

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан физического факультета  
С.Н. Филимонов

Оценочные материалы по дисциплине

**Классическая механика**

по направлению подготовки

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Фундаментальная физика**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

Год приема

**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.Н. Чайковская

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

Томск – 2023

## 1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

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. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля.

По дисциплине «Классическая механика» предусмотрено решение задач по темам лекций, контрольные работы, решение индивидуальных заданий (ИПК 1.1, ИОПК 2.1).

*Темы практических занятий:*

1. Конфигурационное пространство.
2. Функции Лагранжа простейших механических систем.
3. Уравнения Лагранжа.
4. Сохраняющиеся величины в формализме Лагранжа.
5. Симметрии конфигурационного пространства. Теорема Нётер.
6. Одномерное движение.
7. Функция Гамильтона и уравнения Гамильтона.
8. Скобки Пуассона.
9. Канонические преобразования.
10. Гармоническое приближение.
11. Многомерный гармонический осцилятор.
12. Вынужденные колебания.
13. Уравнение Гамильтона-Якоби.
14. Элементы теории рассеяния. Диаграммы скоростей.

В семестре 3 контрольные работы проводятся по теме 3, индивидуальная работа по теме 5.

В семестре 4 контрольные работы проводятся по темам 6, 7, 8, 10, 14 индивидуальные работы по темам 12, 13, 14.

Пример билета контрольной работы по темам 7, 8.

1. Сохраняется ли величина

$$\phi = xp_y,$$

где

$$H = \frac{1}{2}p_x^2 + \frac{1}{2}p_y^2 - x^2.$$

2. Задать начальные условия и решить систему уравнений Гамильтона

$$L = \dot{y}^2 + \dot{z}^2 + 4z$$

Критерии оценивания: При правильном решении ставится оценка зачтено, при неправильном решении не зачтено.

### **3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания**

**Теоретический зачет в 3 семестре** проводится по экзаменационным билетам и состоит из двух частей, практической и теоретической. Практическая часть проводится по билетам с задачами, проверяющие компетенции ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 в соответствии с индикаторами достижения компетенций ИОПК 1.1, ИОПК 2.1, ИПК 1.1. За практическую часть (решение задач по билетам) выставляется оценка *зачтено/не зачтено*.

Теоретическая часть проводится устно по билетам с двумя теоретическими вопросами, проверяющие компетенции ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 в соответствии с индикаторами достижения компетенций ИОПК 1.1, ИОПК 2.1, ИПК 1.1. За теоретическую часть выставляется оценка *зачтено/не зачтено*. При оценке за практическую часть *не зачтено* выставляется итоговая оценка *не зачтено*. При оценке за практическую часть *зачтено* итоговая оценка есть оценка за теоретическую часть.

Пример билета теоретической части.

Классическая механика. Теоретический зачет.

#### **БИЛЕТ № 3**

1. Функция Лагранжа системы материальных точек с голономными связями.
2. Однородность времени и замкнутость системы.

**Экзамен в 4 семестре** проводится по экзаменационным билетам и состоит из двух частей, практической и теоретической. Практическая часть проводится по билетам с задачами, проверяющие компетенции ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 в соответствии с индикаторами достижения компетенций ИОПК 1.1, ИОПК 2.1, ИПК 1.1. За практическую часть (решение задач по билетам) выставляется оценка *зачтено/не зачтено*.

Теоретическая часть проводится устно по билетам с двумя теоретическими вопросами, проверяющие компетенции ОПК-1, ОПК-2, ПК-1 в соответствии с индикаторами достижения компетенций ИОПК 1.1, ИОПК 2.1, ИПК 1.1. При оценке за практическую часть *не зачтено* выставляется итоговая оценка *не удовлетворительно*. При оценке за практическую часть *зачтено* итоговая оценка есть оценка за теоретическую часть по пятибалльной шкале.

#### **БИЛЕТ № 6**

1. Непрерывные и бесконечно малые преобразования симметрии.
2. Понятие о задаче рассеяния, законы сохранения в задаче рассеяния.

