

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Наумова Наталия Александровна

Должность: Ректор

Дата подписания: 04.07.2025 09:31:18

Уникальный программный ключ:

6b5279da4e034bffa679172803da5b7bf5596c4e1

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет  
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано  
деканом физико-математического факультета  
«19» марта 2025 г.

/Кулешова Ю.Д./

## Рабочая программа дисциплины

Основы теоретической физики

Направление подготовки

44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)

Профиль:

Математика и физика

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано учебно-методической комиссией  
физико-математического факультета

Протокол «19» марта 2025 г. № 7

Председатель УМКом

/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой  
фундаментальной физики и  
нанотехнологии

Протокол от «11» марта 2025 г. № 11

Зав. кафедрой

/Холина С.А./

Москва  
2025

Автор-составитель:

Кузнецов Михаил Михайлович - доктор физико-математических наук, профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии

Рабочая программа дисциплины «Основы теоретической физики» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 22.02.2018 г. № 125.

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Планируемые результаты обучения .....                                                       | 4  |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....                                | 4  |
| 3. Объём и содержание дисциплины .....                                                         | 4  |
| 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся .....                    | 12 |
| 5. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине..... | 15 |
| 6. Учебно-методическое и ресурсное обеспечение дисциплины .....                                | 25 |
| 7. Методические указания по освоению дисциплины .....                                          | 37 |
| 8. Информационные технологии для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....    | 37 |
| 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....                                        | 37 |

## **1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

### **1.1. Цель и задачи дисциплины**

#### **Цели дисциплины «Основы теоретической физики»:**

- ознакомление студентов с концептуальными основами дисциплины «Основы теоретической физики» как современной комплексной фундаментальной науки;
- формирование естественнонаучного мировоззрения на основе знания особенностей, основных принципов и закономерностей развития Вселенной;
- интеллектуальное развитие студентов через систему классических и современных естественнонаучных концепций.

#### **Задачи дисциплины:**

- ознакомить студентов с основными проблемами, закономерностями, историей и тенденциями развития теоретической физики, в которых раскрываются фундаментальные научные проблемы современной науки;
- сформировать понимание принципов преемственности, соответствия и непрерывности в изучении природы;
- дать представление о революциях в теоретической физике и смене научных мировоззрений как ключевых этапах развития естествознания;
- сформировать понимание сущности фундаментальных законов природы, определяющих облик современного естествознания, к которым сводится множество законов теоретической физики;
- сформировать знания, необходимые для изучения смежных дисциплин;
- расширить кругозор, сформировать научное мышление и научное мировоззрение, основанное на синтезе естественнонаучных и гуманитарных концепций.

### **1.2. Планируемые результаты обучения**

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Дисциплина содержит изложение основных принципов и методов теоретической физики. В программу курса входят основы теоретической механики, электродинамики, квантовой механики, термодинамики и статистической физики. При этом изучаются механика материальной точки и твёрдого тела, электродинамика в вакууме и в веществе, основные уравнения и формулы квантовой механики, законы термодинамики и статистической физики. Большое внимание уделяется вариационным принципам теоретической механики, уравнениям Максвелла в электродинамике в вакууме и в веществе, уравнению Шрёдингера в квантовой механике, распределениям в статистической физике и соотношениям термодинамики.

Знание современных фундаментальных научных положений естествознания, его мировоззренческих и методологических выводов является необходимым элементом подготовки специалистов в любой области деятельности.

Основу для изучения дисциплины составляют программы по дисциплине «Общая и экспериментальная физика» и по математическим дисциплинам «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Аналитическая геометрия», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Дифференциальные уравнения» и «Методы математической физики». Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, дадут возможность студен-

там осваивать такие дисциплины учебного плана, как «Астрофизика», «Физическая электроника», «Введение в физику макромолекул и полимеров» и «Введение в физику нанотехнологий», на качественно более высоком уровне. Кроме того, полученные в результате освоения дисциплины методы могут использоваться в дальнейшем в педагогической деятельности.

### 3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Объём дисциплины

| Показатель объёма дисциплины                 | Очная форма обучения |
|----------------------------------------------|----------------------|
| Объём дисциплины в зачётных единицах         | 9                    |
| Объём дисциплины в часах                     | 324                  |
| <b>Контактная работа:</b>                    | 142,9                |
| Лекции                                       | 68                   |
| Практические занятия                         | 68                   |
| Контактные часы на промежуточную аттестацию: | 6,9                  |
| Экзамен                                      | 0,9                  |
| Предэкзаменационная консультация             | 6                    |
| Самостоятельная работа                       | 152                  |
| Контроль                                     | 29,1                 |

Формой промежуточной аттестации является экзамен в 7, 8, 9 семестре.

#### 3.2. Содержание дисциплины

Очная форма обучения

| Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием                                                                                             | Количество часов |                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
|                                                                                                                                                          | Лекции           | Практические занятия |
| <b>Раздел I. Основы теоретической механики (семестр 7)</b>                                                                                               |                  |                      |
| <b>Тема 1. Кинематика точки</b><br>Уравнения движения, траектория, скорость, ускорение точки. Графики скорости и ускорения точки                         | 2                | 2                    |
| <b>Тема 2. Кинематика твёрдого тела</b><br>Основные движения тела. Вращение вокруг точки. Углы Эйлера. Угловая скорость и угловое ускорение              | 2                | 2                    |
| <b>Тема 3. Кинематика сложного движения точки и тела</b><br>Законы сложения скоростей и ускорений. Законы сложения угловых скоростей и угловых ускорений | 2                | 2                    |
| <b>Тема 4. Законы Ньютона</b><br>Принцип относительности Галилея. Аксиомы кинетики. Законы Ньютона. Силы инерции                                         | 2                | 2                    |
| <b>Тема 5. Основные теоремы динамики</b><br>Уравнения изменения и законы сохранения импульса, энергии и момен-                                           | 2                | 2                    |

