

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Классическая механика

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

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 1.1 – Знает основные законы, модели и методы исследования физических процессов и явлений.

ИОПК 2.1 – Выбирает адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области, планирует проведение научных исследований.

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 классической механики.

– Научиться применять понятийный аппарат и методы классической механики для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1, модуль «Теоретическая физика».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

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

Третий семестр, теоретический зачет.

Четвертый семестр, экзамен.

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: Общая физика (механика), Математический анализ, Линейная алгебра и аналитическая геометрия, Дифференциальные уравнения.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 часа, из которых:

– лекции: 96 ч.;

– практические занятия: 48 ч.;

– в том числе практическая подготовка: 48 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Часть I. *Основные принципы классической механики.*

Тема 1. *Конфигурационное пространство.*

Степени свободы. Конфигурации механической системы. Система обобщенных координат. Неоднозначность выбора обобщенных координат, преобразования координат. Конфигурационное пространство простейших моделей классической механики: материальная точка, система материальных точек, системы с голономными связями. Изменение конфигураций со временем, расширенное конфигурационное пространство. Описание траекторий в конфигурационном пространстве. Понятие о физических величинах как о функционалах траекторий.

Тема 2. *Симметрии конфигурационного пространства.*

Понятие физически эквивалентных конфигураций. Преобразования симметрии, эквивалентные системы координат. Примеры моделей с фундаментальными симметриями: однородность и изотропность пространства, однородность времени, симметрия Галилея. Непрерывные и бесконечно малые преобразования симметрии.

Тема 3. *Уравнения движения.*

Постулат о подчинении истинных траекторий уравнениям второго порядка. Симметрии уравнений движения. Примеры уравнений движения элементарных механических систем, уравнения Ньютона. Локальные по времени физические величины как функции конфигурации и обобщенной скорости. Сохраняющиеся величины. Состояние классической механической системы. Задача Коши для уравнений движения и причинность в классической механике. Общее решение уравнений движения и интегралы движения.

Часть II. *Лагранжев формализм.*

Тема 4. *Принцип наименьшего действия.*

Функция Лагранжа. Функционал действия и вариационный принцип. Неоднозначности функции Лагранжа. Закон преобразования функции Лагранжа при преобразовании системы обобщенных координат. Основные принципы построения функции Лагранжа. Восстановление функции Лагранжа по заданным симметриям. Построение функции Лагранжа для простейших моделей: свободная материальная точка, система свободных материальных точек, материальная точка в поле внешних сил, система материальных точек с голономными связями.

Тема 5. *Уравнения Лагранжа.*

Элементы вариационного исчисления. Уравнения движения как следствия вариационного принципа. Трансформационные свойства уравнений Лагранжа. Критерий закона сохранения в лагранжевом формализме. Уравнения Лагранжа и законы сохранения для простейших моделей классической механики.

Тема 6. *Теорема Нетер.*

Вариация действия при инфинитезимальном преобразовании конфигурационного пространства. Теорема Нетер. Законы сохранения, соответствующие фундаментальным симметриям: энергия, импульс, момент импульса. Примеры законов сохранения в простейших механических системах.

Тема 7. *Одномерное движение.*

Задачи, сводящиеся к одномерным, общий вид функции Лагранжа одномерного движения замкнутой системы. Общее решение задачи одномерного движения. Точки поворота, потенциальный барьер, финитное и инфинитное движение, период колебаний.

Часть III. *Гамильтонов формализм.*

Тема 8. *Канонические уравнения.*

Фазовое пространство. Функция Гамильтона. Физические величины в гамильтоновом формализме. Уравнения Гамильтона. Вариационный принцип в гамильтоновом формализме. Эквивалентность лагранжевого и гамильтонового формализма. Уравнения Гамильтона системы материальных точек.

Тема 9. *Скобки Пуассона.*

Определение и свойства скобки Пуассона. Критерий закона сохранения в гамильтоновом формализме. Теорема Пуассона. Канонические преобразования. Теорема Лиувилля. Точечные и фазовые канонические преобразования, производящая функция канонических преобразований. Каноническая инвариантность скобок Пуассона и уравнений Гамильтона.

Часть IV. *Модели классической механики.*

Тема 10. *Проблема двух тел.*

Симметрии задачи о центральном взаимодействии двух тел, сохраняющиеся величины. Центр масс, приведенная масса. Тело в центральном поле. Эффективная потенциальная энергия, траектории в центральном поле общего вида, условия замкнутости траекторий. Падение в центр. Задача Кеплера, период обращения в кеплеровском случае, закон площадей, геометрия кеплеровских траекторий. Вектор Рунге-Ленца.

