

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ

к.ф-м.н. Корель И. И.

“ ” \_\_\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
**Теоретическая физика**

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные технологии

Курс: 3 4, семестры : 5 6 7 8

Физико-технический факультет,

|    |                                                                                                      | Семестр    |            |            |            |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 5          | 6          | 7          | 8          |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 6          | 3          | 7          | 4          |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 216        | 108        | 252        | 144        |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 99         | 81         | 119        | 94         |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 54         | 36         | 72         | 48         |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36         | 36         | 36         | 32         |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 0          | 0          | 0          | 0          |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2          | 2          | 2          | 2          |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 7          | 7          | 9          | 12         |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 117        | 27         | 133        | 50         |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | РГЗ контр. | РГЗ контр. | РГЗ контр. | РГЗ контр. |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э          | Э          | Э          | Э          |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №937 от 07.08.2014 г. , дата утверждения: 25.08.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, базовая

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.03.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 3 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.ф-м.н. Жиров О. В.

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей; в части следующих результатов обучения:</b> |
| у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности; в части следующих результатов обучения:</b>                                               |
| у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач                                                                                                                                                                                                                                                     |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                                                                                                                                                  | Формы организации занятий                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <i>Теоретическая физика</i>                                                                                                                                                                                                                      |                                                      |
| <b>ОПК.2.у1 уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов</b>                                                                                                      |                                                      |
| 1. уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели механики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;                              | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ОПК.4.у2 уметь использовать информационные технологии для решения физических задач</b>                                                                                                                                                        |                                                      |
| 2. решать конкретные физические проблемы и задачи с привлечением соответствующего математического аппарата.                                                                                                                                      | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| <b>ОПК.2.у1 уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов</b>                                                                                                      |                                                      |
| 3. уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели электродинамики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;                       | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| 4. уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели квантовой теории, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований;                      | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| 5. уметь использовать в объеме, предусмотренном ГОС, основные понятия, законы и модели термодинамики и статистической физики, а также фундаментальные явления и эффекты в области физики, экспериментальные и теоретические методы исследований; | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа |
| 6. о кристаллической структуре и колебаниях решетки                                                                                                                                                                                              | Самостоятельная работа                               |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций                                                           | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 5</b>                                                     |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Уравнения движения и законы сохранения.</b> |                      |      |                               |                      |

|                                                                                                                                                                                                             |   |   |      |                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Частицы и материальные точки; системы материальных точек. Физический принцип относительности и инерциальные системы отсчета. Относительность Галилея; преобразования Галилея.                            | 0 | 2 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| 2. Законы Ньютона. Потенциальные поля и силы. Уравнения движения. Релятивистские эффекты в механике.                                                                                                        | 0 | 2 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| 3. Интегралы движения. Энергия. Импульс. Центр инерции системы материальных точек. Система центра инерции. Момент импульса и момент силы. Связь законов сохранения со свойствами симметрии системы.         | 0 | 4 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| <b>Дидактическая единица: Одномерное движение. Основы теории колебаний.</b>                                                                                                                                 |   |   |      |                                                                                                                                                                                      |
| 4. Общие свойства одномерного движения. Потенциальные ямы и барьеры. Фinitное и инфинитное движение. Точки поворота. Точки устойчивого и неустойчивого равновесия.                                          | 0 | 6 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| 5. Колебания вблизи точек устойчивого равновесия. Линейный гармонический осциллятор. Амплитуда, частота, фаза. Изохронность линейных колебаний. Фазовая плоскость.                                          | 0 | 4 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| 6. Затухающие линейные колебания. Декремент затухания и логарифмический декремент затухания. Спектр затухающих колебаний.                                                                                   | 0 | 4 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |
| 7. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонанс при наличии трения. Дисперсионная кривая. Параметрический резонанс.                                                                                            | 0 | 4 | 1, 2 | 1.Линейные колебания систем со многими степенями свободы. Нормальные координаты и собственные частоты.<br>2.Нелинейные колебания; их неизохронность. Резонанс в нелинейных системах. |
| <b>Дидактическая единица: Задача двух тел.</b>                                                                                                                                                              |   |   |      |                                                                                                                                                                                      |
| 8. Задача Кеплера: ньютоновский и кулоновский потенциалы. Замкнутость орбиты финитного движения; зависимость формы ее орбиты от энергии. Законы Кеплера. Влияние релятивистских поправок, прецессия орбиты. | 0 | 4 | 1, 2 |                                                                                                                                                                                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |      |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 9. Закон сохранения импульса и выделение движения центра масс. Относительное движение, приведенная масса. Закон сохранения момента импульса и сведение к задаче о движении в центрально-симметричном поле. Центробежная энергия, эффективный потенциал. Секториальная скорость. | 0 | 4 | 1, 2 |  |
| 10. Траектории инфинитного движения. Рассеяние частиц. Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Кулоновское рассеяние тождественных частиц.                                                                                                                           | 0 | 4 | 1, 2 |  |
| <b>Дидактическая единица: Движение твердого тела.</b>                                                                                                                                                                                                                           |   |   |      |  |
| 11. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Уравнения движения твердого тела. Эйлеровы углы. Уравнения Эйлера.                                                                                                                                         | 0 | 4 | 1, 2 |  |
| 12. Движение в неинерциальной системе отсчета. Центробежная и кориолисова силы.                                                                                                                                                                                                 | 0 | 2 | 1, 2 |  |
| <b>Дидактическая единица: Лагранжев и гамильтонов формализмы.</b>                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |  |
| 13. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия; уравнения Лагранжа. Механика частиц со связями.                                                                                                                                           | 0 | 4 | 1, 2 |  |
| 14. Канонический импульс и функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Канонические преобразования, их производящие функции. Теорема Лиувилля.                                                                                                      | 0 | 4 | 1, 2 |  |
| 15. Движение как каноническое преобразование. Функция действия, ее связь с импульсами частиц и функцией Гамильтона. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби. Переменные действие-угол и адиабатические инварианты.                       | 0 | 2 | 1, 2 |  |
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |  |
| <b>Дидактическая единица: Уравнения Максвелла в вакууме.</b>                                                                                                                                                                                                                    |   |   |      |  |
| 80. Введение. Закон Кулона, закон Ампера. Плотность заряда, плотность тока, уравнение непрерывности. Системы единиц (СИ, CGSE).                                                                                                                                                 | 0 | 1 | 2, 3 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 81. Электростатика. Поле точечного заряда, принцип суперпозиции, силовые линии. Закон Гаусса. Работа в электростатическом поле, независимость работы от пути, теорема Стокса. Поле и потенциал произвольной системы зарядов, уравнение Пуассона.                                                                      | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 82. Магнитостатика. Магнитная индукция, принцип суперпозиции, магнитные силовые линии, циркуляция магнитного поля и его непотенциальность, отсутствие магнитных зарядов. Векторный потенциал, калибровочная свобода, уравнение Пуассона.                                                                              | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 83. Закон Фарадея электромагнитной индукции. Ток смещения. Полная система уравнений Максвелла (дифференциальная и интегральная форма). Скалярный и векторный потенциалы, их связь с полями. Градиентная (калибровочная) инвариантность, условие Лоренца, уравнение Даламбера. Другие калибровки.                      | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Специальная теория относительности.</b>                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |      |  |
| 84. Эйнштейновский принцип относительности, скорость света, парадокс близнецов, собственное время, преобразование длины. Псевдоевклидова геометрия, пространство-время Минковского, времениподобный и пространственноподобный интервал, собственное время. Повороты в плоскостях $x_0, x_1$ . Преобразования Лоренца. | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 85. Четырех-векторы. 4-вектор координаты, 4-скорость. Преобразование Лоренца для 4-векторов, контравариантные и ковариантные вектора, метрический тензор. Примеры 4-векторов, 4-градиент, 4-вектор энергии-импульса.                                                                                                  | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Релятивистская ковариантность уравнений Максвелла.</b>                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |      |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 86. 4-векторы тока, потенциала. Ковариантная запись уравнения непрерывности и уравнения Даламбера, условия Лоренца и калибровочной свободы. Тензор электромагнитного поля, ковариантная запись уравнений Максвелла. Преобразования Лоренца для потенциалов и полей, инварианты поля.                                                                                                               | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 87. Релятивистская частица в электромагнитном поле. Действие и функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа частицы в электромагнитном поле, канонический импульс, гамильтониан. Уравнение движения, сила Лоренца.                                                                                                                                                                         | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Статические поля.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |      |  |
| 88. Статические системы зарядов и токов, мультипольное разложение потенциалов и полей на больших расстояниях.                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 89. Статическая система зарядов. Полный заряд, дипольный момент, квадрупольный момент. Поле диполя. Поле системы токов. Магнитный диполь, его вектор-потенциал и поле. Гиромагнитное отношение.                                                                                                                                                                                                    | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Энергия электромагнитного поля.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |      |  |
| 90. Плотность энергии, вектор Пойтинга. Электростатическая энергия системы зарядов, энергия взаимодействия двух подсистем. Классический радиус электрона, границы применимости классической электродинамики. Комптоновский радиус электрона. Пространственный масштаб сильных, слабых и гравитационных взаимодействий. Энергия электрического диполя во внешнем поле. Сила, действующая на диполь. | 0 | 2 | 2, 3 |  |
| 91. Энергия статической системы токов, взаимодействие подсистем. Энергия системы во внешнем поле. Энергия магнитного диполя, силы, действующие на диполь в магнитном поле.                                                                                                                                                                                                                         | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 92. Тензор энергии-импульса поля. Плотность импульса поля.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Электромагнитные волны в вакууме.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                            |   |   |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 93. Волновое уравнение, волновые решения, избыточность решений. Плоские и сферические волны. Монохроматические плоские и сферические волны, поляризация - линейная и эллиптическая.                                                                        | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 94. Волновые пакеты. Одномерный волновой пакет. Фазовая и групповая скорость. Спектральная ширина пакета и его пространственный размер; соотношение неопределенностей.                                                                                     | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 95. Эффект Доплера. Продольный и поперечный эффект Доплера, релятивистский поворот светового луча.                                                                                                                                                         | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Запаздывающие потенциалы и поля.</b>                                                                                                                                                                                             |   |   |      |  |
| 96. Решение волнового уравнения с произвольно заданными источниками, учет запаздывания, запаздывающие потенциалы и поля.                                                                                                                                   | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 97. Поля произвольно движущегося точечного заряда. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Квазистационарная и волновая зоны. Нерелятивистский и ультрарелятивистский пределы.                                                                                         | 0 | 2 | 2, 3 |  |
| 98. Поля в квазистатической зоне, связь с полем равномерно движущегося заряда.                                                                                                                                                                             | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 99. Поля в волновой зоне, интенсивность излучения произвольно движущегося точечного заряда, его угловое распределение.                                                                                                                                     | 0 | 2 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Излучение электромагнитных волн.</b>                                                                                                                                                                                             |   |   |      |  |
| 100. Характер излучения в нерелятивистском и ультрарелятивистском случаях, угловое распределение.                                                                                                                                                          | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 101. Излучение при движении в ускорителях и накопителях. Потери энергии на излучение в линейных ускорителях. Потери энергии в циклических ускорителях. Синхротронное излучение, его угловое распределение и спектр. Длина и время когерентности излучения. | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 102. Тормозное излучение при рассеянии частиц. Излучение в длинноволновой части спектра, спектральная интенсивность и число излученных квантов.                                                                                                            | 0 | 2 | 2, 3 |  |

