

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Лельчицкий Игорь Павлович
Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности
Дата подписания: 23.03.2026 09:46:03
Уникальный программный ключ:
aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

«__» _____ 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)
Дополнительные главы теоретической физики

03.03.02 Физика, 03.03.03 Радиофизика

Для студентов

3 и 4-го курсов бакалавриата и магистратуры
очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Зубков В.В.

Тверь, 2025

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является закрепление и углубление студентами фундаментальных принципов, лежащих в основе теоретических представлений об окружающем мире.

Задачами освоения дисциплины являются:

- подробный разбор фундаментальных принципов, отражающих суть той или иной парадигмы современной теоретической физики;
- углубленное изучение математических методов теоретической физики;
- подробный анализ так называемых парадоксов, неизбежно возникающих в рамках новых физических парадигм.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Факультативная дисциплина «Дополнительные главы теоретической физики» тесно связана с дисциплинами теоретической физики, читаемыми для студентов физических специальностей вузов. Дисциплина «Дополнительные главы теоретической физики» содержит материал, который ввиду ограниченности аудиторных часов, не может быть в полной мере раскрыт в рамках стандартных курсов теоретической физики. Подобранный материал призван помочь студентам, изучающим теоретическую физику, на более глубоком уровне освоить принципиальные вопросы фундаментальной физики.

Теоретические дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: основные разделы курсов теоретической физики, а именно, теоретической механики, электродинамики и квантовой механики. Необходимо также владение основами математического аппарата в рамках таких курсов, как математический анализ, алгебра, векторный и тензорный анализ. Вместе с тем большинство необходимых как физических, так и математических понятий и законов вводятся при изложении дисциплины по мере необходимости.

3. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 72 академических часа, в том числе:

контактная аудиторная работа: лекции 36 часов

самостоятельная работа: 36 часов, в том числе контроль 3 часа.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ОПК-1.2. Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет

6. Язык преподавания: русский.

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

1. Для студентов очной формы обучения

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)				Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Семинарские/Практические занятия/Лабораторные работы (<i>оставить нужное</i>)	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)		
		всего	в т.ч. практ	всего	в т.ч. практичес	
		о				

			ическ ая подго товка		кая подготовк а		
1. Вариационные принципы современной физики. Группы преобразований. Связь симметрий пространства и времени и теорема Э. Нётер. Калибровочные симметрии.	10	5					5
2. Лагранжева и гамильтонова динамика частиц и полей. Методы решения. Функции Грина. Примеры из классической механики, классической теории поля, физики конденсированного состояния.	8	4					4
3. Эволюция квантовых систем. Картина Гайзенберга, Шредингера. Пропагатор. Метод интегралов по траекториям. Интегралы квантовых систем.	10	5					5
4. Основы специальной теории относительности. Принципиальные вопросы. Мир Минковского. Релятивистская кинематика и динамика. Эффекты и парадоксы СТО: парадокс шеста и сарая, парадокс близнецов, парадокс Белла, видимая форма быстро движущихся тел, масса и энергия в СТО.	12	6					6
5. Необратимость в физике. Эредитарность.	8	4					4

Вариационный принцип для необратимой динамики системы частиц и полей.							
5. Парадоксы квантовой механики. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Нелокальность квантовой теории. Квантовая телепортация. Квантовый Чеширский кот. Эксперимент с отложенным выбором. Мысленный эксперимент Элишура и Вайдмана и его проверка. Неравенства Белла и их проверка. GHZ – парадокс. Эффект Ааронова-Бома.	12	6					6
6. Классическая теория поля. Основные модели. Методы построения лагранжианов. Уравнения движения. Перекомпоновка числа степеней свободы. Спонтанное нарушение симметрии. Голдстоуновские бозоны. Механизм Хиггса.	12	6					6
ИТОГО	72	36					36

III. Образовательные технологии

Образовательные технологии по каждой теме: традиционная лекция, и активное слушание.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- тематика рефератов и методические рекомендации по их написанию;
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;
- мультимедийные презентации.

IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

Для проведения текущей и промежуточной аттестации:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности

Примеры задач к зачёту:

Задание 1. Пусть дана функция Лагранжа

$$\mathcal{L} = \frac{1}{2} \sum_{\alpha=1}^s m_{\alpha} \dot{q}_{\alpha}^2.$$

Рассмотрим преобразования Галилея

$$\begin{aligned} t &= t', \\ q'_{\alpha} &= q_{\alpha} + t \delta v, \end{aligned}$$

где $\delta v \equiv \lambda$ – постоянная величина. Пользуясь теоремой Эмми Нетер, найдите отвечающий этой симметрии интеграл движения.

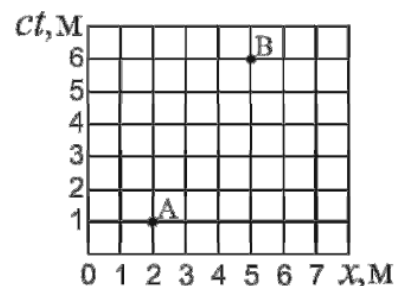
Задание 2. Для группы растяжений

$$\begin{aligned} x' &= x e^{\tau}, \\ y' &= y e^{2\tau}, \\ z' &= z e^{3\tau}. \end{aligned}$$

найти инфинитезимальный оператор и независимые инварианты группы.

Задание 3. Показать, что преобразование поворота относительно оси z удовлетворяет всем условиям теоремы Нетер для системы с лагранжианом $\mathcal{L} = f(\dot{\varphi}, \varphi)$. Найти соответствующий первый интеграл.

Задание 4: На диаграмме Минковского показаны координаты событий A и B . Найти промежуток времени между этими событиями в СО, в которой эти события произошли в одной точке.



Задание 5. Астронавт, движущийся со скоростью $u = 0.4c$, наблюдает объект, обгоняющий его со скоростью $v = 0.5c$ относительно корабля. Чему равна скорость объекта относительно неподвижной системы отсчёта?

Задание 6. Пусть ϕ^μ – массивное вещественное векторное поле Прока, которое взаимодействует с заданным внешним током J^μ , причём предполагается, что этот ток сохраняется: $\partial_\mu J^\mu = 0$. Лагранжиан этой системы имеет вид:

$$\mathcal{L} = \frac{1}{8\pi} \phi^\mu \left[(\square - m^2) \phi_\mu + M^2 g_{\mu\nu} \right] \phi^\nu - J_\mu \phi^\mu.$$

Определить размерность поля ϕ^μ и его массы M . Вывести уравнения Эйлера–Лагранжа.

Задание 7. Как может выглядеть преобразование, полностью устраняющее поле Голдстоуна из лагранжиана Хиггса? Написать преобразованный лагранжиан.

Задание 8. Гамильтониан двухуровневой системы в матричном представлении имеет вид:

$$H = \hbar \begin{pmatrix} \omega_2 & m \\ m & \omega_1 \end{pmatrix}.$$

Пусть базисные векторы есть

$$|0\rangle = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad |1\rangle = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}.$$

В начальный момент $|\psi(0)\rangle = |0\rangle$. Найти а) собственные значения и собственные векторы гамильтониана, записав последние в виде разложения по базисным векторам;

а) эволюцию состояния, используя оператор эволюции

б) эволюцию состояния, решив уравнение Шредингера

$$i\hbar \frac{d}{dt} \psi = \hat{H} \psi.$$

Способ аттестации: Беседа со студентом

Критерии оценки: Ориентируется в теории и методах решения задач подобного типа – зачет.

Задание 9: Что называется калибровочной инвариантностью? Векторный потенциал в классической физике и квантовой механике. Эффект Ааронова-Бома. Объясните.

Задание 10. Сформулируйте вариационный принцип для необратимых систем.

Задание 11. Приведите примеры эрмитовых систем в физике.

Задание 12. Сформулируйте теорему Эмми Нетер. Приведите примеры из классической механики и классической теории поля.

Задание 13. В чем заключается механизм Хиггса? Запишите лагранжиан Хиггса.

Способ аттестации: Беседа со студентом.

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.

Примеры тем для самостоятельного изучения:

1. Вариационные принципы в механике сплошной среды.
2. Флуктуация вакуума. Сдвиг Лэмба.
3. Прецессия Томаса.
4. No-Interaction теорема.
5. Проблема самодействия в классической электродинамике.
6. Геометрия Лобачевского и пространство скоростей в специальной теории относительности.
7. Жесткие и нежесткие системы отсчета в СТО.
8. Кватернионное описание релятивистской физики.
9. Эвереттовская интерпретация квантовой механики.
10. Квантовый дарвинизм Цурека.