Тема 11. *Малые колебания.*

Понятие равновесной конфигурации. Гармоническое приближение. Свободные гармонические колебания, нормальные координаты, частоты нормальных колебаний. Гармоническое приближение в незамкнутых системах, основные типы внешних воздействий: внешняя сила, параметрическое воздействие, диссипация. Колебания под действием внешней силы, чисто вынужденные колебания, резонанс. Колебания под действием диссипации, периодическое и аperiodическое затухание.

Тема 12. *Проблема рассеяния.*

Понятие о задаче рассеяния, законы сохранения. Ц-система и л-система. Спонтанный распад. Эффективное сечение рассеяния. Упругие столкновения. Формула Резерфорда. Обратная задача рассеяния. Восстановление потенциала по сечению рассеяния на малые углы.

Часть V. *Метод Гамильтона-Якоби.*

Тема 13. *Уравнение Гамильтона-Якоби.*

Действие как функция координат. Производные действия по граничным точкам траекторий. Уравнение Гамильтона-Якоби. Полный интеграл. Эквивалентность уравнения Гамильтона-Якоби и уравнений Гамильтона, восстановление траекторий по известному полному интегралу. Частные интегралы и законы сохранения. Стационарное уравнение Гамильтона-Якоби. Метод разделения переменных. Примеры разделения переменных: декартовы, сферические, параболические координаты.

Тема 14. *Оптико-механическая аналогия.*

Волновые процессы в неоднородной среде, волновое уравнение. Эйкональное приближение в волновой теории, геометрическая оптика. Конфигурационное пространство как оптическая среда. Эйкональная интерпретация уравнения Гамильтона-Якоби. Оптическая интерпретация механических процессов.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится в форме проверки решений домашних задач, индивидуальных работ и контрольных работ и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Теоретический зачет в 3 семестре проводится по экзаменационным билетам и состоит из двух частей, практической и теоретической.

Экзамен в 4 семестре проводится по экзаменационным билетам и состоит из двух частей, практической и теоретической.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Учебные материалы по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21889>
<https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=21888>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) План семинарских занятий по дисциплине.

д) Банк задач для самостоятельного решения по темам практических занятий.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Теоретическая физика Т. 1 (Механика): [учебное пособие для физических специальностей университетов] : в 10 т. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; под ред. Л.П. Питаевского. Москва : Физматлит , 2012. 493 с.
2. К. Голдстейн. Классическая механика. М. : Наука , 1975. 416 с.
3. Д. Тер Хаар. Основы гамильтоновой механики. М. : Наука , 1974. 222 с.
4. И.М. Гельфанд, А.В. Фомин, Вариационное исчисление. М. : Физматлит , 1961. 228 с.
5. К. Ланцош, Вариационные принципы механики. М. : Мир , 1965. 408 с.
6. Ф.Р. Гантмахер, Лекции по аналитической механике. М. : Физматлит , 2002. 262 с.
7. Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо, Сборник задач по классической механике. Ижевск : НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" , 2001. 352 с.
8. Е.С. Пятницкий, Н.М. Трухан, Ю.И. Ханукаев, Г.Н. Яковенко. Сборник задач по аналитической механике. М. : Наука. Физматлит , 2002. 396 с.

б) дополнительная литература:

1. С. Л. Ляхович. Формализм Лагранжа (Сборник задач и упражнений) Томск. 2001. 50 с.
2. И. Ю. Каратаева. Формализм Гамильтона и основные модели классической механики (Сборник задач и упражнений). Томск. 2001. 63 с.
3. Теоретическая механика. Электронный ресурс [29 книг в pdf-формате]. Москва: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика" , 2001. 1 CD-ROM. (Содерж.: Теоретическая механика. Т. 1,2 / П. Аппель. Динамические системы / Д. Биркгоф. Лекции по теоретической механике. Т. 1,2 / Ш. Ж. де ля Валле-Пуссен. Лекции по аналитической механике / Ф. Р. Гантмахер. Классическая механика / Г. Голдстейн и др.)
4. Вариационное исчисление и вариационные принципы Электронный ресурс : [20 книг в PDF-формате] Москва : РХД , 2005. 1 электрон. опт. диск. (Содерж.: Арнольд, Владимир Игоревич; Биркгоф, Джордж Дэвид; Бишоп, Р. Л.; Криттенден, Р; Гантмахер, Феликс Рувимович; Гриффитс, Филлип; Громол, Д.; Клингенберг, В.; Мейер, В.; Картан, Анри; Краснов, Михаил Леонтьевич; Макаренко, Григорий Иванович; Киселев, Александр Иванович; Ланцош, Корнелиус; Парс, Л. А.; Полак, Лев Соломонович 1908-2002; Ректорис, Карел; Рунд, Ханно; Синг, Дж. Л.; Стернберг, С.; Татарин, Ярослав Всеволодович; Уиттекер, Эдмунд Тейлор; Фоменко, Анатолий Тимофеевич; Цлаф, Лев Яковлевич; Эльсгольц, Лев Эрнестович)
5. 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/>

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.