|                                                                                                                                                                                                           |   |   |      |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 103. Реакция излучения, сила радиационного трения.                                                                                                                                                        | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 104. Излучение гармонического осциллятора. Радиационное затухание и сила радиационного трения, Время жизни возбуждённого состояния и естественная ширина спектральной линии.                              | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Рассеяние электромагнитных волн.</b>                                                                                                                                            |   |   |      |  |
| 105. Дифференциальное сечение. Рассеяние свободным зарядом.                                                                                                                                               | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 106. Рассеяние на осцилляторе. Резонансное рассеяние. Поглощение осциллятором электромагнитных волн. Предельные случаи: томсоновское и рэлеевское рассеяние. Голубой цвет неба.                           | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Электромагнитные поля в веществе.</b>                                                                                                                                           |   |   |      |  |
| 107. Строение вещества, микроскопические поля в веществе и уравнения Максвелла-Лоренца. Усреднение уравнений Максвелла и макроскопические поля.                                                           | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 108. Подвижность зарядов в веществе; проводники и диэлектрики. Свободные и связанные заряды и токи. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации и плотность и плотность связанных зарядов.               | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 109. Поляризационные токи и токи намагничения. Векторы намагничения. Векторы электрической индукции и магнитной напряженности. Тензоры диэлектрической и магнитной восприимчивости; диа- и парамагнетики. | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 110. Условия сшивки полей на границе раздела двух сред.                                                                                                                                                   | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| 111. Потенциалы в среде. Электромагнитные волны, плотность энергии и потока энергии в среде.                                                                                                              | 0 | 1 | 2, 3 |  |
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                         |   |   |      |  |
| <b>Дидактическая единица: Основные понятия квантовой механики</b>                                                                                                                                         |   |   |      |  |
| 16. Микромир. Атомизм и дискретность, принцип тождественности микрочастиц. Атомные спектры. Волновые свойства частиц. Дифракционные опыты.                                                                | 0 | 2 | 4    |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |      |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 17. Волны де-Бройля. Вероятностная интерпертация Борна. Принцип суперпозиции. Свободное движение с заданными энергией и импульсом; плоская волна. Пакет волн. Фазовая и групповая скорости. Расплывание волнового пакета.                                                                                                                                      | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 18. Средние значения координаты и импульса и их неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора.                                                                                                                                                                                                                    | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Волновая функция и статистика измерений</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |      |  |
| 19. Средние значения динамических величин. Координатное и импульсное представления.                                                                                                                                                                                                                                                                            | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 20. Операторы динамических величин (наблюдаемых), их линейность и эрмитовость. Операторная алгебра: сложение и умножение операторов. Операторные функции. Коммутатор операторов.                                                                                                                                                                               | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 21. Дисперсия произвольной динамической величины. Состояния с определенным значением произвольной динамической величины. Собственные функции и собственные значения операторов динамических величин. Квантование. Дискретный и непрерывный спектр. Свойства собственных функций линейных эрмитовских операторов наблюдаемых величин: ортогональность, полнота. | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 22. Общая теория представлений. Матричная картина Гейзенберга. Вектор квантового состояния, бра и кет вектора. Общее представление для операторов. Оператор плотности вероятности.                                                                                                                                                                             | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 23. Измерения в квантовой механике. Одновременная измеримость наблюдаемых величин и общее соотношение неопределённости. Роль прибора в квантовой механике. Чистые и смешанные квантовые состояния. Матрица плотности.                                                                                                                                          | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Квантовая динамика</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 24. Принцип причинности в квантовой механике. Роль оператора Гамильтона. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Сохранение числа частиц, плотность потока вероятности и уравнение непрерывности.                                                                      | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 25. Зависимость средних значений механических величин от времени. Производная оператора по времени. Интегралы движения. Операторные уравнения Гамильтона. Теоремы Эренфеста. Временное и стационарное уравнение Шредингера. Оператор эволюции.                                                        | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Движение в потенциальном поле</b>                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |      |  |
| 26. Общие свойства движения в потенциальном поле, не зависящем от времени. Фinitное и бесконечное движение; дискретный и непрерывный энергетический спектр.                                                                                                                                           | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 27. Одномерное движение. Потенциальные барьеры и ямы. Классические точки поворота. Невырожденность энергетического спектра в одномерном случае. Движение в прямоугольной потенциальной яме. Состояния с определенной четностью.                                                                       | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 28. Одномерный гармонический осциллятор, его энергетический спектр. Эквидистантность спектра, ее связь с изохронностью классических линейных колебаний. Операторы рождения и уничтожения, элементарные возбуждения осциллятора. Узлы волновых функций стационарных состояний и осцилляторная теорема. | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 29. Гармонический осциллятор в представлении чисел заполнения. Операторы рождения и уничтожения, элементарные возбуждения осциллятора. Когерентные состояния и классический предел.                                                                                                                   | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Квазиклассическое приближение</b>                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 30. Пределный переход в уравнении Шредингера к классической механике. Связь с уравнениями Гамильтона-Якоби классической механики. Связь фазы волновой функции с классической функцией действия.                                                               | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 31. Приближение ВКБ для стационарных состояний, квазиклассическая волновая функция, ее вид в областях доступных и недоступных для классического движения. Поведение волновых функций вблизи классических точек поворота и сшивание квазиклассических решений. | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 32. Фinitное квазиклассическое движение. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.                                                                                                                                                                               | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 33. Квазиклассическое движение в непрерывном спектре. Экспоненциально малые эффекты: туннелирование сквозь квазиклассический потенциальный барьер и надбарьерное отражение.                                                                                   | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 34. Квазистационарные состояния, ширина квазистационарного состояния.                                                                                                                                                                                         | 0 | 2 | 2, 3 |  |
| <b>Дидактическая единица: Движение в центральном поле</b>                                                                                                                                                                                                     |   |   |      |  |
| 35. Задача двух тел. Разделение переменных движения системы как целого и относительного движение.                                                                                                                                                             | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 36. Движение в центральном поле. Разделение переменных углового и радиального движений.                                                                                                                                                                       | 0 | 1 | 2, 4 |  |
| 37. Оператор момента количества движения, его свойства и перестановочные соотношения. Состояния с определенными значениями момента. Сферические гармоники. Четность состояний в центральном поле.                                                             | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 38. Радиальное уравнение Шредингера, эквивалентная одномерная задача. Поведение радиальной волновой функции на больших и малых расстояниях.                                                                                                                   | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Теория атомов и молекул</b>                                                                                                                                                                                                         |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                    |   |   |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 39. Квантовые состояния и энергетический спектр движения в кулоновом поле. Атом водорода, одноэлектронные ионы, позитроний. Атомные единицы.                                                                                       | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 40. Решение радиального уравнения. Боровский спектр. Случайное вырождение и четность состояний с заданной энергией; связь с замкнутостью классических кеплеровых орбит. Формула Бальмера. Энергетический спектр щелочных металлов. | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 41. Двухатомные молекулы. Колебательный и вращательный спектры. Взаимодействие молекул на больших расстояниях, силы Ван-дер-Ваальса, простая осцилляторная модель.                                                                 | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Спин, сложение моментов, движение в магнитном поле.</b>                                                                                                                                                  |   |   |      |  |
| 42. Движение частицы в магнитном поле, опыты Штерна-Герлаха, обнаружение спина. Спиновый магнитный момент электрона. Матрицы Паули, спиноры. Уравнение Паули, движение спина в магнитном поле.                                     | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 43. Сложение моментов, волновые функции с определенным полным моментом, вычисление коэффициентов Клебша-Жордана.                                                                                                                   | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Стационарная теория возмущений.</b>                                                                                                                                                                      |   |   |      |  |
