытом, накопленным при изучении, например, в механических системах, при анализе радиофизических систем. Дисциплина нацелена на формирование у выпускника профессиональных компетенций:

ПК-1 – способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в областях физики, связанных с изучением колебательных систем (электродинамика, механика) и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

ПК-2 – способность свободно владеть приложениями теории колебаний в электродинамике и механике, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **Знать:** основные методы решения нелинейных дифференциальных уравнений, качественные методы исследования колебательных систем, а также основы теории устойчивости (ПК 1.1);
- **Уметь:** применять методы теории линейных систем для анализа колебаний в нелинейных системах (ПК 1.2).
- **Владеть:** приложениями теории колебаний в электродинамике и механике (ПК 2.3).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория колебаний» реализуется в осеннем семестре 1-го курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой радиофизики. Для успешного освоения курса «Теория колебаний» студенты должны обладать предварительными знаниями основ: математического анализа, линейной алгебры, дифференциальных уравнений, механики, электричества и магнетизма, электродинамики, входящих в базовую часть математического и естественнонаучного цикла.

Результаты освоения курса используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Квантовые приборы СВЧ

Освоение дисциплины необходимо при подготовке и выполнении выпускной квалификационной работы.

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

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	32			38				2	
Всего 72 часа / 2 зачетные единицы										
из них:										
- контактная работа 34 часа										
Компетенции ПК-1, ПК-2										

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных заданий), дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: посещаемость, самостоятельная работа студента и её контроль преподавателем с помощью выборочного опроса, проверка индивидуальных заданий.

Промежуточная аттестация: – дифференцированный зачет

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

- лекции – 32 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 38 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (лекции, дифференцированный зачет) составляет 34 часа.

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

Дисциплина «Теория колебаний» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-ом курсе магистратуры физического факультета НГУ в первом семестре кафедрой радиопизики.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

Основное внимание при изучении материала обращено на применение единого подхода при изучении колебательных систем и явлений различной природы, основанного на теории динамических систем.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		
				лекции	Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение	1-2	10	4	6	
2	Колебания в линейных системах	3-5	14	6	8	
3	Теория устойчивости	6-9	18	8	10	
4	Качественные методы теории колебаний	10-13	16	8	8	
5	Аналитические методы теории колебаний	14-16	12	6	6	
	Дифференцированный зачет	17	2			2
	Итого		72	32	38	2

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Введение (4 часа)

Теория колебаний как методологическая дисциплина. Понятие динамической системы (ДС). Принципы идеализации ДС.

Колебания в линейных системах (6 часов)

Принцип суперпозиции. Линейный осциллятор. Резонанс. Связанные осцилляторы. Нормальные координаты. Цепочки связанных осцилляторов.

Теория устойчивости (8 часов)

Устойчивость по Ляпунову. Уравнения возмущенного движения. Устойчивость равновесного состояния и периодического движения. Второй (прямой) метод Ляпунова. Функции Ляпунова. Теорема Ляпунова об устойчивости. Теорема Четаева о неустойчивости. Первый метод Ляпунова. Устойчивость линейных и неавтономных систем.

Качественные методы теории колебаний (8 часов)

Фазовое пространство и фазовые траектории. Простые особые точки. Сепаратрисы. Типы движений в консервативных системах. Изохронность. Орбитальная устойчивость. Консервативная модель Вольтерра. Критерий Бендиксона. Индексы Пуанкаре. Предельные циклы на фазовой плоскости. Неавтономные системы. Синхронная многолистная фазовая плоскость. Методы построения фазовых траекторий.

Аналитические методы теории колебаний (6 часов)

Особенности аналитических методов. Метод малого параметра Пуанкаре. Нерезонансные вынужденные колебания. Задача Дюффинга. Модель Дюффинга и нелинейный резонанс. Собственные периодические колебания нелинейных систем. Вариационные методы. Асимптотические методы. Модель Ван-дер-Поля. Вращающаяся фазовая плоскость. Метод усреднения.

Самостоятельная работа студентов (38 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка индивидуальной темы и изучение ее актуальности..	6
Изучение литературы по конкретной индивидуальной теме	6
Оформление результата в виде презентации по выбранной индивидуальной теме	20

Примеры тем индивидуальных заданий для самостоятельной работы:

1. Модель Лотки-Вольтерра как пример консервативной нелинейной колебательной системы;
2. Модель Дюффинга, исследование нелинейного резонанса.
3. Применение модели связанных осцилляторов для расчета линейных ускоряющих структур, работающих на стоячей волне;
4. Синхронная многолистная фазовая плоскость, явление субгармонического резонанса.

