

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра теоретической физики

Авторы-составители: **Циберкин Кирилл Борисович
Хеннер Виктор Карлович**

Рабочая программа дисциплины
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ
Код УМК 95710

Утверждено
Протокол №6
от «08» июня 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Дифференциальные уравнения

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.02** Физика

направленность Фундаментальная физика

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Дифференциальные уравнения** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.02 Физика (направленность : Фундаментальная физика)

ОПК.3 Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Индикаторы

ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.02 Физика (направленность: Фундаментальная физика)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	4,5
Объем дисциплины (з.е.)	5
Объем дисциплины (ак.час.)	180
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	70
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	42
Самостоятельная работа (ак.час.)	110
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (2) Письменное контрольное мероприятие (4)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (4 триместр) Экзамен (5 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Дифференциальные уравнения [для физиков] (1 триместр)

Дифференциальные уравнения первого порядка

Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям

Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Понятие обыкновенных дифференциальных уравнений. Геометрический смысл ОДУ. Теорема Коши. Метод Эйлера численного решения ОДУ.

Дифференциальные уравнения первого порядка

Дифференциальные уравнения первого порядка. Уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения. Линейные дифференциальные уравнения первого порядка. Уравнения Бернулли. Уравнения в полных дифференциалах.

Дифференциальные уравнения второго и высших порядков

Уравнения высших порядков

Уравнения высших порядков. Теорема Коши.

Линейные дифференциальные уравнения второго порядка

Линейные дифференциальные уравнения второго порядка. Метод вариации постоянных для решения неоднородных дифференциальных уравнений высших порядков. Линейные уравнения с постоянными коэффициентами. Метод неопределенных коэффициентов, четыре специальных случая правой части. Задача о колебаниях маятника.

Линейные дифференциальные уравнения высших порядков

Линейные однородные дифференциальные уравнения высших порядков. Определитель Вронского.

Дифференциальные уравнения [для физиков] (2 триместр)

Системы дифференциальных уравнений. Краевые задачи

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений

Системы ОДУ. Системы линейных однородных и неоднородных уравнений. Системы с постоянными коэффициентами. Формулировка начальных условий. Простейшие методы решений. Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами. Решение однородных систем для различных корней характеристического уравнения. Неоднородные системы дифференциальных уравнений. Метод вариации постоянных.

Простейшие краевые задачи

Простейшие краевые задачи. Физические приложения. Задача Штурма-Лиувилля.

Приближенные методы. Преобразование Лапласа.

Методы приближенного решения дифференциальных уравнений

Приближенное решение дифференциальных уравнений. Численные методы. Методы степенных рядов, итераций, малого параметра.

Метод преобразования Лапласа

Интегральное преобразование Лапласа и его свойства. Обратное преобразование Лапласа. Применение к решению линейных дифференциальных уравнений и их систем.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Хеннер В. К., Белозёрова Т. С. Дифференциальные уравнения: приложения к вариационному исчислению: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров "Физика", "Прикладная математика и физика", "Нанотехнологии и микросистемная техника", "Радиофизика" и по направлению подготовки магистров "Физика"/В. К. Хеннер, Т. С. Белозёрова.- Пермь: ПГНИУ, 2016, ISBN 978-5-7944-2719-6-Библиогр.: с. 90 <https://elis.psu.ru/node/393443>
2. Аксенов, А. П. Дифференциальные уравнения в 2 т : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. П. Аксенов. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 601 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-5873-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://www.urait.ru/bcode/448107>

Дополнительная:

1. Филиппов А. Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям/А. Ф. Филиппов.- Москва:Регулярная и хаотическая динамика,2004, ISBN 5-93972-008-0.-176.
2. Эльсгольц Л. Э. Дифференциальные уравнения и вариационное исчисление:учебник для физических и физико-математических факультетов университетов/Л. Э. Эльсгольц.-Москва:Эдиториал УРСС,2000, ISBN 5-8360-0098-0.-320.
3. Хеннер, В. К. Обыкновенные дифференциальные уравнения, вариационное исчисление, основы специальных функций и интегральных уравнений : учебное пособие / В. К. Хеннер, Т. С. Белозерова, М. В. Хеннер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 320 с. — ISBN 978-5-8114-2592-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/96873> (дата обращения: 02.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. <https://elis.psu.ru/node/620009>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://library.psu.ru/node/738> Электронные ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<http://elis.psu.ru> Электронная мультимедийная библиотека ELiS

<https://e.lanbook.com/reader/book/96873/> Хеннер В. К., Белозерова Т. С., Хеннер М. В. Учебное пособие

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

Образовательный процесс по дисциплине **Дифференциальные уравнения** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».
- Хеннер В.К., Белозерова Т.С., Хеннер М.В. Пакет демонстрационных программ по решению обыкновенных дифференциальных уравнений к изданию Henner V., Belozeroва T., Khenner M. Ordinary and partial differential equations/Victor Henner, Tatyana Belozeroва, Mikhail Khenner.- Boca Raton: CRC Press, 2013, ISBN 9781466515000.-629.-Includes bibliographical references and index. - на электронно-оптическом диске.