| 44. Общая формулировка проблемы: решение квантовой задачи при наличии близкой точно решаемой задачи. Построение общего решения при условии малости возмущения.                                                                     | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 45. Случай невырожденного спектра точно решаемой задачи. Поправка 1-го порядка, 2-й порядок теории возмущений. Теория возмущений при наличии вырождения. Пересечение термов.                                                       | 0 | 2 | 2, 4 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                |   |   |      |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 46. Атом во внешнем электрическом поле, эффект Штарка.                                                                                                                                                                         | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 47. Спин-орбитальное взаимодействие. Постоянная тонкой структуры.                                                                                                                                                              | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 48. Атом в магнитном поле, эффект Зеемана, фактор Ланде. Эффект Пашена-Бака.                                                                                                                                                   | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Тожественные частицы.</b>                                                                                                                                                                            |   |   |      |  |
| 49. Тожественность частиц, бозоны и фермионы, связь спина со статистикой. Принцип Паули для фермионов. Обменное взаимодействие.                                                                                                | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Нестационарная теория возмущений, излучение атомов.</b>                                                                                                                                              |   |   |      |  |
| 112. Разложение нестационарного решения по стационарным решениям невозмущенной задачи. Решение методом теории возмущений. Возмущение, действующее конечное время. Возмущение, не исчезающее в пределе $t \rightarrow \infty$ . | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 113. Переходы под действием периодического возмущения. Золотое правило Ферми.                                                                                                                                                  | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 114. Квантование электромагнитного поля. Дипольное излучение атомов. Правила отбора для дипольных переходов. Спонтанное и индуцированное излучение.                                                                            | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Дидактическая единица: Теория рассеяния.</b>                                                                                                                                                                                |   |   |      |  |
| 115. Рассеяние частицы на внешнем потенциале. Функция Грина задачи рассеяния. Асимптотика волновой функции задачи рассеяния; амплитуда рассеяния. Дифференциальное и полное сечение рассеяния.                                 | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 116. Оптическая теорема.                                                                                                                                                                                                       | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 117. Борновский ряд, первое борновское приближение; условие его справедливости. Кулоновское рассеяние, формула Резерфорда. Атомный формфактор.                                                                                 | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| <b>Семестр: 8</b>                                                                                                                                                                                                              |   |   |      |  |
| <b>Дидактическая единица: Общие принципы описания равновесных систем</b>                                                                                                                                                       |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 50. Статистический подход к описанию сложных систем. Микро- и макросостояния сложных систем, статистический вес макросостояния. Вероятность и энтропия. Гипотеза о равновероятности всех доступных состояний изолированной макросистемы. | 0 | 1 | 5    |  |
| 51. Микроканоническое распределение и микроканонический ансамбль. Статистические средние.                                                                                                                                                | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 52. Условия равновесия систем, находящихся в контакте друг с другом. Теплообмен и абсолютная температура. Диффузионный обмен и химический потенциал. Механический контакт и давление.                                                    | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 53. Принцип возрастания энтропии и статистический смысл 2-го начала термодинамики.                                                                                                                                                       | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 54. Система в резервуаре. Каноническое и большое каноническое распределения. Статистические суммы, свободная энергия и большой термодинамический потенциал.                                                                              | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 55. Средние значения энергии, числа частиц и объема системы, находящейся в равновесии с термостатом. Малость их относительных флуктуаций в макроскопических системах и эквивалентность всех распределений.                               | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 56. Энтропия системы в термостате, основное термодинамическое тождество. Связь между различными термодинамическими потенциалами.                                                                                                         | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| <b>Дидактическая единица: Приближение идеального газа</b>                                                                                                                                                                                |   |   |      |  |
| 57. Идеальный газ. Квантовомеханический принцип тождественности частиц идеального газа. Статистики Ферми и Бозе, соответствующие распределения.                                                                                          | 0 | 1 | 2, 5 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |      |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 58. Квантовый и классические режимы, вырожденные газы. Одночастичная статсумма. Поступательные и внутренние степени свободы. Квазиклассический характер поступательного движения. "Квантовый объем" и температура квантового вырождения.                                     | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 59. Идеальный газ в классическом режиме. Функция распределения Больцмана. Уравнение состояния классического идеального газа, его внутренняя энергия. Флуктуации энергии и числа частиц.                                                                                      | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 60. Двухатомный газ; вклады поступательных, колебательных и вращательных степеней свободы. Теорема о равнораспределении тепловой энергии по степеням свободы в классическом режиме.                                                                                          | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 61. "Вымерзание" внутренних степеней свободы. Характеристические температуры вымерзания. Теплоемкость газа, ее зависимость от температуры. Энтропия газа в классическом режиме. Вклад поступательных и внутренних степеней свободы. Формула Сакура-Тетроде. Теорема Нернста. | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 62. Распределение Максвелла по скоростям, его основные свойства. Средняя, среднеквадратичная и наиболее вероятная скорости.                                                                                                                                                  | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 63. Слабо вырожденные идеальные газы, поправки к уравнению состояния. Случай сильного вырождения. Калорическое уравнение состояния.                                                                                                                                          | 0 | 1 | 2, 5 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 64. Вырожденный ферми-газ. Энергия и температура Ферми, сфера Ферми. Уравнение состояния сильно вырожденного ферми-газа, его внутренняя энергия, теплоемкость и энтропия. Электронный газ в металлах и электронная теплоемкость; критерий идеальности.                                                                                          | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 65. Вырожденный бозе-газ: особенности температурного хода химпотенциала и конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура конденсации, надконденсат. Термодинамические свойства выше и ниже температуры конденсации.                                                                                                                                    | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 66. Равновесное тепловое излучение. Фотоны. Равенство нулю химпотенциала и распределение Планка. Предельные случаи малых и больших частот. Термодинамика излучения, закон Стефана-Больцмана.                                                                                                                                                    | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 67. Тепловое движение в кристаллах. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна. Длинноволновое приближение и фононы. Теория теплоемкости Дебая. Температура Дебая.                                                                                                                                                                                   | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| <b>Дидактическая единица: Неидеальные газы</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |   |      |  |
| 68. Взаимодействие частиц в газе. Конфигурационный интеграл. Вириальное разложение и вириальные коэффициенты. Газ Ван-дер-Ваальса.                                                                                                                                                                                                              | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 69. Равновесие фаз. Фазовые диаграммы. Равновесие двух фаз, кривая равновесия, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Критическая точка, непрерывность жидкой и газообразной фаз. Газ Ван-дер-Ваальса, правило Максвелла, закон соответственных состояний. Тройная точка. Фазовые переходы, их классификация. Фазовые переходы второго рода (примеры). | 0 | 2 | 2, 5 |  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                               |   |   |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 70. Газ Ван-дер-Ваальса, правило Максвелла, закон соответственных состояний. Тройная точка.                                                                                                                                                                                   | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 71. Фазовые переходы второго рода, понятие о параметре порядка. Теория Ландау. Поведение вблизи точки фазового перехода, понятие о критических индексах.                                                                                                                      | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| <b>Дидактическая единица: Квантовые жидкости</b>                                                                                                                                                                                                                              |   |   |      |  |
| 72. Бозе-жидкость He4, спектр элементарных возбуждений, фононы и ротоны. Сверхтекучесть. Критерий сверхтекучести. Феноменологическая двухкомпонентная модель свехтекучести Тиссы, микроскопическая оценка плотности нормальной компоненты.                                    | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 73. Ферми-жидкость. Спектр элементарных возбуждений нормальной ферми-жидкости, частицы и дырки.                                                                                                                                                                               | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 74. Электронная жидкость в металлах. Экранированное кулоновское взаимодействие и электрон-фононное взаимодействие Фрелиха. Образование куперовских пар, энергетическая щель. Сверхтекучесть куперовских пар (сверхпроводимость).                                              | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 75. Сверхпроводник во внешнем магнитном поле, явление Мейсснера-Оксенфельда. Различие между идеальными проводниками и сверхпроводниками. Теория Лондонов. Лондоновская глубина проникновения. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона. Квантовый магнетометр SQUID. | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| <b>Дидактическая единица: Неравновесные явления</b>                                                                                                                                                                                                                           |   |   |      |  |

