

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

**09.03.02 Информационные системы и технологии**

Направленность (профиль) подготовки:

**Информационные системы и технологии в астрономии и космической геодезии**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер информационных технологий**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
О.М. Сюсина

Председатель УМК  
О.М. Сюсина

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются:

– РОПК-1.1. – Обладает необходимыми естественнонаучными и инженерными знаниями для исследования информационных систем и их компонент;

– РОПК-1.2. Использует фундаментальные знания, полученные в области математических, естественных и инженерных наук в профессиональной деятельности.

– РОПК-1.3. Применяет фундаментальные знания, полученные в области математических, естественных и инженерных наук для моделирования и анализа задач

## 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 (РОПК-1.3).

*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 компетенцию ОПК-1 в соответствии с результатами обучения РОПК 1.1, РОПК 1.2, РОПК 1.3. За практическую часть (решение задач по билетам) выставляется оценка *зачтено/не зачтено*.

Теоретическая часть проводится устно по билетам с двумя теоретическими вопросами, проверяющие компетенцию ОПК-1 в соответствии с результатами обучения РОПК 1.1, РОПК 1.2, РОПК 1.3. 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 компетенцию ОПК-1 в соответствии с результатами обучения РОПК 1.1, РОПК 1.2, РОПК 1.3. За практическую часть (решение задач по билетам) выставляется оценка *зачтено/не зачтено*.

Теоретическая часть проводится устно по билетам с двумя теоретическими вопросами, проверяющие компетенцию ОПК-1 в соответствии с результатами обучения РОПК 1.1, РОПК 1.2, РОПК 1.3. 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 траектории. 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 (РОПК 1.3.).

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-1.2):

- 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.