*Перечень теоретических вопросов для теоретического зачета в 3 семестре:*

1. Конфигурационное пространство. Степени свободы. Конфигурации механической системы.
2. Система обобщенных координат. Неоднозначность выбора обобщенных координат, преобразования координат.
3. Конфигурационное пространство простейших моделей классической механики: материальная точка, система материальных точек, системы с голономными связями.
4. Изменение конфигураций со временем, расширенное конфигурационное пространство. Траектории в конфигурационном пространстве.
5. Понятие о физических величинах как о функционалах траекторий. Локальные по времени физические величины как функции конфигурации и обобщенной скорости.
6. Состояние классической механической системы.
7. Симметрии конфигурационного пространства. Понятие физически эквивалентных конфигураций. Преобразования симметрии, эквивалентные системы координат.
8. Примеры моделей с фундаментальными симметриями: однородность пространства.
9. Примеры моделей с фундаментальными симметриями: изотропность пространства.
10. Однородность времени и замкнутость системы.
11. Симметрия Галилея.
12. Непрерывные и бесконечно малые преобразования симметрии.
13. Уравнения движения. Постулат о подчинении истинных траекторий уравнениям второго порядка.
14. Примеры уравнений движения элементарных механических систем, уравнения Ньютона.
15. Третий закон Ньютона и симметрия конфигурационного пространства замкнутой системы материальных точек.
16. Задача Коши для уравнений движения и причинность в классической механике.
17. Общее решение уравнений движения и законы сохранения.
18. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия.
19. Неоднозначности в определении функции Лагранжа.
20. Закон преобразования функции Лагранжа при преобразовании системы обобщенных координат.
21. Основные принципы построения функции Лагранжа.
22. Примеры построения функции Лагранжа: свободная материальная точка, система свободных материальных точек.
23. Функция Лагранжа системы взаимодействующих материальных точек.
24. Функция Лагранжа системы материальных точек в поле внешних сил.
25. Функция Лагранжа системы материальных точек с голономными связями.
26. Уравнения Лагранжа. Получение уравнений движения как следствия вариационного принципа.
27. Трансформационные свойства уравнений Лагранжа.
28. Критерий закона сохранения в лагранжевом формализме.
29. Уравнения Лагранжа и примеры законов сохранения для простейших моделей классической механики.
30. Вариация действия при инфинитезимальном преобразовании конфигурационного пространства.
31. Теорема Нетер.
32. Законы сохранения, соответствующие фундаментальным симметриям: энергия.
33. Законы сохранения, соответствующие фундаментальным симметриям: импульс.
34. Законы сохранения, соответствующие фундаментальным симметриям: момент импульса.
35. Примеры фундаментальных симметрий и законов сохранения в простейших механических системах.