|                                                                                                                                                                                        |           |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| та импульса                                                                                                                                                                            |           |           |
| <b>Тема 6. Центральное-симметричное поле</b><br>Движение в центральном-симметричном поле. Законы Кеплера. Задача двух тел                                                              | 2         | 2         |
| <b>Тема 7. Уравнение Лагранжа I-го рода</b><br>Системы со связями, голономные связи. Виртуальные перемещения, принцип Даламбера. Уравнение Лагранжа I-го рода (с множителями Лагранжа) | 1         | 1         |
| <b>Тема 8. Уравнение Лагранжа II-го рода</b><br>Обобщённые координаты и скорости. Уравнение Лагранжа II-го рода (в обобщённых координатах). Обобщённые сила, импульс, энергия          | 1         | 1         |
| <b>Тема 9. Уравнения Гамильтона</b><br>Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона (канонические уравнения). Первые интегралы канонических уравнений                                      | 1         | 1         |
| <b>Тема 10. Линейные колебания</b><br>Собственные линейные колебания под действием различных сил. Вынужденные колебания. Резонанс                                                      | 1         | 1         |
| <b>Тема 11. Динамика твёрдого тела</b><br>Движение тела с одной закреплённой точкой. Тензор инерции. Динамические уравнения Эйлера. Гироскоп                                           | 1         | 1         |
| <b>Тема 12. Вариационные принципы в механике</b><br>Действие механической системы. Принцип наименьшего действия. Уравнение Эйлера – Лагранжа                                           | 1         | 1         |
| <b>Тема 13. Динамика в неинерциальных координатах</b><br>Динамические уравнения движения в криволинейных координатах                                                                   | 1         | 1         |
| <b>Тема 14. Метод Гамильтона – Якоби</b><br>Действие Гамильтона – Якоби. Уравнение Гамильтона – Якоби. Адиабатические инварианты                                                       | 1         | 1         |
| <b>Итого в семестре 7</b>                                                                                                                                                              | <b>20</b> | <b>20</b> |
| <b>Раздел II. Основы электродинамики и квантовой механики (семестр 8)</b>                                                                                                              |           |           |
| <b>Тема 15. Заряды и токи</b><br>Закон сохранения электрического заряда. Ток проводимости и ток смещения. Закон Ома и закон Джоуля – Ленца                                             | 2         | 2         |
| <b>Тема 16. Уравнения Максвелла</b><br>Уравнения Максвелла в дифференциальной форме для вещества и вакуума. Интегральная форма уравнений Максвелла                                     | 2         | 2         |
| <b>Тема 17. Энергия и импульс электромагнитного поля</b><br>Законы сохранения энергии и импульса электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Тензор натяжений Максвелла                  | 2         | 2         |
| <b>Тема 18. Потенциалы электромагнитного поля</b><br>Скалярный и векторный потенциалы. Уравнения поля в потенциалах. Калибровка потенциалов, условие Лоренца                           | 2         | 2         |
| <b>Тема 19. Уравнения Даламбера. Волновое уравнение</b><br>Уравнения Даламбера и волновое уравнение. Общее решение уравнений поля в потенциалах. Запоздывающие потенциалы              | 2         | 2         |
| <b>Тема 20. Электростатическое поле в вакууме</b><br>Уравнения для скалярного потенциала электростатического поля в вакууме. Поле точечного заряда. Поле диполя                        | 2         | 2         |
| <b>Тема 21. Электростатическое поле в веществе</b><br>Основные уравнения электростатического поля в диэлектрике. Проводники в электростатическом поле                                  | 2         | 2         |
| <b>Тема 22. Энергия электростатического поля</b>                                                                                                                                       | 1         | 1         |

|                                                                                                                                                                                                              |           |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Энергия электрического поля в вакууме и в диэлектрике. Энергия заряженных проводников и взаимодействия зарядов                                                                                               |           |           |
| <b>Тема 23. Магнитостатическое поле в вакууме</b><br>Уравнения для векторного потенциала магнитостатического поля в вакууме. Магнитное поле в дипольном приближении                                          | 1         | 1         |
| <b>Тема 24. Магнитное поле постоянного тока</b><br>Постоянный электрический ток и его магнитное поле                                                                                                         | 1         | 1         |
| <b>Тема 25. Магнитостатическое поле в веществе</b><br>Основные уравнения магнитостатического поля в магнетике. Энергия магнитного поля постоянных токов                                                      | 1         | 1         |
| <b>Тема 26. Нестационарное уравнение Шрёдингера</b><br>Волны де Бройля. Нестационарное уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Уравнение неразрывности                                                       | 1         | 1         |
| <b>Тема 27. Стационарное уравнение Шрёдингера</b><br>Стационарное уравнение Шрёдингера. Собственные энергии и собственные волновые функции. Частица в потенциальной яме                                      | 1         | 1         |
| <b>Тема 28. Туннельный эффект</b><br>Потенциальный барьер и туннельный эффект. Вероятность прохождения частицы через потенциальный барьер                                                                    | 1         | 1         |
| <b>Тема 29. Квантовый гармонический осциллятор</b><br>Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни энергии и собственные волновые функции                                                           | 1         | 1         |
| <b>Тема 30. Квантовый момент импульса</b><br>Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах                                                           | 1         | 1         |
| <b>Тема 31. Водородоподобный атом</b><br>Центрально-симметричное поле в квантовой механике. Водородоподобный атом. Его уровни энергии, собственные волновые функции                                          | 1         | 1         |
| <b>Итого в семестре 8</b>                                                                                                                                                                                    | <b>24</b> | <b>24</b> |
| <b>Раздел III. Основы статистической физики и термодинамики (семестр 9)</b>                                                                                                                                  |           |           |
| <b>Тема 32. Макросистемы. Термодинамические параметры</b><br>Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистем. Термодинамические параметры. Равновесные и неравновесные системы | 2         | 2         |
| <b>Тема 33. Фазовое пространство</b><br>Квазиклассическое приближение. Фазовое пространство. Флуктуации                                                                                                      | 2         | 2         |
| <b>Тема 34. Теорема Лиувилля</b><br>Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике                                                                                                                   | 2         | 2         |
| <b>Тема 35. Энтропия</b><br>Статистический вес. Энтропия, её статистический смысл. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация                                                                 | 2         | 2         |
| <b>Тема 36. Распределение Гиббса</b><br>Распределение Гиббса. Температура, её свойства                                                                                                                       | 2         | 2         |
| <b>Тема 37. Первое начало термодинамики</b><br>Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики                                                                                                        | 2         | 2         |
| <b>Тема 38. Второе начало термодинамики</b><br>Второе начало термодинамики и его статистический смысл. Объединённая форма первого и второго начал термодинамики                                              | 2         | 2         |
| <b>Тема 39. Термодинамические потенциалы</b><br>Энтальпия. Свободная энергия макросистемы. Термодинамические потенциалы                                                                                      | 2         | 2         |
| <b>Тема 40. Адиабатический процесс</b>                                                                                                                                                                       | 2         | 2         |

|                                                                                                                                                                                                                           |           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|
| Направление изменения термодинамических потенциалов при необратимых процессах. Давление и его связь со свободной энергией. Адиабатический процесс. Уравнение адиабаты                                                     |           |           |
| <b>Тема 41. Химический потенциал</b><br>Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал, его физический смысл                                                                                 | 1         | 1         |
| <b>Тема 42. Макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ</b><br>Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение средней энергии идеального газа по степеням свободы. Распределение Больцмана | 1         | 1         |
| <b>Тема 43. Распределение Гиббса с переменным числом частиц</b><br>Распределение Гиббса с переменным числом частиц в классическом случае. Статистические сумма и интеграл                                                 | 1         | 1         |
| <b>Тема 44. Квантовая статистика</b><br>Распределение Гиббса с переменным числом частиц в квантовом случае. Статистическая сумма в квантовой статистике. Принцип Паули и его применение в квантовой статистике            | 1         | 1         |
| <b>Тема 45. Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна</b><br>Распределение Ферми – Дирака. Вырожденный электронный газ. Распределение Бозе – Эйнштейна                                                              | 1         | 1         |
| <b>Тема 46. Чёрное излучение</b><br>Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея – Джинса. Термодинамические величины чёрного излучения                                                                                | 1         | 1         |
| <b>Итого в семестре 9</b>                                                                                                                                                                                                 | <b>24</b> | <b>24</b> |
| <b>Итого</b>                                                                                                                                                                                                              | <b>68</b> | <b>68</b> |