|                                                                                                                                                             |   |   |      |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 76. Представления о неравновесных процессах и методах их описания. Функция распределения, уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. t-приближение.        | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 77. Явления релаксации и переноса. Диффузия, теплопроводность, вязкость. Закон Видемана-Франца. Кинетические коэффициенты. Соотношения взаимности Онсагера. | 0 | 2 | 2, 5 |  |
| 78. Броуновское движение, коэффициент диффузии. Теория Ланжевена и уравнение Ланжевена.                                                                     | 0 | 1 | 2, 5 |  |
| 79. Стохастическая сила, автокорреляционная функция, время расщепления корреляций. Флуктуации тока и формула Найквиста.                                     | 0 | 2 | 2, 5 |  |

Таблица 3.2

| Темы практических занятий                                                         | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 5</b>                                                                 |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Практические занятия. Механика.</b>                     |                      |      |                               |                      |
| 1. Интегрирование уравнений движения                                              | 0                    | 6    | 1, 2                          |                      |
| 2. Линейные колебания                                                             | 0                    | 4    | 1, 2                          |                      |
| 3. Вынужденные колебания                                                          | 0                    | 4    | 1, 2                          |                      |
| 4. Затухающие колебания                                                           | 0                    | 4    | 1                             |                      |
| 5. Нелинейные колебания                                                           | 0                    | 6    | 1                             |                      |
| 6. Движение твердого тела                                                         | 0                    | 6    | 1                             |                      |
| 7. Интегрирование уравнений Гамильтона.                                           | 0                    | 6    | 1                             |                      |
| <b>Семестр: 6</b>                                                                 |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Практические занятия. Классическая электродинамика.</b> |                      |      |                               |                      |
| 8. Уравнения Максвелла в вакууме                                                  | 0                    | 6    | 2, 3                          |                      |
| 9. Теория относительности и релятивистская ковариантность уравнений Максвелла.    | 0                    | 6    | 2, 3                          |                      |
| 10. Релятивистская частица в электромагнитном поле.                               | 0                    | 6    | 2, 3                          |                      |
| 11. Излучение гармонического осциллятора.                                         | 0                    | 6    | 2, 3                          |                      |

|                                                                                        |   |   |      |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---|---|------|--|
| 12. Электромагнитные волны, эффект Доплера.                                            | 0 | 6 | 2, 3 |  |
| 13. Рассеяние электромагнитных волн.                                                   | 0 | 6 | 2, 3 |  |
| <b>Семестр: 7</b>                                                                      |   |   |      |  |
| <b>Дидактическая единица: Практические занятия. Квантовая механика.</b>                |   |   |      |  |
| 14. Общие свойства длин де-Бройля, простые оценки квантовых эффектов.                  | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 15. Соотношение неопределенности, оценка энергии основного состояния квантовых систем. | 0 | 2 | 2, 4 |  |
| 16. Волновой пакет.                                                                    | 0 | 4 | 2, 4 |  |
| 17. Средние значения механических величин.                                             | 0 | 3 | 2, 4 |  |
| 18. Свойства операторов                                                                | 0 | 3 | 2, 4 |  |
| 19. Решение уравнения Шредингера в одномерном случае.                                  | 0 | 6 | 2, 4 |  |
| 20. Гармонический осциллятор, операторы рождения и уничтожения.                        | 0 | 4 | 2, 4 |  |
| 21. Сложение угловых моментов, коэффициенты Клебша-Жордана.                            | 0 | 4 | 2, 4 |  |
| 22. Квазиклассическое приближение.                                                     | 0 | 4 | 2, 4 |  |
| 23. Теория возмущений.                                                                 | 0 | 4 | 2, 4 |  |
| <b>Семестр: 8</b>                                                                      |   |   |      |  |
| <b>Дидактическая единица: Практические занятия. Статистическая термодинамика</b>       |   |   |      |  |
| 24. Общие принципы описания равновесных систем.                                        | 0 | 6 | 2, 5 |  |
| 25. Приближение идеального газа.                                                       | 0 | 7 | 2, 5 |  |
| 26. Неидеальные газы.                                                                  | 0 | 7 | 2, 5 |  |
| 27. Квантовые жидкости.                                                                | 0 | 6 | 2, 5 |  |
| 28. Неравновесные явления.                                                             | 0 | 6 | 2, 5 |  |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                     | Виды самостоятельной работы | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 5</b>                                                                                                                                                                                                                                     |                             |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                     | Контрольные работы          | 1, 2, 3, 4, 5                 | 2                  | 0                    |
| , подробная информация приведена в приложении №3 : Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил. |                             |                               |                    |                      |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                         |                  |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------|----|----|
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | РГЗ                     | 1, 2, 3, 4, 5    | 50 | 5  |
| , подробная информация приведена в приложении №4 : Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил.                                                                                                                            |                         |                  |    |    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к занятиям   | 6                | 41 | 0  |
| : Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил.                                                                                                                                                                             |                         |                  |    |    |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 24 | 2  |
| , подробная информация приведена в приложении №2 : Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил.                                                                                                                            |                         |                  |    |    |
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                  |    |    |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольные работы      | 1, 2, 3, 4, 5    | 2  | 0  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | РГЗ                     | 1, 2, 3, 4, 5    | 13 | 5  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 12 | 2  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| <b>Семестр: 7</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                  |    |    |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольные работы      | 1, 2, 3, 4, 5    | 2  | 0  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | РГЗ                     | 1, 2, 3, 4, 5    | 60 | 7  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к занятиям   | 6                | 47 | 0  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 24 | 2  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| <b>Семестр: 8</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                         |                  |    |    |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Контрольные работы      | 1, 2, 3, 4, 5    | 2  | 0  |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | РГЗ                     | 1, 2, 3, 4, 5    | 30 | 10 |
| : Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar">http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar</a> |                         |                  |    |    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Подготовка к аттестации | 1, 2, 3, 4, 5, 6 | 18 | 2  |

: Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008\\_dubrov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar)

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии |
|-------------------------------|-------------------------------------------|
| Информирование                | Портал НГТУ                               |
| Консультирование              | Портал НГТУ                               |
| Контроль                      | Портал НГТУ                               |
| Размещение учебных материалов | Личный типовой сайт; Портал НГТУ          |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся | Максимальный балл |
|-------------------------------------------|-------------------|
| <b>Семестр: 5</b>                         |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                | 30                |
| <i>РГЗ:</i>                               | 30                |
| <i>Экзамен:</i>                           | 40                |
| Контролирующие материалы - тесты          |                   |
| <b>Семестр: 6</b>                         |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                | 30                |
| <i>РГЗ:</i>                               | 30                |
| <i>Экзамен:</i>                           | 40                |
| Контролирующие материалы - тесты          |                   |
| <b>Семестр: 7</b>                         |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                | 30                |
| <i>РГЗ:</i>                               | 30                |
| <i>Экзамен:</i>                           | 40                |
| Контролирующие материалы - тесты          |                   |
| <b>Семестр: 8</b>                         |                   |
| <i>Контрольные работы:</i>                | 30                |
| <i>РГЗ:</i>                               | 30                |
| <i>Экзамен:</i>                           | 40                |
| Контролирующие материалы - тесты          |                   |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                                             | Формы контроля |            |         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------|---------|
|                       |                                                                                                                                 | Контр. раб.    | Защита РГЗ | Экзамен |
| <b>ОПК.2</b>          | у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов | +              | +          | +       |
| <b>ОПК.4</b>          | у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач                                                   | +              | +          | +       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Дубровский В. Г. Введение в квантовую и статистическую физику : учебник / В. Г. Дубровский. - Новосибирск, 2005. - 487 с. : ил. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2005/2005\\_dubrovsk.pdf](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/tutorials/2005/2005_dubrovsk.pdf)
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 2. Теория поля : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1988. - 509 с.
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 2001. - 803 с.
4. Ландау Л. Д. Теоретической физика. В 10 т.. Т. 7. Теория упругости : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1987. - 247 с.

