

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра фундаментальной математики

**Авторы-составители: Панов Вячеслав Федорович
Павелкин Владимир Николаевич
Скачкова Елена Александровна**

Рабочая программа дисциплины

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ТЕОРИИ ПОЛЯ

Код УМК 61535

Утверждено
Протокол №9
от «22» мая 2020 г.

Пермь, 2020

1. Наименование дисциплины

Фундаментальные уравнения теории поля

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Направление: **01.03.01** Математика

направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Фундаментальные уравнения теории поля** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

01.03.01 Математика (направленность : Программа широкого профиля)

ПК.2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики

ПК.4 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

ПК.5 способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления

ПК.6 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	01.03.01 Математика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	11
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (11 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Фундаментальные уравнения теории поля. Первый семестр

Математические основы эйнштейновской картины мира

Пространство и время в специальной теории относительности

Метрика Минковского. Преобразования Лоренца.

Математический аппарат общей теории относительности

Пространство и время в теории гравитации Эйнштейна. Метрика Римана. Тензоры в ОТО. Гравитация и искривление пространства. Тензор кривизны, тензор энергии-импульса материи. Уравнения Эйнштейна для поля тяготения

Астрофизические и космологические решения уравнений Эйнштейна

Центрально симметричное гравитационное поле. Решение Шварцшильда. Космологические модели Фридмана. Космологическая модель де-Ситтера.

Контрольное мероприятие № 1

Не используется

Контрольное мероприятие №1

Знать математический аппарат СТО и ОТО, составлять уравнения Эйнштейна, находить их космологические и астрофизические решения. Знать математический аппарат квантовой механики, уметь решать уравнения Шредингера для простейших потенциалов поля.

Уравнения квантовой механики

Математический аппарат квантовой механики

Понятие о квантах. Статистический дискретный характер квантовой механики. Операторы в квантовой механике

Уравнение Шредингера и его точные решения

Волновая функция в квантовой механике. Постулаты квантовой механики. Свойства волновых функций. Точные решения стационарного уравнения Шредингера.

Уравнение Клейна-Гордона-Фока

Получение уравнения Клейна-Гордона-Фока. Решение этого уравнения.

Контрольное мероприятие №2

ЗНАТЬ: основные понятия и утверждения теории групп и алгебр Ли. УМЕТЬ: применять групповые методы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений ВЛАДЕТЬ: основным понятийным аппаратом и методами решения групповых задач; навыками теоретического анализа полученных результатов.

Единые теории поля

Элементы теории непрерывных групп

Определение непрерывной группы. Свойства. Определение гладкого многообразия. Определение группы Ли. Генераторы группы Ли. Алгебра Ли. Примеры групп Ли.

Пятимерные теории Калуцы и Клейна

Уравнения Эйнштейна в пятимерном пространстве. Объединенная геометродинамическая теория гравитационного и электромагнитного полей.

Принцип локальной калибровочной инвариантности

Глобальная и локальная калибровочная инвариантность. Теория электрослабого взаимодействия. Стандартная теория объединения электромагнитного слабого и сильного полей. Бозон Хиггса.

Итоговое контрольное мероприятие

Не используется

Итоговый экзамен

Контрольное мероприятие не используется

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. Йоос, Г. Lehrbuch der Theoretischen Physik in 2 t. Teil 1. Теоретическая физика в 2 ч. Часть 1 / Г. Йоос. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 445 с. — (Читаем в оригинале). — ISBN 978-5-534-06156-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/455003>
2. Йоос, Г. Lehrbuch der Theoretischen Physik in 2 t. Teil 2. Теоретическая физика в 2 ч. Часть 2 / Г. Йоос. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 359 с. — (Читаем в оригинале). — ISBN 978-5-534-06158-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. <https://urait.ru/bcode/455259>
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 2. Теория поля / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский. -8-е изд., стер. -Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006, ISBN 5-9221-0056-4.-536

Дополнительная:

1. Роуэн-Робинсон М. Космология / М. Роуэн-Робинсон ; пер. Н. А. Зубченко ; ред. П. К. Силаева. - Москва: Регулярная и хаотическая динамика, 2008, ISBN 978-5-93972-659-7.-256.-Библиогр.: с. 221-222. - Предм. указ.: с. 232-237. - Имен. указ.: с. 238
2. Кирчанов В. С. Физика атомного ядра и частиц: учебное пособие для студентов физического факультета / В. С. Кирчанов. - Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1572-8.-269.-Библиогр.: с. 241-242
3. Уолд Р. М. Общая теория относительности / Р. М. Уолд ; пер. с англ. В. Р. Гаврилова [и др.]; под ред. И. Л. Бухбиндера, С. В. Червона. - Москва: Издательство Российского университета дружбы народов, 2008, ISBN 978-5-209-02964-9.-693.-Библиогр.: с. 665-681. - Предм. указ.: с. 682-686
4. Рубаков Валерий Анатольевич Классические калибровочные поля / Валерий Анатольевич Рубаков. - М.: Эдиториал УРСС, 1999, ISBN 5-8360-0003-4.-336.
5. Понтрягин Л. С. Непрерывные группы / Л. С. Понтрягин. - М.: Эдиториал УРСС, 2004, ISBN 5-354-00957-X.-520.
6. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) — 2001. — 808 с. — ISBN 5-9221-0057-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619859>
7. Лобов Н. И., Любимов Д. В. Общая теория относительности: учеб.-метод. пособие / Н. И. Лобов, Д. В. Любимов. - Пермь: ПГУ, 2007. -1.

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://window.edu.ru/> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

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

Образовательный процесс по дисциплине **Фундаментальные уравнения теории поля** 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.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

Специализированное программное обеспечение не требуется.