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Очная форма обучения

| Темы для самостоятельного изучения | Изучаемые вопросы                                                                                | Количество часов | Формы самостоятельной работы                                      | Методические обеспечения                   | Формы отчетности          |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| <b>Семестр 7</b>                   |                                                                                                  |                  |                                                                   |                                            |                           |
| Кинематика точки                   | Уравнения движения, траектория, скорость, ускорение точки. Годографы скорости и ускорения точки  | 4                | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Кинематика твёрдого тела           | Основные движения тела. Вращение вокруг точки. Углы Эйлера. Угловая скорость и угловое ускорение | 4                | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Кинематика                         | Законы сложения                                                                                  | 4                | Работа с лите-                                                    | Рекоменду-                                 | Кон-                      |

|                                |                                                                                                                                         |   |                                                                   |                                            |                           |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| сложного движения точки и тела | ния скоростей и ускорений. Законы сложения угловых скоростей и угловых ускорений                                                        |   | ратурой, сетью Интернет, консультации, решение задач              | емая литература. Ресурсы Интернет          | спект, решённые задачи    |
| Законы Ньютона                 | Принцип относительности Галилея. Аксиомы кинетики. Законы Ньютона. Силы инерции                                                         | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Основные теоремы динамики      | Уравнения изменения и законы сохранения импульса, энергии и момента импульса                                                            | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Центрально-симметричное поле   | Движение в центрально-симметричном поле. Законы Кеплера. Задача двух тел                                                                | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Уравнение Лагранжа I-го рода   | Системы со связями, голономные связи. Виртуальные перемещения, принцип Даламбера. Уравнение Лагранжа I-го рода (с множителями Лагранжа) | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Уравнение Лагранжа II-го рода  | Обобщённые координаты и скорости. Уравнение Лагранжа II-го рода (в обобщённых координатах). Обобщённые сила, импульс, энергия           | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Уравнения Гамильтона           | Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона (канонические уравнения). Первые интегралы канонических уравнений                              | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |

|                                       |                                                                                                             |   |                                                                   |                                            |                           |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Линейные колебания                    | Собственные линейные колебания под действием различных сил. Вынужденные колебания. Резонанс                 | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Динамика твёрдого тела                | Движение тела с одной закреплённой точкой. Тензор инерции. Динамические уравнения Эйлера. Гироскоп          | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Вариационные принципы в механике      | Действие механической системы. Принцип наименьшего действия. Уравнение Эйлера – Лагранжа                    | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Динамика в неинерциальных координатах | Динамические уравнения движения в криволинейных координатах                                                 | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Метод Гамильтона – Якоби              | Действие Гамильтона – Якоби. Уравнение Гамильтона – Якоби. Адиабатические инварианты                        | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| <b>Семестр 8</b>                      |                                                                                                             |   |                                                                   |                                            |                           |
| Заряды и токи                         | Закон сохранения электрического заряда. Ток проводимости и ток смещения. Закон Ома и закон Джоуля – Ленца   | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Уравнения Максвелла                   | Уравнения Максвелла в дифференциальной форме для вещества и вакуума. Интегральная форма уравнений Максвелла | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |

|                                          |                                                                                                                |   |                                                                   |                                            |                           |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Энергия и импульс электромагнитного поля | Законы сохранения энергии и импульса электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга. Тензор натяжений Максвелла      | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Потенциалы электромагнитного поля        | Скалярный и векторный потенциалы. Уравнения поля в потенциалах. Калибровка потенциалов, условие Лоренца        | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Уравнения Даламбера. Волновое уравнение  | Уравнения Даламбера и волновое уравнение. Общее решение уравнений поля в потенциалах. Запаздывающие потенциалы | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Электростатическое поле в вакууме        | Уравнение для скалярного потенциала электростатического поля в вакууме. Поле точечного заряда. Поле диполя     | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Электростатическое поле в веществе       | Основные уравнения электростатического поля в диэлектрике. Проводники в электростатическом поле                | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Энергия электростатического поля         | Энергия электрического поля в вакууме и в диэлектрике. Энергия заряженных проводников и взаимодействия зарядов | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Магнитостатическое поле в                | Уравнения для векторного по-                                                                                   | 2 | Работа с литературой, се-                                         | Рекомендуемая лите-                        | Конспект,                 |

|                                     |                                                                                                                    |   |                                                                   |                                            |                           |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| вакууме                             | тенциала магнитостатического поля в вакууме. Магнитное поле в дипольном приближении                                |   | тью Интернет, консультации, решение задач                         | ратура. Ресурсы Интернет                   | решённые задачи           |
| Магнитное поле постоянного тока     | Постоянный электрический ток и его магнитное поле                                                                  | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Магнитостатическое поле в веществе  | Основные уравнения магнитостатического поля в магнетике. Энергия магнитного поля постоянных токов                  | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Нестационарное уравнение Шрёдингера | Волны де Бройля. Нестационарное уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Уравнение неразрывности                    | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Стационарное уравнение Шрёдингера   | Стационарное уравнение Шрёдингера. Собственные энергии и собственные волновые функции. Частица в потенциальной яме | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Туннельный эффект                   | Потенциальный барьер и туннельный эффект. Вероятность прохождения частицы через потенциальный барьер               | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Квантовый гармонический осциллятор  | Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни энергии и собственные волновые функции                       | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |

|                                           |                                                                                                                                                 |   |                                                                   |                                            |                           |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| Квантовый момент импульса                 | Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах                                           | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Водородоподобный атом                     | Центрально-симметричное поле в квантовой механике. Водородоподобный атом. Его уровни энергии, собственные волновые функции                      | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| <b>Семестр 9</b>                          |                                                                                                                                                 |   |                                                                   |                                            |                           |
| Макросистемы. Термодинамические параметры | Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистем. Термодинамические параметры. Равновесные и неравновесные системы | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Фазовое пространство                      | Квазиклассическое приближение. Фазовое пространство. Флуктуации                                                                                 | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Теорема Лиувилля                          | Теорема Лиувилля. Роль энергии в статистической физике                                                                                          | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Энтропия                                  | Статистический вес. Энтропия, её статистический смысл. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация                                | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Распределение Гиббса                      | Распределение Гиббса. Температура, её свойства                                                                                                  | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации,               | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые за-    |

