

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

Утверждаю:

Проректор по ОдиМП

Сердитова Н.Е.



«04» февраля 2025 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)  
**Дополнительные главы теоретической физики**

Для обучающихся 3-4-х курсов направлений 03.03.02 Физика,  
03.03.03 Радиофизика, 1-2-ых курсов направлений 03.04.02 Физика,  
03.04.03 Радиофизика 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:** 2 зачетных единицы, 72 академических часа,  
**в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 36 часов

**самостоятельная работа:** 36 часов.

**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.**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Практические занятия	
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. Вариационный принцип для необратимой динамики системы частиц и полей	8	4		4
6. Парадоксы квантовой механики. Парадокс Эйнштейна-Подольского-Розена. Нелокальность квантовой теории. Квантовая телепортация. Квантовый Чеширский кот. Эксперимент с отложенным выбором. Мысленный эксперимент Элицура и Вайдмана и его проверка. Неравенства Белла и их проверка. GHZ – парадокс. Эффект Ааронова-Боба	12	6		6
7. Классическая теория поля. Основные модели. Методы построения лагранжианов	12	6		6

Уравнения движения. Перекомпоновка числа степеней свободы. Спонтанное нарушение симметрии. Голдстоуновские бозоны. Механизм Хиггса				
<b>ИТОГО</b>	<b>72</b>	<b>36</b>		<b>36</b>

### 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

$$t = t',$$

$$q'_\alpha = q_\alpha + t\delta v,$$

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

**Задание 2.** Для группы растяжений

$$x' = xe^\tau,$$

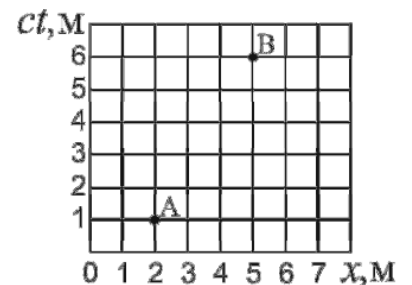
$$y' = ye^{2\tau},$$

$$z' = ze^{3\tau}.$$

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  $\mathcal{L} = f(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + \Omega(t)(xy - yx)$ . 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  $\phi^\mu$  – массивное вещественное векторное поле Прока, которое взаимодействует с заданным внешним током  $J^\mu$ , причём предполагается, что этот ток сохраняется:  $\partial_\mu J^\mu = 0$ . Лагранжиан этой системы имеет вид:

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

Определить размерность поля  $\phi^\mu$  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:

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

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

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

**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. Л. Отличная квантовая механика : учебное пособие : в 2 частях. Часть 1 / Александр Львовский ; пер. с англ. - Москва : Альпина нон-фикшн, 2019. - 422 с. - ISBN 978-5-91671-952-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1221824>.

7. Львовский, А.Л. Отличная квантовая механика : решения. Часть 2 : учебно-практическое пособие / А.Л. Львовский. - Москва : Альпина нон-фикшн, 2019. - 304 с. - ISBN 978-5-91671-952-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1222049>.

8. 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](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=499382)

9. 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 : электромагнитные поля, релятивистская механика частиц, релятивистская кинетическая теория, вариационные принципы электродинамики и механики, релятивистская механика вращательных движений, дистанционные измерения / А. В. Хрюнов. - Изд. 2-е, существенно перераб. и доп. - Москва : URSS, cop. 2017. - 542 с. : ил., табл.; 22 см.; ISBN 978-5-9710-4335-5

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) Лицензионное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства:

Google Chrome;

Яндекс Браузер;

Kaspersky Endpoint Security 10;

Многофункциональный редактор ONLYOFFICE;

ОС Linux Ubuntu.

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://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**

Учебная аудитория с мультимедийной установкой.

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

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