

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан физического факультета

 С.Н. Филимонов

«15» апреля 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

**Калибровочные теории**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Фундаментальная физика»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2021**


Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.16

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

 О.Н. Чайковская

Председатель УМК

 О.М. Сюсина

Томск – 2021

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2– Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

ПК-1 – Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 – Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования .

ИПК 1.1 – Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Освоить понятийный аппарат и методы калибровочных теорий.

– Научиться применять понятийный аппарат и методы калибровочных теорий для решения практических задач профессиональной деятельности.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Профессиональный модуль "Теоретическая и математическая физика".

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 8, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математический анализ, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дифференциальные уравнения, Квантовая механика, Методы математической физики, Классические поля.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лекции: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. *Калибровочные симметрии в лагранжевом формализме.*

Особенности классической динамики в системах с вырожденным Гессианом. Калибровочные симметрии и калибровочные тождества. Калибровочные орбиты.

Калибровка. Алгебра калибровочных симметрий. Физические величины в калибровочных теориях. Вторая теорема Нетер.

Тема 2. *Примеры калибровочных теорий.*

Электродинамика Максвелла – калибровочные симметрии и тождества. Скалярная релятивистская частица как калибровочная теория в лагранжевом и гамильтоновом формализме со связями.

Тема 3. *Гамильтонова формулировка со связями особенных теорий.*

Гамильтонова формулировка с первичными связями вырожденной лагранжевой теории. Базис связей, эквивалентные системы связей. Алгоритм Дирака-Бергмана, вторичные связи.

Тема 4. *Классификация гамильтоновых систем со связями.*

Системы со связями второго рода, фиксация лагранжевых множителей. Определение и свойства скобок Дирака. Уравнения движения в терминах скобок Дирака. Координаты Дарбу. Геометрическая интерпретация систем со связями второго рода. Системы со связями первого рода, соотношения инволюции. Калибровочные симметрии систем со связями первого рода.

Тема 5. *Калибровочная симметрия в гамильтоновом формализме*

Алгебра связей, геометрическая интерпретация систем со связями первого рода. Физические величины в системах со связями первого рода. Калибровка. Матрица Фаддеева-Попова. Гамильтонова формулировка со связями электродинамики Максвелла. Гамильтонова формулировка со связями массивного векторного поля

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится в форме проверки решений домашних задач и контрольных работ. Контрольная точка проводится не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в 8 семестре** проводится устно по экзаменационным билетам, по два вопроса в каждом. За каждый вопрос выставляется оценка по пятибалльной шкале. Итоговая оценка в баллах есть среднее от оценок за вопросы билета и оценки за дополнительные вопросы. Итоговая оценка *зачтено* выставляется за 3,75 баллов и выше. Итоговая оценка *не зачтено* выставляется за результат ниже 3,75 балла.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Учебные материалы по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24793>

б) Банк задач для самостоятельного решения.

в) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

*Перечень вопросов зачета.*

1. Особенности классической динамики в системах с вырожденным Гессианом.
2. Калибровочные симметрии и калибровочные тождества.
3. Калибровочные орбиты. Калибровка.
4. Алгебра калибровочных симметрий. Физические величины в калибровочных теориях
5. Вторая теорема Нетер.
6. Электродинамика Максвелла – калибровочные симметрии и тождества
7. Гамильтонова формулировка с первичными связями вырожденной лагранжевой теории.
8. Скалярная релятивистская частица как калибровочная теория в лагранжевом и гамильтоновом формализме со связями.
9. Базис связей, эквивалентные системы связей.

10. Алгоритм Дирака-Бергмана, вторичные связи.
11. Системы со связями второго рода, фиксация лагранжевых множителей.
12. Определение и свойства скобок Дирака. Уравнения движения в терминах скобок Дирака
13. Координаты Дарбу. Геометрическая интерпретация систем со связями второго рода.
14. Системы со связями первого рода, соотношения инволюции,
15. Калибровочные симметрии систем со связями первого рода.
16. Алгебра связей, геометрическая интерпретация систем со связями первого рода.
17. Физические величины в системах со связями первого рода.
18. Калибровка. Матрица Фаддеева-Попова.
19. Гамильтонова формулировка со связями электродинамики Максвелла.
20. Гамильтонова формулировка со связями массивного векторного поля.

г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента включает:

- углубленное теоретическое изучение разделов курса при подготовке к лекционным и практическим занятиям;
- подготовку к обсуждению материала, в том числе самостоятельный поиск необходимых источников информации, включая научно-образовательные ресурсы сети Интернет;
- подготовку к аттестации.

Для эффективного освоения дисциплины студентам рекомендуется:

- после лекции просмотреть и обдумать текст конспекта (15 минут);
- накануне следующей лекции вспомнить материал предыдущей (15 минут);
- изучение теоретического материала по пособию лектора, учебникам и конспекту (1 час в неделю);
- подготовка к практическому занятию (2 часа в неделю);
- работа с литературой (1 час в неделю).

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Гитман Д.М., Тютин И.В. Каноническое квантование полей со связями. М.: Наука, 1986. 215 с.
2. Дирак П.А. Принципы квантовой механики. Москва : Физматгиз, 1960. 434 с.
3. Дирак П.А.М. Лекции по квантовой теории поля. М.: Мир, 1971. 243 с.
4. Славнов А.А., Фаддеев Л.Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей. М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит , 1988. 267 с.
5. Marc Henneaux, Claudio Teitelboim. Quantization of Gauge Systems. Princeton: Princeton University Press, 1992. 552 p.
6. Sundermeyer K. Constrained Dynamics: With Applications to Yang-Mills Theory, General Relativity, Classical Spin, Dual String Model (Lecture Notes in Physics). Berlin: Springer, 1982. 318 p.

б) дополнительная литература:

1. Kurt Sundermeyer. Symmetries in Fundamental Physics. Berlin: Springer, 2014. 788 p.
2. Арнольд В.И. Математические методы классической механики: Учебное пособие для студентов университетов. М.: Наука, 1974. 431 с.

## **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office

Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook); системы компьютерной вёрстки LaTeX;

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –

<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –

<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

– Ресурсы научных статей на сайтах

<https://scholar.google.ru/>

<https://www.scopus.com/>

<http://www.mathnet.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения практических занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

#### **15. Информация о разработчиках**

Ляхович Семен Леонидович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедры квантовой теории поля физического факультета ТГУ, заведующий кафедрой.