|                                             |                                                                                                                                                                       |   |                                                                   |                                            |                           |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
|                                             |                                                                                                                                                                       |   | решение задач                                                     | тернет                                     | дачи                      |
| Первое начало термодинамики                 | Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики                                                                                                                | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Второе начало термодинамики                 | Второе начало термодинамики и его статистический смысл. Объединённая форма первого и второго начал термодинамики                                                      | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Термодинамические потенциалы                | Энтальпия. Свободная энергия макросистемы. Термодинамические потенциалы                                                                                               | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Адиабатический процесс                      | Направление изменения термодинамических потенциалов при необратимых процессах. Давление и его связь со свободной энергией. Адиабатический процесс. Уравнение адиабаты | 4 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Химический потенциал                        | Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Химический потенциал, его физический смысл                                                                     | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ | Условия равновесия макросистемы во внешнем поле. Идеальный газ. Распределение средней энергии идеального газа по степеням свободы. Распределение Больцмана            | 2 | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Распределение Гиббса с пере-                | Распределение Гиббса с пере-                                                                                                                                          | 2 | Работа с литературой, се-                                         | Рекомендуемая лите-                        | Конспект,                 |

|                                                 |                                                                                                                                                                        |            |                                                                   |                                            |                           |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------|
| менным числом частиц                            | менным числом частиц в классическом случае. Статистические сумма и интеграл                                                                                            |            | тью Интернет, консультации, решение задач                         | ратура. Ресурсы Интернет                   | решённые задачи           |
| Квантовая статистика                            | Распределение Гиббса с переменным числом частиц в квантовом случае. Статистическая сумма в квантовой статистике. Принцип Паули и его применение в квантовой статистике | 2          | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Распределения Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна | Распределение Ферми – Дирака. Вырожденный электронный газ. Распределение Бозе – Эйнштейна                                                                              | 2          | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| Чёрное излучение                                | Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея – Джинса. Термодинамические величины чёрного излучения                                                                 | 2          | Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач | Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет | Конспект, решённые задачи |
| <b>Итого</b>                                    |                                                                                                                                                                        | <b>152</b> |                                                                   |                                            |                           |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

| Код и наименование компетенции                                                                                                                       | Этапы формирования                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ПК-1. Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач. | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. |

### 5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Оцени-<br>вае- | Уро-<br>вень<br>сфор- | Этап фор-<br>мирования | Описание показателей | Критерии<br>оценивания | Шкала<br>оценива-<br>ния |
|----------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|
|----------------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------|--------------------------|

| мые<br>ком-<br>петен-<br>ции | миро-<br>ванно-<br>сти |                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                               |                                                                                                                                                            |
|------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1                         | Поро-<br>говый         | <p>1. Работа на учебных за-<br/>нятиях.</p> <p>2. Самостоя-<br/>тельная ра-<br/>бота.</p> | <p><b>Знает:</b> основные понятия и законы теоретической физи-<br/>ки для формирования спо-<br/>собности осваивать и ис-<br/>пользовать теоретические<br/>знания и практические уме-<br/>ния и навыки в предметной<br/>области при решении про-<br/>фессиональных задач.</p> <p><b>Умеет:</b> применять принципы<br/>и методы теоретической фи-<br/>зики для формирования спо-<br/>собности осваивать и ис-<br/>пользовать теоретические<br/>знания и практические уме-<br/>ния и навыки в предметной<br/>области при решении про-<br/>фессиональных задач.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | домашнее<br>задание, ре-<br>ферат, кон-<br>трольные<br>работы | Шкала<br>оценива-<br>ния<br>домашне-<br>го зада-<br>ния,<br>Шкала<br>оценива-<br>ния рефе-<br>рата,<br>Шкала<br>оценива-<br>ния кон-<br>трольной<br>работы |
|                              | Про-<br>двину-<br>тый  | <p>1. Работа на учебных за-<br/>нятиях.</p> <p>2. Самостоя-<br/>тельная ра-<br/>бота.</p> | <p><b>Знает:</b> основные понятия и законы теоретической физи-<br/>ки для формирования спо-<br/>собности осваивать и ис-<br/>пользовать теоретические<br/>знания и практические уме-<br/>ния и навыки в предметной<br/>области при решении про-<br/>фессиональных задач.</p> <p><b>Умеет:</b> применять принципы<br/>и методы теоретической фи-<br/>зики для формирования спо-<br/>собности осваивать и ис-<br/>пользовать теоретические<br/>знания и практические уме-<br/>ния и навыки в предметной<br/>области при решении про-<br/>фессиональных задач.</p> <p><b>Владет:</b> представлением о<br/>применении принципов и<br/>методов теоретической фи-<br/>зики для формирования спо-<br/>собности осваивать и ис-<br/>пользовать теоретические<br/>знания и практические уме-<br/>ния и навыки в предметной<br/>области при решении про-<br/>фессиональных задач.</p> | домашнее<br>задание, ре-<br>ферат, кон-<br>трольные<br>работы | Шкала<br>оценива-<br>ния<br>домашне-<br>го зада-<br>ния,<br>Шкала<br>оценива-<br>ния рефе-<br>рата,<br>Шкала<br>оценива-<br>ния кон-<br>трольной<br>работы |

### Шкала и критерии оценивания домашнего задания

| Критерии оценивания                                   | Баллы |
|-------------------------------------------------------|-------|
| Если студент выполнил 71-90% от всех домашних заданий | 8-10  |
| Если студент выполнил 51-70% от всех домашних заданий | 5-7   |
| Если студент выполнил 31-50% от всех домашних заданий | 2-4   |
| Если студент выполнил 0-30% от всех домашних заданий  | 0-1   |

### Шкала и критерии оценивания контрольной работы

| Критерии оценивания                          | Баллы |
|----------------------------------------------|-------|
| Если студент выполнил 71-90% от всех заданий | 8-10  |
| Если студент выполнил 51-70% от всех заданий | 5-7   |
| Если студент выполнил 31-50% от всех заданий | 2-4   |
| Если студент выполнил 0-30% от всех заданий  | 0-1   |

### Шкала и критерии оценивания реферата

| Критерии оценивания                            | Баллы |
|------------------------------------------------|-------|
| Если студент отразил в реферате 71-90% от темы | 8-10  |
| Если студент отразил в реферате 51-70% от темы | 5-7   |
| Если студент отразил в реферате 31-50% от темы | 2-4   |
| Если студент отразил в реферате 0-30% от темы  | 0-1   |

