

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 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. 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 осциллятор.
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

$$\phi = x p_y,$$

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 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 (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.