### Дополнительная литература

1. Блохинцев Д. И. Основы квантовой механики : учебное пособие для вузов. - М., 1983. - 664 с.
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. Т. 4 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1980. - 704 с. : ил.
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. [В 9 т.]. Т. 5. Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1964. - 567 с. : ил.
4. Ландау Л. Д. Теоретической физика. В 10 т.. Т. 6. Гидродинамика : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1988. - 733,[3] с. : ил.
5. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. [В 10 т.]. Т. 8. Электродинамика сплошных сред : учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. - М., 1982. - 620 с. : ил.
6. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 9, ч. 2 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 2002. - 493 с.
7. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 10 : [учебное пособие для физических специальностей университетов] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - М., 1979. - 527 с.

### Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>

5. :

## 8. Методическое и программное обеспечение

### 8.1 Методическое обеспечение

1. Дубровский В. Г. Курс теоретической физики. Механика и теория электромагнитного поля. Вопросы и задания : учебное пособие / В. Г. Дубровский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 64, [2] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008\\_dubrov.rar](http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/2008_dubrov.rar)
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т.. Т. 1. Механика : учебное пособие для физ. специальностей ун-тов / Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - М., 2001. - 222 с. : ил.

### 8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

## 9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

| № | Наименование                                                                         | Назначение                                       |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления) | Для проведения лекционных и практических занятий |

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФТФ  
к.ф.-м.н., доцент И.И. Корель  
“        ”        \_\_\_\_\_ Г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Теоретическая физика

Образовательная программа: 03.03.02 Физика, профиль: Ядерная физика и ядерные  
технологии

# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теоретическая физика приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                                                                                                                                                                                         | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                                                | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Этапы оценки компетенций                                             |                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)        | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)                                                                       |
| ОПК.2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей | у1. уметь использовать математический аппарат для освоения теоретических основ и практического использования физических методов | Атом во внешнем электрическом поле, эффект Штарка. Бозе-жидкость He4, спектр элементарных возбуждений, фононы и ротонны. Сверхтекучесть. Критерий сверхтекучести. Феноменологическая двухкомпонентная модель сверхтекучести Тиссы, микроскопическая оценка плотности нормальной компоненты. Броуновское движение, коэффициент диффузии. Теория Ланжевена и уравнение Ланжевена. Взаимодействие частиц в газе. Конфигурационный интеграл. Вириальное разложение и вириальные коэффициенты. Газ Ван-дер-Ваальса. Волновой пакет. Волны де-Бройля. Вероятностная интерпретация Борна. Принцип суперпозиции. Свободное движение с заданными энергией и импульсом; плоская волна. Пакет волн. Фазовая и групповая скорости. Расплывание волнового пакета. "Вымерзание" внутренних степеней свободы. Характеристические температуры вымерзания. Теплоемкость газа, ее зависимость от температуры. Энтропия газа в классическом режиме. Вклад поступательных и внутренних степеней свободы. Формула Сакура-Тетроде. Теорема Нернста. Вынужденные колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Резонанс при наличии трения. Дисперсионная кривая. Параметрический резонанс. Вырожденный бозе-газ: особенности температурного хода химпотенциала и конденсация Бозе-Эйнштейна. Температура конденсации, | Контрольные работы 5, 6, 7 и 8 семестров, РГЗ 5, 6, 7 и 8 семестров. | Экзамен (5 семестр) вопросы 1-20. (6 семестр) вопросы 1-36. (7 семестр) вопросы 1-36. (8 семестр) вопросы 1-36. |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>надконденсат.</p> <p>Термодинамические свойства выше и ниже температуры конденсации. Вырожденный ферми-газ. Энергия и температура Ферми, сфера Ферми. Уравнение состояния сильно вырожденного ферми-газа, его внутренняя энергия, теплоемкость и энтропия. Электронный газ в металлах и электронная теплоемкость; критерий идеальности. Гармонический осциллятор в представлении чисел заполнения. Операторы рождения и уничтожения, элементарные возбуждения осциллятора. Когерентные состояния и классический предел. Гармонический осциллятор, операторы рождения и уничтожения. Движение в неинерциальной системе отсчета. Центробежная и кориолисова силы. Движение в центральном поле. Разделение переменных углового и радиального движений. Движение как каноническое преобразование. Функция действия, ее связь с импульсами частиц и функцией Гамильтона. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби. Переменные действие-угол и адиабатические инварианты. Движение твердого тела Движение частицы в магнитном поле, опыты Штерна-Герлаха, обнаружение спина. Спиновый магнитный момент электрона. Матрицы Паули, спиноры. Уравнение Паули, движение спина в магнитном поле. Двухатомные молекулы. Колебательный и вращательный спектры. Взаимодействие молекул на больших расстояниях, силы Ван-дер-Ваальса, простая осцилляторная модель. Дисперсия произвольной динамической величины. Состояния с определенным значением произвольной динамической величины. Собственные функции и собственные значения операторов динамических величин. Квантование. Дискретный и непрерывный спектр. Свойства собственных</p> |  |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p> функций линейных эрмитовских операторов наблюдаемых величин: ортогональность, полнота. Зависимость средних значений механических величин от времени. Производная оператора по времени. Интегралы движения. Операторные уравнения Гамильтона. Теоремы Эренфеста. Временное и стационарное уравнение Шредингера. Оператор эволюции. Задача двух тел. Разделение переменных движения системы как целого и относительного движение. Задача Кеплера: ньютоновский и кулоновский потенциалы. Замкнутость орбиты финитного движения; зависимость формы ее орбиты от энергии. Законы Кеплера. Влияние релятивистских поправок, прецессия орбиты. Закон сохранения импульса и выделение движения центра масс. Относительное движение, приведенная масса. Закон сохранения момента импульса и сведение к задаче о движении в центрально-симметричном поле. Центробежная энергия, эффективный потенциал. Секториальная скорость. Законы Ньютона. Потенциальные поля и силы. Уравнения движения. Релятивистские эффекты в механике. Затухающие колебания Затухающие линейные колебания. Декремент затухания и логарифмический декремент затухания. Спектр затухающих колебаний. Идеальный газ в классическом режиме. Функция распределения Больцмана. Уравнение состояния классического идеального газа, его внутренняя энергия. Флуктуации энергии и числа частиц. Идеальный газ. Квантовомеханический принцип тождественности частиц идеального газа. Статистики Ферми и Бозе, соответствующие распределения. Излучение гармонического осциллятора. Интегралы движения. Энергия. Импульс. Центр инерции системы </p> |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>материальных точек. Система центра инерции. Момент импульса и момент силы. Связь законов сохранения со свойствами симметрии системы. Интегрирование уравнений движения Канонический импульс и функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Канонические преобразования, их производящие функции. Теорема Лиувилля. Квазиклассическое движение в непрерывном спектре. Экспоненциально малые эффекты: туннелирование сквозь квазиклассический потенциальный барьер и надбарьерное отражение. Квазиклассическое приближение. Квантовые жидкости. Квантовые состояния и энергетический спектр движения в кулоновом поле. Атом водорода, одноэлектронные ионы, позитроний. Атомные единицы. Квантовый и классические режимы, вырожденные газы. Одночастичная статсумма. Поступательные и внутренние степени свободы. Квазиклассический характер поступательного движения. "Квантовый объем" и температура квантового вырождения. Колебания вблизи точек устойчивого равновесия. Линейный гармонический осциллятор. Амплитуда, частота, фаза. Изохронность линейных колебаний. Фазовая плоскость. Линейные колебания Микромир. Атомизм и дискретность, принцип тождественности микрочастиц. Атомные спектры. Волновые свойства частиц. Дифракционные опыты. Неидеальные газы. Нелинейные колебания Неравновесная явления. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия; уравнения Лагранжа. Механика частиц со связями. Общая теория представлений. Матричная картина Гейзенберга. Вектор квантового состояния, бра и кет вектора. Общее представление для</p> |  |  |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>операторов. Оператор плотности вероятности. Общая формулировка проблемы: решение квантовой задачи при наличии близкой точно решаемой задачи. Построение общего решения при условии малости возмущения. Общие принципы описания равновесных систем. Общие свойства движения в потенциальном поле, не зависящем от времени. Фinitное и инфинитное движение; дискретный и непрерывный энергетический спектр. Общие свойства длин де-Бройля, простые оценки квантовых эффектов. Общие свойства одномерного движения. Потенциальные ямы и барьеры. Фinitное и инфинитное движение. Точки поворота. Точки устойчивого и неустойчивого равновесия. Одномерное движение. Потенциальные барьеры и ямы. Классические точки поворота. Невырожденность энергетического спектра в одномерном случае. Движение в прямоугольной потенциальной яме. Состояния с определенной четностью. Одномерный гармонический осциллятор, его энергетический спектр. Эквидистантность спектра, ее связь с изохронностью классических линейных колебаний. Операторы рождения и уничтожения, элементарные возбуждения осциллятора. Узлы волновых функций стационарных состояний и осцилляторная теорема. Операторы динамических величин (наблюдаемых), их линейность и эрмитовость. Операторная алгебра: сложение и умножение операторов. Операторные функции. Коммутатор операторов. Предельный переход в уравнении Шредингера к классической механике. Связь с уравнениями Гамильтона-Якоби классической механики. Связь фазы волновой функции с классической функцией действия. Представления о неравновесных процессах и методах их описания. Функция распределения,</p> |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. <math>t</math>-приближение. Приближение ВКБ для стационарных состояний, квазиклассическая волновая функция, ее вид в областях доступных и недоступных для классического движения. Поведение волновых функций вблизи классических точек поворота и сшивание квазиклассических решений. Приближение идеального газа. Принцип причинности в квантовой механике. Роль оператора Гамильтона. Временное и стационарное уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Сохранение числа частиц, плотность потока вероятности и уравнение непрерывности. Равновесие фаз. Фазовые диаграммы. Равновесие двух фаз, кривая равновесия, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Критическая точка, непрерывность жидкой и газообразной фаз. Газ Ван-дер-Ваальса, правило Максвелла, закон соответственных состояний. Тройная точка. Фазовые переходы, их классификация. Фазовые переходы второго рода (примеры). Равновесное тепловое излучение. Фотоны. Равенство нулю химпотенциала и распределение Планка. Предельные случаи малых и больших частот. Термодинамика излучения, закон Стефана-Больцмана. Распределение Максвелла по скоростям, его основные свойства. Средняя, среднеквадратичная и наиболее вероятная скорости. Релятивистская частица в электромагнитном поле. Решение радиального уравнения. Боровский спектр. Случайное вырождение и четность состояний с заданной энергией; связь с замкнутостью классических кеплеровых орбит. Формула Бальмера. Энергетический спектр щелочных металлов. Решение уравнения Шредингера в одномерном случае. Сверхпроводник во внешнем магнитном поле, явление Мейсснера-Оксенфельда. Различие между идеальными проводниками и</p> |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>сверхпроводниками. Теория Лондонов. Лондоновская глубина проникновения. Квантование магнитного потока. Эффекты Джозефсона. Квантовый магнетометр SQUID. Свойства операторов Слабо вырожденные идеальные газы, поправки к уравнению состояния. Случай сильного вырождения. Калорическое уравнение состояния. Сложение моментов, волновые функции с определенным полным моментом, вычисление коэффициентов Клебша-Жордана. Сложение угловых моментов, коэффициенты Клебша-Жордана. Случай невырожденного спектра точно решаемой задачи. Поправка 1-го порядка, 2-й порядок теории возмущений. Теория возмущений при наличии вырождения. Пересечение термов. Соотношение неопределенности, оценка энергии основного состояния квантовых систем. Спин-орбитальное взаимодействие. Постоянная тонкой структуры. Средние значения динамических величин. Координатное и импульсное представления. Средние значения координаты и импульса и их неопределенности. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Принцип дополнительности Бора. Средние значения механических величин. Статистический подход к описанию сложных систем. Микро- и макросостояния сложных систем, статистический вес макросостояния. Вероятность и энтропия. Гипотеза о равновероятности всех доступных состояний изолированной макросистемы. Теория возмущений. Теория относительности и релятивистская ковариантность уравнений Максвелла. Тепловое движение в кристаллах. Закон Дюлонга и Пти. Модель Эйнштейна. Длинноволновое приближение и фононы. Теория теплоемкости Дебая.</p> |  |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|                                                                                                                                                                                                                   |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                      |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                   |                                                                               | <p>Температура Дебая.<br/>Тождественность частиц, бозоны и фермионы, связь спина со статистикой.<br/>Принцип Паули для фермионов. Обменное взаимодействие. Траектории инфинитного движения.<br/>Рассеяние частиц.<br/>Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Кулоновское рассеяние тождественных частиц. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела.<br/>Уравнения движения твердого тела. Эйлеровы углы.<br/>Уравнения Эйлера.<br/>Уравнения Максвелла в вакууме Ферми-жидкость.<br/>Спектр элементарных возбуждений нормальной ферми-жидкости, частицы и дырки. Фinitное квазиклассическое движение.<br/>Правила квантования Бора--Зоммерфельда. Частицы и материальные точки; системы материальных точек.<br/>Физический принцип относительности и инерциальные системы отсчета. Относительность Галилея; преобразования Галилея. Электромагнитные волны, эффект Допплера.<br/>Электронная жидкость в металлах. Экранированное кулоновское взаимодействие и электрон-фононное взаимодействие Фрелиха.<br/>Образование куперовских пар, энергетическая щель.<br/>Сверхтекучесть куперовских пар (сверхпроводимость).</p> |                                                                      |                                                                                                                 |
| ОПК.4 способность понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности | у2. уметь использовать информационные технологии для решения физических задач | <p>Вынужденные колебания<br/>Вынужденные колебания. Резонанс. Резонанс при наличии трения.<br/>Дисперсионная кривая.<br/>Параметрический резонанс.<br/>Движение в неинерциальной системе отсчета.<br/>Центробежная и кориолисова силы. Движение как каноническое преобразование.<br/>Функция действия, ее связь с импульсами частиц и функцией Гамильтона.<br/>Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби.<br/>Переменные действие-угол и адиабатические инварианты.<br/>Задача Кеплера: ньютоновский и кулоновский</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Контрольные работы 5, 6, 7 и 8 семестров. РГЗ 5, 6, 7 и 8 семестров. | Экзамен (5 семестр) вопросы 1-20. (6 семестр) вопросы 1-36. (7 семестр) вопросы 1-36. (8 семестр) вопросы 1-36. |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p> потенциалы. Замкнутость орбиты финитного движения; зависимость формы ее орбиты от энергии. Законы Кеплера. Влияние релятивистских поправок, прецессия орбиты. Закон сохранения импульса и выделение движения центра масс. Относительное движение, приведенная масса. Закон сохранения момента импульса и сведение к задаче о движении в центрально-симметричном поле. Центробежная энергия, эффективный потенциал. Секториальная скорость. Законы Ньютона. Потенциальные поля и силы. Уравнения движения. Релятивистские эффекты в механике. Затухающие линейные колебания. Декремент затухания и логарифмический декремент затухания. Спектр затухающих колебаний. Излучение гармонического осциллятора. Интегралы движения. Энергия. Импульс. Центр инерции системы материальных точек. Система центра инерции. Момент импульса и момент силы. Связь законов сохранения со свойствами симметрии системы. Интегрирование уравнений движения Канонический импульс и функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Канонические преобразования, их производящие функции. Теорема Лиувилля. Колебания вблизи точек устойчивого равновесия. Линейный гармонический осциллятор. Амплитуда, частота, фаза. Изохронность линейных колебаний. Фазовая плоскость. Линейные колебания. Обобщенные координаты и скорости. Функция Лагранжа. Принцип наименьшего действия; уравнения Лагранжа. Механика частиц со связями. Общие свойства одномерного движения. Потенциальные ямы и барьеры. Финитное и инфинитное движение. Точки поворота. Точки устойчивого и неустойчивого равновесия. Релятивистская частица в электромагнитном поле. Теория относительности и </p> |  |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | релятивистская<br>ковариантность уравнений<br>Максвелла. Траектории<br>инфинитного движения.<br>Рассеяние частиц.<br>Эффективное сечение<br>рассеяния. Формула<br>Резерфорда. Кулоновское<br>рассеяние тождественных<br>частиц. Угловая скорость.<br>Тензор инерции. Момент<br>импульса твердого тела.<br>Уравнения движения твердого<br>тела. Эйлеровы углы.<br>Уравнения Эйлера.<br>Уравнения Максвелла в<br>вакууме Частицы и<br>материальные точки; системы<br>материальных точек.<br>Физический принцип<br>относительности и<br>инерциальные системы<br>отсчета. Относительность<br>Галилея; преобразования<br>Галилея. Электромагнитные<br>волны, эффект Допплера. |  |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме экзамена, в 6 семестре - в форме экзамена, в 7 семестре - в форме экзамена, в 8 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.4.