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Примеры домашних заданий

##### Семестр 7

1. Материальная точка движется по параболе  $y = kx^2$  так, что её ускорение параллельно оси  $y$ , а его модуль постоянен и равен  $w$ . Определить нормальную и тангенциальную составляющие ускорения точки как функции времени.
2. Материальная точка движется в плоскости. Её тангенциальные и нормальные ускорения равны постоянным величинам  $a$  и  $b$ . Найти закон движения и уравнение траектории точки в декартовых координатах; начальные условия считать известными. Показать, что траектория имеет вид спирали. Найти уравнение спирали в полярных координатах с центром в предельной точке закручивания спирали.
3. Движение материальной точки в плоскости задано в полярных координатах:  $\rho = \rho(t)$  и  $\varphi = \varphi(t)$ . Показать, что в случае постоянства секторной скорости  $\sigma = \rho^2/2 \cdot d\varphi/dt$  вектор ускорения точки коллинеарен (параллелен) её радиус-вектору, а его величина  $w$  определяется формулой Бине:

$$w = w_\rho = -\frac{4\sigma^2}{\rho^2} \left[ \frac{1}{\rho} + \frac{d^2}{d\varphi^2} \left( \frac{1}{\rho} \right) \right].$$

4. Материальная точка движется по окружности радиуса  $R$  так, что ускорение точки образует с её скоростью постоянный угол  $\alpha$  ( $\alpha \neq \pi/2$ ). Найти закон движения точки. За какое время скорость точки увеличится в  $n$  раз, если в начальный момент  $t = 0$  она равнялась  $v_0$ ?
5. Материальная точка движется в плоскости  $xOy$ . Известна зависимость радиуса кривизны от величины пройденного пути  $R(s)$ . Найти траекторию точки, выбрав в качестве независимого параметра величину пройденного пути  $s$ .
6. Моторная лодка массы  $m$ ,двигающаяся с постоянной силой тяги  $F_0$ , перпендикулярной берегу, пересекает реку шириной  $2L$ . Скорость течения реки равна нулю у берегов и линейно возрастает к середине реки, принимая максимальное значение  $u_{max}$  на её се-

- редине ( $y = L$ ). Определить траекторию лодки, считая, что её начальная скорость в момент запуска двигателя была равна нулю (ось  $O_x$  направить вдоль реки; ускорение лодки поперёк реки задаётся выражением  $w_y = F_0/m = a$ , а скорость вдоль реки  $-v_x = u(y)$ ).
- Над поверхностью Земли действует однородное магнитное поле, вектор напряжённости  $\mathbf{H}$  которого горизонтален. Частица с зарядом  $e$  и массой  $m$  начинает движение на высоте  $h$  от Земли со скоростью  $\mathbf{v}_0$ , направленной вертикально вниз. При каком значении высоты  $h$  частица не сможет достичь поверхности Земли? (ускорение свободного падения считается известным и равно  $g$ )
  - Электрон движется в неоднородном магнитном поле с напряжённостью  $\mathbf{H} = H_0 \Phi(y/a) \mathbf{e}_z$ . Найти закон движения и траекторию электрона при следующих начальных условиях:  $\mathbf{r}(0) = 0$ ,  $v_0 = v_0 \mathbf{e}_y$ .
  - Частица с массой  $m$ , двигающаяся со скоростью  $\mathbf{v}_1$ , переходит из полупространства, в котором её потенциальная энергия постоянна и равна  $U_1$ , в полупространство с постоянной энергией  $U_2$ . Определить изменение величины и направления скорости частицы (угол  $\theta_1$  между нормалью к плоскости раздела полупространств и направлением скорости  $\mathbf{v}_1$ , считается заданным).
  - Известно, что тангенциальная и нормальная компоненты силы, действующие на материальную точку массы  $m$ , зависят от угла  $\varphi$ , образованного касательной, проведённой к некоторой точке траектории, и направлением оси  $Ox$ . Определить закон движения материальной точки при следующих начальных условиях:  $t = 0$ ,  $v = v_0$ ,  $\varphi = 0$ .
- Указание: выразить радиус кривизны через угловые переменные с помощью соотношения  $1/R = d\varphi/(v dt)$

## Семестр 8

- Показать, что в случае сферически-симметричного распределения зарядов  $\rho(r)$  вектор напряжённости электрического поля направлен по радиусу-вектору:  $\mathbf{E} \parallel \mathbf{r}$ .
- В шаре, равномерно заряженном по объёму с постоянной плотностью  $\rho$ , имеется сферическая полость, центр которой отстоит от центра шара на расстояние  $\mathbf{h}$ . Полость находится целиком внутри шара. Найти напряжённость поля внутри полости.
- На расстоянии  $l$  от центра заземлённой сферы радиуса  $R$  находится точечный заряд  $q$ . Найти поле вне сферы, распределение заряда, индуцированного на её поверхности, и силу притяжения заряда сферой.
- Найти распределение потенциала электрического поля, создаваемого шаром радиуса  $R$ , равномерно заряженным по объёму полным зарядом  $Q$ .
- В сферическом конденсаторе радиусы внутренней и внешней обкладок  $R_1$  и  $R_2$ . Диэлектрическая проницаемость всех непроводников  $\epsilon$ . Заряд внутренней сферы  $q$ , наружная – заземлена. Найти напряжённость и потенциал электрического поля во всех точках пространства. Определить ёмкость конденсатора.
- Волновая функция задаётся на всей вещественной оси выражением

$$\Psi(x) = Ax \exp \left[ -\frac{x^2}{2x_0^2} \right],$$

где  $x_0$  – константа с размерностью длины. Вычислить нормировочную константу  $A$ .

- Доказать тождества:

$$[\hat{F}, \hat{G}] = -[\hat{G}, \hat{F}]; \quad \{\hat{F}, \hat{G}\} = \{\hat{G}, \hat{F}\}.$$

- Раскрыть скобки:

$$\left( \frac{x}{x_0} - \frac{\hat{p}_x}{p_0} \right) \left( \frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0} \right); \quad \left( \frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0} \right)^2; \quad \left( \frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0} \right)^3.$$

- Доказать, что произвольный оператор можно однозначно представить в виде суммы эрмитова и антиэрмитова операторов.
- Среди величин  $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{p}$ ,  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{L}^2$  найти пары совместно измеримых. Для совместно измеримых записать соотношения неопределённостей.