План выполнения самостоятельных индивидуальных заданий:

1. Выбор темы и ее изучение. Точная в смысловом отношении формулировка темы уточняет проблему, очерчивает рамки исследования, конкретизирует основной замысел.
2. Выявление литературы по теме и ее изучение в контексте решаемой проблемы.
3. Составление развернутого плана, который содержит общую характеристику предмета исследования, а также основные задачи, стоящие перед студентом. Он должен отражать очередность и логическую последовательность намеченных работ, а также наиболее существенные моменты каждого этапа исследования.
4. Оформление индивидуального задания в виде презентации.

5. Перечень учебной литературы.

5.1. Основная литература

1. *Фомель Б.М.* Методы теории нелинейных колебаний. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1970 – есть на кафедре, книги раздаются в начале семестра преподавателем.
2. *Стрелков С.П.* Введение в теорию колебаний. М.: Наука, 1964 или 2005.
3. *Рабинович М. И.* Введение в теорию колебаний и волн : [Учеб.пособие для вузов]2-е изд.,перераб.и доп.М. : Наука, 1992. 455 с.
4. *Д.И. Трубецков, А.Г. Рожнев.* Линейные колебания и волны : [Учеб. пособие для вузов по физ. спец.] / М. : Физматлит, 2001. 415 с.

5.2. Дополнительная литература

1. *Николис Дж.* Динамика иерархических систем. 1989. М.: Мир, 1989.
2. *Ляпунов А.М.* Общая задача об устойчивости движения. М.: 1950.
3. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. НИЦ «Хаотическая и регулярная динамика», любое изд.
4. *Баутин Н.Н., Леонтович Е.А.* Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. М.: Наука, Любой год издания.

5.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. <http://wwwold.inp.nsk.su/structure/library/index.php>
2. <http://www.libra.nsu.ru/>
3. Саратовская группа теоретической нелинейной динамики – Список публикаций: <http://sgtnd.narod.ru/pabl/rus/index.htm>

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

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. *Фомель Б.М.* Методы теории нелинейных колебаний. Новосибирск: Изд-во НГУ, 1970.
2. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984.

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

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

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

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используются.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

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

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

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

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

Для реализации дисциплины «Теория колебаний» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации.

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

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

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

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

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

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции, а также проверки выполнения индивидуального задания в виде презентации.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-2 сформированы не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать специализированные знания в области колебательно-волновых явлений и процессов.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на дифференцированном зачете. Дифференцированный зачет проводится по в устной форме по билетам к зачету. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-2.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Теория колебаний».

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые ошибки.	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допущены негрубые ошибки.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 2.3	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

Вопросы по темам для подготовки к зачету.

- **Раздел – Введение**
 - *Принципы идеализации динамических систем* (ПК-1, ПК-2)
 - *Классификация динамических систем* (ПК-1, ПК-2)
- **Раздел – Колебания в линейных системах**
 - *Принцип суперпозиции* (ПК-1)
 - *Линейный осциллятор* (ПК-1, ПК-2)
 - *Резонанс* (ПК-1, ПК-2)
 - *Нормальные координаты* (ПК-1)
- **Раздел – Теория устойчивости**
 - *Устойчивость по Ляпунову* (ПК-1, ПК-2)
 - *Второй метод Ляпунова* (ПК-1)
 - *Функции Ляпунова* (ПК-1)
 - *Теорема Ляпунова об устойчивости* (ПК-1, ПК-2)
 - *Теорема Четаева о неустойчивости* (ПК-1, ПК-2)
 - *Первый метод Ляпунова* (ПК-1)

- **Раздел – Качественные методы теории колебаний**
 - *Фазовое пространство и фазовые траектории* (ПК-1, ПК-2)
 - *Простые особые точки* (ПК-1)
 - *Изохронность* (ПК-1)
 - *Индексы Пуанкаре* (ПК-1, ПК-2)
 - *Модель Вольтерра* (ПК-1)
 - *Критерий Бендиксона* (ПК-1)
 - *Методы построения фазовых траекторий* (ПК-1, ПК-2)
- **Раздел – Аналитические методы теории колебаний**
 - *Метод малого параметра Пуанкаре* (ПК-1, ПК-2)
 - *Задача Дюффинга* (ПК-1)
 - *Модель Ван-дер-Поля* (ПК-1)

Образцы билетов к зачету

БИЛЕТ № 1

Динамическая система. Принципы идеализации динамических систем.

БИЛЕТ № 2

Модель одномерного гармонического осциллятора. Резонанс. Связанные осцилляторы. Нормальные колебания и нормальные координаты.

Форма билета к зачету представлена на рисунке

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

Форма билета к дифференцированному зачету

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

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Теория колебаний»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

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