Дополнительный перечень используемых информационных технологий определяется преподавателями дисциплины.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Дифференциальные уравнения**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.3

Способен применять базовые знания в области математики, физики и других наук в профессиональной деятельности, в том числе для проведения научных исследований, анализа объектов, систем, процессов, явлений и методов, их экспериментального и теоретического (включая построение их качественных и количественных моделей) изучения и для использования полученных результатов на практике

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике</p>	<p>Знать основные понятия теории и свойства систем ОДУ, краевых задач, вариационных задач. Уметь находить решения систем ОДУ и краевых задач, вариационных задач. Владеть методами и навыками исследования систем ОДУ и краевых задач, приемами построения математических моделей физических систем.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает основные понятия теории и свойства систем ОДУ, краевых задач, вариационных задач. Не умеет находить решения систем ОДУ и краевых задач, вариационных задач. Не владеет методами и навыками исследования систем ОДУ и краевых задач, приемами построения математических моделей физических систем.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Общие, но не структурированные знания теории и свойств систем ОДУ, краевых задач, вариационных задач. Демонстрирует частично сформированное умение производить расчёты, давать интерпретацию результатов. Имеет представление о базовых методах решения систем ОДУ и краевых задач, приемах построения математических моделей физических систем.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания теории и свойств систем ОДУ, краевых задач, вариационных задач. В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы умения производить расчёты, давать интерпретацию результатов, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания. В целом успешно, но с отдельными пробелами владеет методами и навыками исследования систем ОДУ и краевых задач, приемами построения математических моделей физических систем.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Сформированные систематические знания теории и свойств систем ОДУ, краевых задач, вариационных задач. Сформированное умение производить расчёты, находить решения систем ОДУ и краевых задач, вариационных задач. Успешное и систематическое применение методов и навыков исследования систем ОДУ и краевых задач, приемами построения математических моделей физических систем.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям Входное тестирование	Владение методами математического анализа
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Дифференциальные уравнения первого порядка Письменное контрольное мероприятие	знание ОДУ первого порядка и методов их исследования и решения
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Линейные дифференциальные уравнения второго порядка Письменное контрольное мероприятие	Знание приемов анализа и решения ОДУ второго порядка.
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Линейные дифференциальные уравнения высших порядков Итоговое контрольное мероприятие	Знание приемов анализа и решения ОДУ высших порядков.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**
 Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Вычисление производной сложной функции	5
Вычисление интегралов	5

Дифференциальные уравнения первого порядка

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Знание и умение анализировать и решать линейные дифференциальные уравнения первого порядка	9
Знание и умение решать уравнения Бернулли, уравнения в полных дифференциалах	9
Знание и умение анализировать и решать уравнения с разделяющимися переменными, однородные уравнения	6
Умение формулировать физические задачи в терминах ОДУ	6

Линейные дифференциальные уравнения второго порядка

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**
 Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение однородных линейных ОДУ второго порядка	8
Решение ОДУ второго порядка методом понижения порядка.	8
Владение методами решения задач на собственные значения	7
Умение решать неоднородные ОДУ второго порядка методом вариации постоянных и методом неопределённых коэффициентов.	7

Линейные дифференциальные уравнения высших порядков

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**
 Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умение находить собственные значения, строить общее решение однородного линейного ОДУ высшего порядка	12
Знание классификации состояний равновесия	

	10
Умение решать неоднородные ОДУ высших порядков методом вариации постоянных и методом неопределённых коэффициентов.	10
Знание приемов понижения порядка уравнения, сведения к системам ОДУ	8

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Системы обыкновенных дифференциальных уравнений Письменное контрольное мероприятие	Анализ и решение систем ОДУ
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Простейшие краевые задачи Письменное контрольное мероприятие	Умение решать спектральные краевые задачи
ОПК.3.2 Понимает физические методы теоретического и экспериментального изучения систем, явлений и процессов в природе и применяет их на практике	Метод преобразования Лапласа Итоговое контрольное мероприятие	Знание общих понятий теории обыкновенных дифференциальных уравнений, умение строить и анализировать математические модели физических явлений, владение навыками и методами решения ОДУ.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Системы обыкновенных дифференциальных уравнений

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Нахождение собственных чисел, построение общего и частного решения однородных систем ОДУ	9
Нахождение собственных чисел, построение общего и частного решения неоднородных систем ОДУ	9
Знание основных принципов анализа и классификации систем ОДУ. Умение приводить систему ОДУ к уравнению более высокого порядка	6
Умение формулировать задачи в терминах систем ОДУ	6

Простейшие краевые задачи

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Вычисление собственных значений дифференциальных операторов	8
Нахождение собственных функций дифференциальных операторов	8
Применение краевых условий. Построение частного решения краевой задачи.	7
Умение формулировать физические задачи в терминах краевых задач	7

Метод преобразования Лапласа

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умение решать ОДУ низших порядков. Владение навыками применения приближённых методов решения	12
Знание основных принципов и владение навыками решения вариационных задач.	10
Умение строить частные решения ОДУ с применением преобразования Лапласа	10
Умение формулировать математические модели физических явлений.	8