## Семестр 9

1. Две одинаковые частицы совершают одномерное движение в «ящике» длиной  $L$ , испытывая абсолютно упругие соударения друг с другом и со стенками. Пусть в начальный момент времени частицы расположены у противоположных стенок, а скорости их  $v_1$  и  $v_2$  направлены навстречу друг другу. Нарисовать фазовую траекторию одной из частиц для нескольких значений отношения  $v_1/v_2$  (1;2;3;...).
2. Для частицы с массой  $m$ , двигающейся в кубе с ребром  $L$ , испытывая упругие соударения на стенках, найти число квантово-механических состояний с энергиями, меньшими  $E$ , и сравнить его с соответствующим объёмом фазового пространства. Показать, что последний является адиабатическим инвариантом, т.е. не меняется при медленном расширении или сжатии куба.
3. Какова вероятность того, что при случайном измерении положения частицы, совершающей гармонические колебания по закону  $x = x_0 \cdot \cos(\omega t)$ , положение частицы окажется в интервале  $(x, x + dx)$ ? Вычислить  $\langle x^2 \rangle$ .
4. В каждом из  $N_0$  узлов решётки может находиться либо 0, либо 1 атом. Пусть  $N$  атомов случайно распределены по узлам. Найти число расположений  $g(N_0, N)$  атомов по узлам, вероятность  $p(R, n)$  того, что в  $R$  узлах решётки адсорбировано  $n$  атомов, среднее значение  $\langle n \rangle$  и среднее значение  $\langle (\Delta n)^2 \rangle$ , где  $\Delta n = n - \langle n \rangle$ . Убедиться, что при  $n$  малых  $p(R, n)$  переходит в распределение Пуассона.
5. Частица, находящаяся в исходный момент в начале координат, делает в следующий момент скачок на единицу либо вправо, либо влево с одинаковой вероятностью. Определить вероятность  $p_n(l)$  того, что через  $n$  шагов частица окажется в точке  $l$  одномерной решётки. Рассмотреть предельный случай больших  $n$ . Полагая средний интервал времени между скачками равным  $t_0$ , переписать результат в виде вероятности попадания частицы в точку  $x$  через время  $t = nt_0$ . Обобщить результаты на случай блуждания по двумерной квадратной и трёхмерной кубической решёткам.
6. Два одинаковых шара с массами  $m$  и постоянной удельной теплоёмкостью  $C$  имеют температуры  $\tau_1$  и  $\tau_2$ . Найти изменение энтропии шаров после установления теплового равновесия в результате контакта.
7. Найти максимальную работу, которую можно получить при расширении одноатомного идеального газа при постоянной теплоёмкости  $C$ .
8. Вычислить разность теплоёмкостей  $C_E - C_D$  для изотропного диэлектрика ( $E$  – напряжённость электрического поля,  $D$  – электрическая индукция). Уравнение состояния диэлектрика  $D = \epsilon(\tau)E$ ,  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость.
9. Пусть парамагнетик – система  $N$  спинов ( $S = 1/2$ ) в кристаллической матрице – намагничивается при температуре  $\tau_0$  практически до полного насыщения. Как изменится температура системы в результате квазистатического адиабатического размагничивания до  $B = 0$ ? Теплоёмкость решётки  $C_V = A\tau^3$ ,  $A$  – константа, объём системы не меняется в процессах намагничивания-размагничивания.
10. Скорость звука в газе или жидкости определяется как  $u^2 = (\partial p / \partial \rho)_\sigma$ , где  $\rho$  – плотность вещества. Выразить скорость звука через изотермический модуль сжатия  $K_T = \rho(\partial p / \partial \rho)_\tau$ . Вычислить скорость звука в идеальном газе и газе Ван-дер-Ваальса.

## Примеры вариантов контрольных работ

### Семестр 7

#### Вариант 1

1. Уравнения движения точки имеют вид  $x = 7\cos(\pi t/4)$ ,  $y = 5\sin(\pi t/4)$  (в единицах СИ). Написать уравнение траектории точки.
2. Угол  $\varphi$  поворота тела вокруг оси изменяется по закону  $\varphi = 3t^2 + 2t + \pi$  (в единицах СИ). Чему равна угловая скорость тела в момент  $t_1 = 4$  с?

3. Точечное тело брошено под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 20 м/с. Найти радиус кривизны траектории тела в момент бросания, если ускорение свободного падения равно  $9.81 \text{ м/с}^2$ .
4. Материальная точка движется по оси ОХ по закону  $x = t^2 + 5t + 4$  (в единицах СИ). Чему равно ускорение точки?
5. Закон движения точки задан в виде  $\mathbf{r}(t) = 3\cos(2t)\mathbf{i} + 3\sin(2t)\mathbf{j} + 5t\mathbf{k}$  (в единицах СИ). Найти нормальное ускорение точки.

### Вариант 2

1. Точка движется по кривой  $y = x^2 / 2$  (в единицах СИ) в положительном направлении с постоянной скоростью 2 м/с. Найти проекцию скорости точки  $v_y$  в момент, когда  $x = 4/3 \text{ м}$ .
2. На полу лежит однородный цилиндр. Пол стали двигать горизонтально с ускорением  $6 \text{ см/с}^2$  перпендикулярно оси цилиндра, и цилиндр покати́лся без скольжения. С каким ускорением относительно неподвижной системы отсчёта будет двигаться ось цилиндра? Сопротивлением воздуха и трением качения пренебречь.
3. На гвозде висит обруч диаметром 80 см. Его отклонили на угол  $90^\circ$  и отпустили. Найти угловую скорость обруча в момент прохождения им положения равновесия. Ускорение свободного падения равно  $9.81 \text{ м/с}^2$ .
4. Стержень массой 1.4 кг подвешен за один конец на горизонтальную ось, и может свободно вращаться вокруг этой оси. В другой, нижний конец стержня попадает шарик массой 200 г, летящий со скоростью 5 м/с перпендикулярно оси и стержню, и прилипает к стержню. Найти скорость шарика сразу после прилипания.
5. Однородный диск, вращающийся вокруг своей оси, медленно кладут на горизонтальную шероховатую поверхность так, что его ось параллельна поверхности. В результате упругого удара о поверхность диск отскочил под некоторым углом к вертикали, уже не вращаясь. Найти этот угол отскока.

## Семестр 8

### Вариант 1

1. Скалярный потенциал электрического поля имеет вид  $\varphi(\mathbf{r}) = (\mathbf{a}\mathbf{r})\cos(\mathbf{b}\mathbf{r})$ , где  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$  – постоянные векторы. Найти напряжённость электрического поля.
2. Заряд распределён внутри шара радиусом  $R$  сферически симметрично с объёмной плотностью  $\rho(r) = \rho_0 (1 - r^2/R^2)$ , где  $r$  – расстояние от центра шара. Найти в вакууме напряжённость электрического поля.
3. Векторный потенциал магнитного поля имеет вид  $\mathbf{A}(\mathbf{r}) = \mathbf{a}(\mathbf{b}\mathbf{r})^2$ , где  $\mathbf{a}$  и  $\mathbf{b}$  – постоянные векторы. Найти вектор магнитной индукции.
4. Ток течёт вдоль оси бесконечного цилиндра радиусом  $R$  и распределён внутри цилиндра с плотностью  $j(r) = j_0 (r/R - r^2/R^2)$ , где  $r$  – расстояние от оси цилиндра. Найти в вакууме индукцию магнитного поля.
5. Составить и решить дифференциальное уравнение для заряда конденсатора ёмкостью  $C$  в контуре с сопротивлением  $R$  при замыкании цепи, если в момент  $t = 0$  заряд конденсатора был равен  $q_0$ .