В каждом из семестров экзамен проводится в письменной форме по тестам.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 5 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.2, ОПК.4, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно,

большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Теоретическая физика», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 10 вопросов с возможностью выбора варианта ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

### Пример теста для экзамена

- От каких переменных зависит функция Лагранжа?
  - 1. Координаты, скорости и время.
  - 2. Координаты и импульсы.
  - 3. Скорости и импульсы.
  - 4. Скорости, импульсы и время.
- С каким свойством пространства и времени связано сохранение энергии?
  - 1. Изотропность времени.
  - 2. Однородность времени.
  - 3. Изотропность пространства.
  - 4. Однородность пространства.
- В каких потенциалах центрального поля частицы движутся по замкнутым траекториям?
  - 1.  $r$ .
  - 2.  $r^2$ .
  - 3.  $-1/r$ .
  - 4.  $e^r$ .
- По какому закону растёт амплитуда колебаний без трения при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой?
  - 1. Логарифмический.
  - 2. Линейный.
  - 3. Квадратичный.
  - 4. Экспоненциальный.
- Какой тензор связывает собственный момент импульса твёрдого тела с угловой скоростью?
  - 1. Тензор деформации.
  - 2. Тензор потока импульса.
  - 3. Тензор инерции.
  - 4. Нет такого тензора.
- Канонические преобразования – это

- 1. Преобразования координат и импульсов, сохраняющие вид уравнений Гамильтона.
  - 2. Произвольные преобразования координат.
  - 3. Преобразования координат при переходе в неинерциальную систему координат.
  - 4. Линейные преобразования координат и импульсов.
7. Задача двух тел сводится к
- 1. Кеплеровой задаче.
  - 2. Интегрированию вдоль невозмущённых траекторий.
  - 3. Задаче о движении тела с приведённой массой в центральном поле.
  - 4. Ничему из перечисленного.
8. Что из перечисленного ниже является принципом относительности Галилея?
- 1. Для реальной траектории движения между двумя точками функционал действия принимает наименьшее значение.
  - 2. Во всех инерциальных системах отсчёта свойства пространства и времени одинаковы и одинаковы все законы механики.
  - 3. Каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения.
  - 4. В инерциальных системах отсчёта время однородно, а пространство изотропно и однородно.
9. Куб с постоянной плотностью является волчком следующего типа:
- 1. Куб не является волчком.
  - 2. Асимметрический волчок.
  - 3. Симметрический волчок.
  - 4. Шаровой волчок.
10. Если коэффициент затухания больше собственной частоты, то при свободном движении происходит следующий тип движения:
- 1. Резонансный рост амплитуды колебания.
  - 2. Периодическое затухание.
  - 3. Аperiodическое затухание.
  - 4. Произвольные периодические движения.

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный тест считается **неудовлетворительным**, студент ответил верно на 4 и менее вопросов теста, оценка составляет *от 0 до 10 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 5 – 6 вопросов теста, оценка составляет *от 11 до 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 7 – 8 вопросов теста, оценка составляет *от 21 до 30 баллов*.
- Ответ на экзаменационный тест засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 9 – 10 вопросов теста, оценка составляет *от 31 до 40 баллов*.

## 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретическая физика»

1. От каких переменных зависит функция Лагранжа?
  - 1. Координаты, скорости и время.
  - 2. Координаты и импульсы.
  - 3. Скорости и импульсы.
  - 4. Скорости, импульсы и время.
2. С каким свойством пространства и времени связано сохранение энергии?
  - 1. Изотропность времени.
  - 2. Однородность времени.
  - 3. Изотропность пространства.
  - 4. Однородность пространства.
3. В каких потенциалах центрального поля частицы движутся по замкнутым траекториям?
  - 1.  $r$ .
  - 2.  $r^2$ .
  - 3.  $-1/r$ .
  - 4.  $e^r$ .
4. По какому закону растёт амплитуда колебаний без трения при совпадении частоты вынуждающей силы с собственной частотой?
  - 1. Логарифмический.
  - 2. Линейный.
  - 3. Квадратичный.
  - 4. Экспоненциальный.
5. Какой тензор связывает собственный момент импульса твёрдого тела с угловой скоростью?
  - 1. Тензор деформации.
  - 2. Тензор потока импульса.
  - 3. Тензор инерции.
  - 4. Нет такого тензора.
6. Канонические преобразования – это
  - 1. Преобразования координат и импульсов, сохраняющие вид уравнений Гамильтона.
  - 2. Произвольные преобразования координат.
  - 3. Преобразования координат при переходе в неинерциальную систему координат.
  - 4. Линейные преобразования координат и импульсов.
7. Задача двух тел сводится к
  - 1. Кеплеровой задаче.
  - 2. Интегрированию вдоль невозмущённых траекторий.
  - 3. Задаче о движении тела с приведённой массой в центральном поле.
  - 4. Ничему из перечисленного.
8. Что из перечисленного ниже является принципом относительности Галилея?
  - 1. Для реальной траектории движения между двумя точками функционал действия принимает наименьшее значение.
  - 2. Во всех инерциальных системах отсчёта свойства пространства и времени одинаковы и одинаковы все законы механики.

- 3. Каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения.
  - 4. В инерциальных системах отсчёта время однородно, а пространство изотропно и однородно.
9. Куб с постоянной плотностью является волчком следующего типа:
- 1. Куб не является волчком.
  - 2. Асимметрический волчок.
  - 3. Симметрический волчок.
  - 4. Шаровой волчок.
10. Если коэффициент затухания больше собственной частоты, то при свободном движении происходит следующий тип движения:
- 1. Резонансный рост амплитуды колебания.
  - 2. Периодическое затухание.
  - 3. Аperiodическое затухание.
  - 4. Произвольные периодические движения.
11. От каких переменных зависит функция Гамильтона.
- 1. Координаты, скорости и время.
  - 2. Координаты и скорости.
  - 3. Скорости и импульсы.
  - 4. Координаты, импульсы и время.
12. С каким свойством пространства и времени связано сохранение импульса?
- 1. Изотропность времени.
  - 2. Однородность времени.
  - 3. Изотропность пространства.
  - 4. Однородность пространства.
13. Какие интегралы движения есть при движении в постоянном центральном поле?
- 1. Энергия и радиальный импульс.
  - 2. Энергия и момент импульса относительно центра.
  - 3. Энтропия и угловая скорость.
  - 4. Расстояние до центра и секториальная скорость.
14. По какому закону растёт амплитуда колебаний при параметрическом резонансе?
- 1. Логарифмический.
  - 2. Линейный.
  - 3. Квадратичный.
  - 4. Экспоненциальный.
15. Какой тензор связывает кинетическую энергию вращения твёрдого тела с угловой скоростью?
- 1. Тензор деформации.
  - 2. Тензор потока импульса.
  - 3. Тензор инерции.
  - 4. Нет такого тензора.
16. Теорема Лиувилля утверждает, что у Гамильтоновых систем сохраняется:
- 1. Фазовый объём.

- 2. Канонические переменные.
- 3. Канонические импульсы.
- 4. Скобки Пуассона.

17. Какие бывают траектории частиц при движении в центральном поле  $-\alpha/r$ :

- 1. Эллипсы.
- 2. Гиперболы.
- 3. Циклоиды.
- 4. Параболы.

18. Что из перечисленного ниже является принципом наименьшего действия?

- 1. Для реальной траектории движения между двумя точками функционал действие принимает наименьшее значение.
- 2. Во всех инерциальных системах отсчёта свойства пространства и времени одинаковы и одинаковы все законы механики.
- 3. Каждый элемент волнового фронта можно рассматривать как центр вторичного возмущения.
- 4. В инерциальных системах отсчёта время однородно, а пространство изотропно и однородно.

19. Цилиндр с постоянной плотностью является волчком следующего типа:

- 1. Цилиндр не является волчком.
- 2. Асимметрический волчок.
- 3. Симметрический волчок.
- 4. Шаровой волчок.

20. Если коэффициент затухания меньше собственной частоты, то при свободном движении происходит следующий тип движения:

- 1. Резонансный рост амплитуды колебания.
- 2. Периодическое затухание.
- 3. Аperiodическое затухание.
- 4. Произвольные периодические движения.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретическая физика», 5 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа проводится по следующим темам: интегрирование уравнений движения, движение в центральном поле, рассеяние частиц, малые колебания, движение твёрдого тела. Контрольная работа включает 5 задач. Выполняется письменно.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями. За каждое задание максимально можно получить 6 баллов

Контрольная работа считается **невыполненной**, если оценка составляет менее 12 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если оценка составляет от 13 до 18 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если оценка составляет от 19 до 24 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, оценка составляет от 25 до 30 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример варианта контрольной работы

1. Найдите траекторию частицы массы  $m$  при одномерном движении вблизи точки отражения, если потенциальная энергия вблизи точки остановки имеет следующий вид:  
$$U(x) = -\gamma x.$$
2. Найдите форму траектории частицы массы  $m$  в центральном поле: 
$$U(r) = -\frac{\alpha}{r} + \frac{\beta}{r^2}.$$
3. Найдите дифференциальное и полное сечение рассеяния частиц на бесконечно тяжёлом шаре радиуса  $R$ .
4. Определить нормальные колебания системы трёх частиц массы  $m$  на одной спице, соединённых одинаковыми пружинками жёсткости  $k$ .
5. Найдите главные моменты инерции куба с однородной плотностью. Каким волчком является куб?

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теоретическая физика», 5 семестр

### 1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить задачи по темам лекций и семинаров.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если решены не все задачи, оценка составляет от 0 до 7 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если для всех задач написаны уравнения, описывающие содержание задачи, предложены методы решения уравнений, оценка составляет от 8 до 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если для всех задач написаны уравнения, описывающие содержание задачи, предложены методы решения уравнений и получены ответы (допускаются незначительные вычислительные ошибки), оценка составляет от 16 до 22 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если для всех задач написаны уравнения, описывающие содержание задачи, предложены методы решения уравнений и получены правильные ответы, оценка составляет от 23 до 30 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Примерный перечень тем РГЗ(Р)

- Найдите функцию Лагранжа маятника с точкой подвеса на вращающемся с частотой  $\omega$  диске в поле тяжести. Маятник может колебаться только в плоскости диска.
- Найдите соотношение частоты вращения и частоты прецессии диска, если ось вращения близка к оси симметрии диска.
- Определить нормальные колебания системы четырёх частиц массы  $m$  на одной спице, соединенных одинаковыми пружинками жёсткости  $k$ .