11. Парадокс друга Вигнера и реальность вектора состояния.
12. Вигнеровское представление и квантовая томография.
13. Квантовые вычисления: алгоритм Дойтча-Джоза.
14. Квантовая криптография. Протокол Ч. Беннета и Ж. Brassara (BB84).
15. Концепция «волны-пилота» Дэвида Бома.

Темы может предлагать студент самостоятельно, исходя из своих интересов.

Способ аттестации: беседа со студентом.

Критерии оценки: провел анализ литературы по выбранной тематике, показал знание материала и четко изложил результаты исследования – зачет.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1) Рекомендуемая литература

а) Основная литература:

1. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики: механика, теория поля, элементы квантовой механики : учебное пособие / Б. В. Медведев. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Физматлит, 2007. – 599 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69239>
2. Зубков В.В. Группа преобразований пространства-времени в классической механике и теорема Эмми Нетер: Учебное пособие. Тверь. 2011. 38с.
3. Логунов А.А. Лекции по теории относительности.-М.: Наука, 2002.- 175 с.
4. Угаров, В. А. Специальная теория относительности / В. А. Угаров. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва : Наука, 1977. – 384 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481486>
5. Косяков Б.П. Введение в классическую теорию частиц и полей. -М.: Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2017.-656с.
6. Львовский А. Отличная квантовая механика. М.: АНФ, 2019. 422с
7. Фейнман Р., Хибс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям М.: Мир, 1968. 381 с. https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=499382

8. Гринштейн Д., Зайонц А. Квантовый вызов. Современные исследования оснований квантовой механики. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2012. - 432 с. <https://znanium.com/catalog/product/1117883>

б) Дополнительная литература:

1. Алешкевич, В. А. Курс общей физики. Механика : учебник / В. А. Алешкевич, Л. Г. Деденко, В. А. Караваев. – Москва : Физматлит, 2011. – 472 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69337>
2. Принцип относительности. Сборник работ по специальной теории относительности. / Под ред. А.А. Тяпкина. М.: Атомиздат, 1973. 332 с.
3. Тяпкин А.А. Об истории возникновения «теории относительности». Дубна: ОИЯИ, 2004. 152 с.
4. Логунов А.А. Лекции по теории относительности и гравитации: современный анализ проблемы. М.: Наука, 2005. 318с.
5. Алешкевич В.А. О преподавании специальной теории относительности на основе современных экспериментальных данных // УФН 2012. Т. 182. №12. С. 1301-1318.
6. Логунов А.А. Анри Пуанкаре и теория относительности. М.: Наука, 2004. 256с.
7. Окунь Л.Б. Понятие массы. Масса, энергия, относительность // Успехи физических наук 1989. Т. 158. С. 511-530.
8. Окунь Л. Б. Теория относительности и теорема Пифагора // Успехи физических наук 2008. Т. 178. С. 653-663.
9. Окунь Л. Б. Формула Эйнштейна . «Не смеётся ли господь бог?» // Успехи физических наук 2008. Т. 178. С. 541-553.
10. Хрюнов А.В. Основы релятивистской физики. М.: Физматкнига, МФТИ, 2003. 448с.
11. Вайскопф В. Физика в двадцатом столетии. М.: Атомиздат, 1977. 272 с.

12. Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталеv О.А. Квантовая телепортация - обыкновенное чудо. Ижевск: РХД, 2000, 256 с.

13. Жизан Н. Квантовая случайность. Нелокальность, телепортация и другие квантовые чудеса. М.: Альпина нон-фикшн, 2016. - 202 с.

<https://znanium.com/catalog/product/550060>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com

2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>

3. ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

- 1) Изучить рекомендуемую литературу. Провести поиск дополнительной литературы в интернете.
- 2) Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях. Задачи на зачете будут из тех, что рассматриваются на занятиях.
- 3) Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения (как правило, это задания, связанные с

развитием рассмотренных на занятии задач), используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.

- 4) Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

Для получения зачёта необходимо:

- 1) Решить задачи, рекомендуемые преподавателем на занятиях.
- 2) Подготовить исследовательскую реферативную работу по выбранной теме и доложить ее результаты преподавателю.

VII. Материально-техническое обеспечение

VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			