### Вариант 2

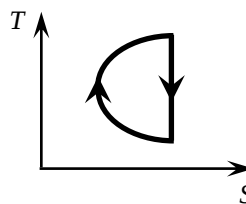
1. Составить и решить уравнение для тока в контуре с индуктивностью  $L$  и сопротивлением  $R$  при замыкании цепи на постоянную ЭДС  $\varepsilon$ , если в момент  $t = 0$  ток в цепи отсутствовал.
2. Сила тока в цепи увеличивается по закону  $I(t) = I_0 \cdot (t / T)^3$  с момента  $t = 0$  до момента  $t = T$ . Найти количество теплоты, выделившееся за это время на сопротивлении  $R$ .

3. Волновая функция частицы, находящейся в одномерном состоянии, в области  $x > 0$  равна  $\psi(x) = A(e^{-\alpha x} - e^{-2\alpha x})$ , а вне этой области  $\psi(x) \equiv 0$ . Найти постоянную  $A > 0$  и вероятность нахождения частицы на отрезке  $[1/\alpha, 2/\alpha]$ .
4. Волновая функция одномерного стационарного состояния частицы массой  $m$  в области  $x > 0$  равна  $\psi(x) = Ax^2 \exp(-\alpha x)$ , а вне этой области  $\psi(x) \equiv 0$ . Найти в области  $x > 0$  потенциальную энергию  $U(x)$  и энергию  $E$  этого состояния частицы, если  $U(+\infty) = 0$ .
5. Частица находится в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме в состоянии с волновой функцией  $\psi(x) = A(-4u_7(x) - iu_8(x) + 2u_{11}(x))$ , и может находиться в состоянии с волновой функцией  $\phi(x) = B(6u_8(x) + 7iu_{11}(x))$ . Здесь  $u_n(x)$  – нормированные на 1 собственные волновые функции оператора энергии. Найти постоянные  $A > 0$  и  $B > 0$ , а также вероятность нахождения частицы в состоянии с  $\phi(x)$ .

## Семестр 9

### Вариант 1

1. Удельная (по числу молекул) теплоёмкость идеального газа в некотором процессе зависит от температуры по закону  $c = c_0 + \alpha (T / T_1)^4$ . Известна удельная теплоёмкость газа  $c_v$ . Найти при изменении температуры от  $T_1$  до  $T_2$  удельную работу газа.
2. Удельная теплота парообразования идеального газа зависит от температуры по закону  $q_{12} = q_0 + \beta (T_0 / T)^2$ . Давление насыщенных паров газа при температуре  $T_0$  равно  $p_0$ , а удельный объём жидкости много меньше удельного объёма газа. Найти зависимость давления насыщенных паров идеального газа от температуры.
3. Найти КПД теплового двигателя, цикл которого в переменных  $(S, T)$  изображён на рисунке (кривая – половина эллипса). Минимальная и максимальная температуры в цикле равны  $T_{\min}$  и  $T_{\max}$ .



### Вариант 2

1. Плотность вырождения уровней энергии  $E$  ферми-частиц равна  $g(E) = \alpha (E / \epsilon)^3 V$ , где  $V$  – объём системы частиц. Найти при  $T = 0$  давление системы как функцию химического потенциала  $\mu$ .
2. Энергии каждой различимой частицы термодинамической системы принимают значения  $E_n = (5n - 3)\epsilon$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots, 9$ . Найти удельную (по числу частиц) энтропию системы, если её температура равна  $T$ .
3. Найти величину  $\langle v^7 \rangle^{1/7}$  для идеального газа, если масса его молекулы равна  $m_0$ , а температура равна  $T$ .

## Примерные темы рефератов

### Семестр 7

1. Регулярная прецессия гироскопа.
2. Задача двух тел и её применение в астрофизике.
3. Закон сохранения энергии-импульса в ядерной физике.
4. Момент импульса и Лоренцев момент в релятивистской механике.
5. Уравнение движения неголономных систем.
6. Теория удара.
7. Принцип расчёта ферм в механике.

### Семестр 8

1. Мультипольные излучения.
2. Излучение Вавилова – Черенкова.
3. Телеграфные уравнения для электромагнитных волн в линии передач.
4. Распространение излучения в оптически активных средах.
5. Квазиклассическое приближение в квантовой механике.
6. Уравнение Дирака для электрона.
7. Нестационарная теория возмущений в квантовой механике. Матрица рассеяния.
8. Метод Хартри – Фока расчёта энергий многоэлектронных систем.

### **Семестр 9**

1. Матрица плотности. Уравнение Шрёдингера – Лиувилля.
2. Функция Вигнера в квантовой механике и кинетической теории.
3. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.
4. Цепочка уравнений Боголюбова кинетической теории.
5. Кинетическое уравнение Больцмана.
6. Кинетические явления переноса. Кинетические коэффициенты.

### **Примеры вопросов к экзамену**

### **Семестр 7**

1. Кинематика точки. Уравнения движения, траектория, скорость точки.
2. Ускорение точки и его составляющие. Радиус кривизны траектории.
3. Кинематика твёрдого тела. Вращение вокруг точки. Углы Эйлера.
4. Угловая скорость и угловое ускорение. Их связь с углами Эйлера.
5. Сложное движение точки. Закон сложения скоростей.
6. Сложное движение точки. Закон сложения ускорений.
7. Сложное движение тела. Законы сложения угловых скоростей и угловых ускорений.
8. Динамика точки. Принцип относительности Галилея. Аксиомы кинетики. Законы Ньютона.
9. Динамика точки в неинерциальных системах отсчёта. Силы инерции.
10. Уравнение изменения и закон сохранения импульса. Центр масс и закон его движения.
11. Работа, мощность, энергия.
12. Уравнение изменения и закон сохранения энергии.
13. Момент импульса и момент силы относительно точки. Уравнение моментов.
14. Уравнение изменения и закон сохранения момента импульса.
15. Момент импульса и силы относительно центра масс. Их свойства.
16. Уравнение моментов относительно центра масс. Формула Кёнига.
17. Движение в центрально-симметричном поле. Законы Кеплера. Задача двух тел.
18. Системы со связями, голономные связи. Виртуальные перемещения, принцип Даламбера.
19. Системы со связями. Уравнение Лагранжа I-го рода.
20. Обобщённые координаты и скорости. Уравнение Лагранжа II-го рода. Обобщённые сила, импульс, энергия.
21. Функция Гамильтона. Уравнения Гамильтона. Первые интегралы уравнений Гамильтона.
22. Собственные линейные колебания под действием различных сил.
23. Вынужденные линейные колебания в механике. Резонанс.
24. Динамика твёрдого тела с одной закреплённой точкой. Тензор инерции.
25. Динамика твёрдого тела. Динамические уравнения Эйлера.
26. Динамика твёрдого тела. Гироскоп.
27. Действие механической системы. Принцип наименьшего действия. Уравнение Эйлера

- Лагранжа.
28. Динамические уравнения движения в криволинейных координатах.
29. Действие Гамильтона – Якоби. Уравнение Гамильтона – Якоби.
30. Адиабатические инварианты.