36. Понятие одномерного движения. Точки поворота, потенциальная яма, потенциальный барьер, финитное и инфинитное движение.  
*Перечень теоретических вопросов для экзамена в 4 семестре (I-II семестр):*
1. Конфигурационное пространство. Степени свободы. Конфигурации механической системы. Система обобщенных координат. Неоднозначность выбора обобщенных координат, преобразования координат.
  2. Конфигурационное пространство простейших моделей классической механики: материальная точка, система материальных точек, системы с голономными связями. Изменение конфигураций со временем, расширенное конфигурационное пространство. Траектории в конфигурационном пространстве.
  3. Понятие о физических величинах как о функционалах траекторий. Локальные по времени физические величины как функции конфигурации и обобщенной скорости.
  4. Симметрии конфигурационного пространства. Понятие физически эквивалентных конфигураций. Преобразования симметрии, эквивалентные системы координат.
  5. Примеры моделей с фундаментальными симметриями: однородность пространства, изотропность пространства. Однородность времени и замкнутость системы. Симметрия Галиллея.
  6. Непрерывные и бесконечно малые преобразования симметрии.
  7. Уравнения движения. Постулат о подчинении истинных траекторий уравнениям второго порядка. Примеры уравнений движения элементарных механических систем, уравнения Ньютона.
  8. Задача Коши для уравнений движения и причинность в классической механике. Состояние классической механической системы.
  9. Общее решение уравнений движения и законы сохранения.
  10. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия. Неоднозначности в определении функции Лагранжа. Закон преобразования функции Лагранжа при преобразовании системы обобщенных координат. Основные принципы построения функции Лагранжа.
  11. Примеры построения функции Лагранжа: свободная материальная точка, система свободных материальных точек. Функция Лагранжа системы взаимодействующих материальных точек. Функция Лагранжа системы материальных точек в поле внешних сил. Функция Лагранжа системы материальных точек с голономными связями.
  12. Уравнения Лагранжа. Получение уравнений движения как следствия вариационного принципа. Трансформационные свойства уравнений Лагранжа.
  13. Уравнения Лагранжа и примеры законов сохранения для простейших моделей классической механики. Критерий закона сохранения в лагранжевом формализме.
  14. Теорема Нетер. Законы сохранения, соответствующие фундаментальным симметриям: энергия, импульс, момент импульса. Примеры фундаментальных законов сохранения в простейших механических системах.
  15. Фазовое пространство. Физические величины в гамильтоновом формализме.
  16. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Эквивалентность лагранжевого и гамильтонового формализма.
  17. Вариационный принцип в гамильтоновом формализме.
  18. Скобки Пуассона, их алгебраические свойства.
  19. Критерий закона сохранения в гамильтоновом формализме.
  20. Теорема Пуассона.
  21. Канонические преобразования, общие свойства.
  22. Точечные и фазовые канонические преобразования.
  23. Одномерное движение, точки поворота, финитное и инфинитное движение, период колебаний.
  24. Проблема двух тел и движение в центральном поле. Приведенная масса.
  25. Центральное поле: симметрии задачи, сохраняющиеся величины, эффективная потенциальная энергия.

26. Решение уравнений движения для материальной точки в центральном поле общего вида. Условия замкнутости траекторий. Условия падения в центр.
27. Задача Кеплера, случай притяжения. Геометрия траекторий.
28. Задача Кеплера, случай отталкивания.
29. Положение равновесия. Гармоническое приближение в замкнутой системе.
30. Свободные гармонические колебания, нормальные координаты, частоты нормальных колебаний.
31. Гармоническое приближение в нестационарных моделях, основные типы внешних воздействий.
32. Колебания под действием внешней силы, резонанс.
33. Колебания под действием диссипации, периодическое и аperiodическое затухание.
34. Действие как функция координат.
35. Производные действия по граничным точкам траекторий.
36. Уравнение Гамильтона--Якоби. Полный интеграл уравнения Гамильтона--Якоби.
37. Полный интеграл уравнения Гамильтона--Якоби и интегрирование уравнений Гамильтона.
38. Стационарное уравнение Гамильтона--Якоби. Частные интегралы уравнения Гамильтона--Якоби и законы сохранения.
39. Метод разделения переменных в теории Гамильтона--Якоби. Примеры разделения переменных: декартовы, сферические координаты.
40. Оптико--механическая аналогия.
41. Понятие о задаче рассеяния, законы сохранения в задаче рассеяния.
42. Связь между л-системой и ц-системой в теории рассеяния.
43. Спонтанный распад. Диаграммы распада.
44. Эффективное сечение рассеяния.
45. Упругие столкновения.
46. Формула Резерфорда.

#### 4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Задача (ИОПК 2.2.).

Найти функцию Гамильтона.

$$L(\dot{x}, \dot{y}, x, y) = \frac{1}{4} \dot{x}^2 + 3 \dot{y}^2 - 5x$$

Решение.

$$p_x^2 + \frac{1}{12} p_y^2 + 5x$$

Теоретические вопросы (ИОПК 1.1, ИОПК 2.1, ИПК 1.1.):

- 1 Колебания под действием внешней силы, резонанс.
- 2 Теорема Пуассона.
- 3 Проблема двух тел и движение в центральном поле. Приведенная масса

#### Информация о разработчиках

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