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
Фундаментальные уравнения теории поля**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.5 способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления</p>	<p>Знает: основные принципы СТО и ОТО, уравнения Эйнштейна, астрофизические и космологические решения уравнений Эйнштейна, уравнение Шредингера или уравнения Клейна-Гордона-Фока, элементы теории групп Ли, пятимерную теорию Калуцы-Клейна и принцип локальной калибровочной инвариантности. Умеет: находить решения Шварцшильда и Фридмана</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Незнание 1) основных принципов СТО и ОТО, 2) уравнений Эйнштейна, 3) астрофизических и космологических решений уравнений Эйнштейна, 4) уравнения Шредингера или уравнений Клейна-Гордона-Фока, не умеет находить частные решения вышеназванных уравнений.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает уравнения Эйнштейна. Может находить решения Шварцшильда и Фридмана. Знает уравнение Шредингера.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Знает уравнения Эйнштейна. Может находить решения Шварцшильда и Фридмана. Знает уравнение Шредингера. Может находить частные решения уравнения Эйнштейна и Шредингера.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Знает уравнения Эйнштейна. Может находить решения Шварцшильда и Фридмана. Знает уравнение Шредингера. Может находить частные решения уравнения Эйнштейна и Шредингера. Знает уравнения Клейна-Гордона-Фока и умеет находить их частные решения. Знает элементы теории групп Ли, пятимерную теорию Калуцы-Клейна и принцип локальной калибровочной инвариантности.</p>
<p>ПК.4 способность</p>	<p>Знает: математический аппарат СТО и ОТО. Умеет: находить</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает понятия "тензор", не может найти</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	решения уравнений Эйнштейна	<p>Неудовлетворител решение Шварцшильда.</p> <p>Удовлетворительн Может найти решение Шварцшильда и решение для закрытой модели Фридмана.</p> <p>Хорошо Может найти решение Шварцшильда, решения для закрытой модели Фридмана и для закрытой модели Де-Ситтера.</p> <p>Отлично Может найти решение Шварцшильда, решения для закрытой модели Фридмана и для закрытой модели Де-Ситтера. Знает теоретическое применение астрофизических и космологических решений уравнений Эйнштейна.</p>
<p>ПК.2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p>	Знает: уравнение квантовой механики. Умеет: решать уравнение квантовой механики	<p>Неудовлетворител Не знает математический аппарат квантовой механики. Не умеет выводить уравнения Шредингера и Клейна-Гордона-Фока. Не умеет решать вышеназванные уравнения.</p> <p>Удовлетворительн Знает математический аппарат квантовой механики. Умеет выводить и решать уравнение Шредингера.</p> <p>Хорошо Знает математический аппарат квантовой механики. Умеет выводить и решать уравнение Шредингера. Умеет выводить уравнение Клейна-Гордона-Фока.</p> <p>Отлично Знает математический аппарат квантовой механики. Умеет выводить и решать уравнения Шредингера и Клейна-Гордона-Фока.</p>
<p>ПК.6 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p>ЗНАТЬ: математический аппарат общей теории относительности, УМЕТЬ: решать простейшие уравнения Эйнштейна, получать астрофизические и космологические решения.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает математический аппарат общей теории относительности, Не умеет решать простейшие уравнения Эйнштейна, получать астрофизические и космологические решения.</p> <p>Удовлетворительн Слабо знает математический аппарат общей теории относительности,</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> <p>Слабо умеет решать простейшие уравнения Эйнштейна, получать астрофизические и космологические решения.</p> <p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>Хорошо знает математический аппарат общей теории относительности, Хорошо умеет решать простейшие уравнения Эйнштейна, получать астрофизические и космологические решения, допускает ошибки</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Отлично знает математический аппарат общей теории относительности, Отлично умеет решать простейшие уравнения Эйнштейна, получать астрофизические и космологические решения, контролирует правильность вычислений</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

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 46 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 46 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики ПК.5 способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления	Контрольное мероприятие № 1 Письменное контрольное мероприятие	Знание методов вычисления компонентов тензора Эйнштейна. Знание астрофизических и космологических решений уравнений Эйнштейна и основных этапов их нахождения.
ПК.2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Контрольное мероприятие №2 Письменное контрольное мероприятие	Знание основных постулатов и операторов квантовой механики и свойства волновой функции. Умение записать уравнение Шредингера для стационарного случая. Умение получать стационарное решение уравнения Шредингера.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ПК.2 способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики</p> <p>ПК.4 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> <p>ПК.5 способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления</p> <p>ПК.6 способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при анализе управленческих задач в научно-технической сфере</p>	<p>Итоговый экзамен</p> <p>Итоговое контрольное мероприятие</p>	<p>Группы и алгебры Ли. Группы SU(2), SU(3) и SU(5) и их свойства. Пятимерная теория Калуцы-Клейна. Принцип локальной калибровочной инвариантности. Эффект спонтанного нарушения симметрии для скалярного поля. Механизм Хиггса. Полевые уравнения.</p>

Спецификация мероприятий текущего контроля

Контрольное мероприятие № 1

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умение выполнять один этап процедуры нахождения точного решения уравнений Эйнштейна	17
Минимальный балл ставится за правильную запись всех уравнений и метрик	13

Контрольное мероприятие №2

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Умение находить решение уравнения Шредингера или уравнения Клейна-Гордона-Фока.	17
Запись уравнения Шредингера для стационарного случая или уравнения Клейна-Гордона-Фока.	13

Итоговый экзамен

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

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

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

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Умение решать простейшие задачи теории поля или умение проверить удовлетворяет ли данное решение полевому уравнению	20
Верные формулировки определений, утверждений и теорем, правильная запись полевых уравнений	20