### Семестр 8

1. Заряды и токи. Закон сохранения электрического заряда. Закон Ома и закон Джоуля – Ленца.
2. Уравнения Максвелла в дифференциальной и интегральной формах для вещества и вакуума.
3. Закон сохранения энергии электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга.
4. Закон импульса электромагнитного поля. Тензор натяжений Максвелла.
5. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Уравнения поля в потенциалах. Калибровка потенциалов, условие Лоренца.
6. Уравнения Даламбера и волновое уравнение. Общее решение уравнений поля в потенциалах. Запаздывающие потенциалы.
7. Уравнение для скалярного потенциала электростатического поля в вакууме. Поле точечного заряда.
8. Электрический диполь. Поле диполя.
9. Основные уравнения электростатического поля в диэлектрике. Проводники в электростатическом поле.
10. Энергия электрического поля в вакууме и в диэлектрике. Энергия заряженных проводников и взаимодействия зарядов.
11. Уравнения для векторного потенциала магнитостатического поля в вакууме.
12. Магнитный диполь. Поле диполя.
13. Постоянный электрический ток и его магнитное поле.
14. Основные уравнения магнитостатического поля в магнетике.
15. Энергия магнитного поля постоянных токов.
16. Волны де Бройля. Нестационарное уравнение Шрёдингера.
17. Волновая функция. Уравнение неразрывности.
18. Стационарное уравнение Шрёдингера. Собственные энергии и собственные волновые функции.
19. Частица в потенциальной яме.
20. Потенциальный барьер и туннельный эффект. Вероятность прохождения частицы через потенциальный барьер.
21. Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни энергии и собственные волновые функции.
22. Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах.
23. Центральное-симметричное поле в квантовой механике. Водородоподобный атом. Его уровни энергии, собственные волновые функции.

### Семестр 9

1. Макросистемы. Статистический и термодинамический способы описания макросистем.
2. Термодинамические параметры. Равновесные и неравновесные системы.
3. Фазовое пространство. Квазиклассическое приближение.
4. Нормировка и средние значения в статистической физике. Флуктуации.
5. Теорема Лиувилля.
6. Энтропия, её статистический смысл.
7. Закон возрастания энтропии и его физическая интерпретация.

8. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики.
9. Второе начало термодинамики. Объединённая форма первого и второго начал термодинамики.
10. Энтальпия. Свободная энергия макросистемы.
11. Термодинамические потенциалы.
12. О направлении изменения термодинамических потенциалов при необратимых процессах.
13. Адиабатический процесс. Уравнения адиабаты.
14. Распределение Гиббса.
15. Распределение Максвелла как следствие распределения Гиббса.
16. Условия равновесия макросистемы во внешнем поле.
17. Распределение Больцмана.
18. Химический потенциал, его физический смысл.
19. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (классический случай).
20. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
21. Статистическая сумма и статистический интеграл.
22. Основные положения квантовой статистики.
23. Распределение Гиббса с переменным числом частиц (квантовый случай).
24. Принцип Паули. Его применение в квантовой статистике.
25. Распределение Ферми – Дирака.
26. Распределение Бозе – Эйнштейна.
27. Чёрное излучение. Формула Планка. Формула Рэлея – Джинса.
28. Закон Кирхгофа.

#### **5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и Балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

В зачётно-экзаменационную ведомость и зачётную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на экзамене или зачёте неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

#### **Требования к экзамену**

Для допуска к экзамену нужно выполнить все домашние задания, пройти все опросы, написать все контрольные работы, а также защитить один реферат по выбору студента. На экзамене студент должен ответить на два теоретических вопроса.

#### **Шкала оценивания экзамена.**

| Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                       | Баллы |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Полные и точные ответы на все вопросы. Свободное владение основными терминами и понятиями курса. Последовательное и логичное изложение материала курса. Законченные выводы и обобщения по теме вопросов. Исчерпывающие ответы на вопросы. | 21-30 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Ответы на вопросы содержат от одной до трёх негрубых ошибок. Уверенное владение терминами и понятиями курса. Изложение материала курса почти всегда логично и последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат до трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы в основном исчерпывающие.                 | 15-20 |
| Ответы на вопросы в целом правильные, но содержат более трёх ошибок, в том числе грубых. Владение терминами и понятиями курса неуверенное. Изложение материала часто нелогично и не всегда последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат более трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы неполные. | 8-14  |
| Правильные ответы на менее половины вопросов. Отсутствие владения основными понятиями курса. Материал изложен нелогично, непоследовательно и неправильно. Выводы и обобщения по теме вопросов почти всегда содержат логически незаконченные темы.                                                                                  | 0-7   |

#### **Итоговая шкала выставления оценки по дисциплине.**

Ответ обучающегося на зачёте оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

| <b>Оценка по 5-балльной системе</b> | <b>Оценка по 100-балльной системе</b> |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| Отлично                             | 81 – 100                              |
| Хорошо                              | 61 – 80                               |
| Удовлетворительно                   | 41 – 60                               |
| Неудовлетворительно                 | 0 – 40                                |

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная литература**

1. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Квантовая электродинамика : учебник для вузов . — 4-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 262 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/513140>
2. Савельев, И. В. Основы теоретической физики : учебник для вузов. — 6-е изд.— Санкт-Петербург : Лань, — Том 1 : Механика. Электродинамика — 2022. — 496 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/183764>
3. Савельев, И. В. Основы теоретической физики. В 2 томах. Том 2. Квантовая механика. — 7-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 432 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330521>

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Бурдова, Е. В. Физика. В 3 ч. Ч. 1. Физические основы механики. Молекулярная физика и термодинамика : учебно-методическое пособие / Е. В. Бурдова, Н. А. Кузина, Э. И. Галеева. - Казань : КНИТУ, 2020. - 80 с. - Текст : электронный. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788228709.html>
2. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Общая теория относительности : учебник для вузов. — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — 190 с. — Текст : электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/513813>
3. Гестрин, С. Г. Сборник задач по теоретической физике : учебное пособие / С. Г. Гестрин, Е. В. Старавойтова. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2019. — 208 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99256.html>
4. Шушлебин, И. М. Избранные главы теоретической физики: статистическая физика : учебное пособие / И. М. Шушлебин, Л. И. Янченко. — Воронеж : Воронежский госу-

дарственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. — 90 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/93257.html>

5. Эпендиев, М. Б. Теоретические основы физики. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 500 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/97375.html>

### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Поисковый сервер <http://www.yandex.ru> и другие поисковые серверы.

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

## **8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Лицензионное программное обеспечение:**

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

### **Информационные справочные системы:**

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

[fgosvo.ru](http://fgosvo.ru) – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования

[pravo.gov.ru](http://pravo.gov.ru) - Официальный интернет-портал правовой информации

[www.edu.ru](http://www.edu.ru) – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

7-zip

Google Chrome

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;

- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.