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра электрофизических установок и ускорителей

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Теоретическая физика», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 18 вопросов с возможностью выбора варианта ответа. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту вопросы из общего перечня п.4.

### Форма теста для экзамена

1. Силовые линии электростатического поля
  - a) всегда замкнуты;
  - b) начинаются и заканчиваются на зарядах;
  - c) начинаются и заканчиваются на бесконечности.
2. Работа, совершаемая магнитным полем над зарядом при перемещении его из одной фиксированной точки пространства в другую
  - a) не зависит от выбранного пути перемещения;
  - b) зависит от выбранного пути;
  - c) всегда равна нулю.
3. Дан плоский конденсатор, расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с размером пластин, заряд конденсатора равен  $Q$ . Пластины конденсатора раздвигают так, что новое расстояние между ними  $d' = 2d$ . Как изменится сила притяжения пластин друг к другу:
  - a) увеличится в 2 раза;
  - b) уменьшится в два раза;
  - c) останется прежней.
4. Дан плоский конденсатор, расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с размером пластин, разность потенциалов  $V$  поддерживается внешним источником постоянной. Пластины конденсатора раздвигают так, что новое расстояние между ними  $d' = 2d$ . Как изменится энергия конденсатора:
  - a) увеличится в 2 раза;
  - b) уменьшится в два раза;
  - c) останется прежней.
5. Если в лабораторной системе отсчета  $\mathbf{E} \perp \mathbf{B}$  и  $|\mathbf{E}| = c|\mathbf{B}|$ , то существует такая система отсчета, в которой
  - a)  $\mathbf{E}' \neq 0$  и  $\mathbf{B}' = 0$ ;
  - b)  $\mathbf{B}' \neq 0$  и  $\mathbf{E}' = 0$ ;
  - c)  $\mathbf{E}' \perp \mathbf{B}'$  и  $|\mathbf{E}'| = c|\mathbf{B}'|$  в любой системе отсчета;
  - d)  $\mathbf{E}' \parallel \mathbf{B}'$  и  $|\mathbf{E}'| = c|\mathbf{B}'|$ .
6. Полные энергия и импульс и момент импульса заряженных частиц сохраняется
  - a) всегда;
  - b) никогда;
  - c) только когда отсутствует излучение.
7. Если во внешнем электромагнитном поле происходит некоторое движение заряда  $q$ , то движение заряда ( $-q$ ) в обратном направлении по той же траектории возможно в поле
  - a) с обратным направлением  $\mathbf{E}$  и первоначальным  $\mathbf{B}$ ;
  - b) с обратным направлением  $\mathbf{B}$  и первоначальным  $\mathbf{E}$ ;

с) с обратным направлением как **E**, так и **B**.

8. При движении ультрарелятивистского электрона и протона во внешнем однородном магнитном поле отношение их циклотронных радиусов равно

- a) отношению их масс;
- b) единице;
- c) отношению их энергий.

9. Потенциальная энергия диполя, помещенного во внешнее электрическое поле, минимальна при направлении диполя:

- a) по полю;
- b) против поля;
- c) перпендикулярно полю.

10. Потенциалы равномерно движущегося точечного заряда падают на больших расстояниях от заряда как

- a)  $1/R^2$ ;
- b)  $1/R$ ;
- c) еще быстрее.

11. Теряемая на излучение энергия заряженной частицы, движущейся во внешнем электромагнитном поле тем больше,

- a) чем больше масса частицы;
- b) чем меньше масса частицы;
- c) зависимости от массы нет.

12. При движении источника света в сторону покоящегося наблюдателя, частота принимаемого сигнала

- a) увеличивается;
- b) уменьшается;
- c) остается неизменной.

13. Для волнового пакета, чье спектральное разложение имеет закон дисперсии  $\omega(k) = ak^2$ , отношение групповой скорости к фазовой равно

- a) 2;
- b) 1;
- c) 1/2.

14. Какова результирующая поляризация волны при суперпозиции следующих двух плоских волн с линейной поляризацией,  $E_x = E_0 \cos(kz - \omega t)$  и  $E_y = E_0 \sin(kz - \omega t)$  ?

- a) линейная;
- b) круговая;
- c) эллиптическая.

15. При уменьшении пространственного размера волнового пакета интервал волновых чисел монохроматических волн, участвующих в образовании пакета,

- a) уменьшается;
- b) увеличивается;
- c) остается неизменным.

16. Угловое распределение излучения ультрарелятивистского заряда

- a) изотропно;
- b) сосредоточено в конусе с угловым размером  $\delta\theta \sim 1/\gamma$ ;
- c) имеет вид  $\sin^2 \theta$ .

17. Частота  $\omega$  синхротронного излучения ультрарелятивистского заряда

- a) равна частоте  $\omega_0$  обращения заряда по круговой орбите;
- b) равна  $\gamma\omega_0$ ;
- c) равна  $\gamma^2\omega_0$ ;
- d) равна  $\gamma^3\omega_0$ .

18. Резонансное сечение рассеяния монохроматической электромагнитной волны на связанном заряде (при частоте волны равной собственной частоте колебаний) пропорционально

- a) квадрату длины волны;
- b) квадрату классического радиуса электрона;
- c) квадрату комптоновского радиуса электрона.

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент верно отвечает на 6 и менее вопросов теста, оценка составляет **менее 10 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 10 вопросов теста, оценка составляет **от 11 до 20 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 14 вопросов теста, оценка составляет **от 21 до 30 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 18 вопросов теста, оценка составляет **от 31 до 40 баллов**.

## 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если студент получает не менее 20 баллов. В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретическая физика»

1. Силовые линии электростатического поля
  - a) всегда замкнуты;
  - b) начинаются и заканчиваются на зарядах;
  - c) начинаются и заканчиваются на бесконечности.
2. Работа, совершаемая магнитным полем над зарядом при перемещении его из одной фиксированной точки пространства в другую
  - a) не зависит от выбранного пути перемещения;
  - b) зависит от выбранного пути;
  - c) всегда равна нулю.
3. Дан плоский конденсатор, расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с размером пластин, заряд конденсатора равен  $Q$ . Пластины конденсатора раздвигают так, что новое расстояние между ними  $d' = 2d$ . Как изменится сила притяжения пластин друг к другу:
  - a) увеличится в 2 раза;
  - b) уменьшится в два раза;
  - c) останется прежней.
4. Дан плоский конденсатор, расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с размером пластин, разность потенциалов  $V$  поддерживается внешним источником постоянной. Пластины конденсатора раздвигают так, что новое расстояние между ними  $d' = 2d$ . Как изменится энергия конденсатора:
  - a) увеличится в 2 раза;
  - b) уменьшится в два раза;
  - c) останется прежней.
5. Если в лабораторной системе отсчета  $\mathbf{E} \perp \mathbf{B}$  и  $|\mathbf{E}| = c|\mathbf{B}|$ , то существует такая система отсчета, в которой
  - a)  $\mathbf{E}' \neq 0$  и  $\mathbf{B}' = 0$ ;
  - b)  $\mathbf{B}' \neq 0$  и  $\mathbf{E}' = 0$ ;
  - c)  $\mathbf{E}' \perp \mathbf{B}'$  и  $|\mathbf{E}'| = c|\mathbf{B}'|$  в любой системе отсчета;
  - d)  $\mathbf{E}' \parallel \mathbf{B}'$  и  $|\mathbf{E}'| = c|\mathbf{B}'|$ .
6. Полные энергия и импульс и момент импульса заряженных частиц сохраняется
  - a) всегда;
  - b) никогда;
  - c) только когда отсутствует излучение.
7. Если во внешнем электромагнитном поле происходит некоторое движение заряда  $q$ , то движение заряда ( $-q$ ) в обратном направлении по той же траектории возможно в поле
  - a) с обратным направлением  $\mathbf{E}$  и первоначальным  $\mathbf{B}$ ;

- b) с обратным направлением **B** и первоначальным **E**;
- c) с обратным направлением как **E**, так и **B**.

8. При движении ультрарелятивистского электрона и протона во внешнем однородном магнитном поле отношение их циклотронных радиусов равно

- a) отношению их масс;
- b) единице;
- c) отношению их энергий.

9. Потенциальная энергия диполя, помещенного во внешнее электрическое поле, минимальна при направлении диполя:

- a) по полю;
- b) против поля;
- c) перпендикулярно полю.

10. Потенциалы равномерно движущегося точечного заряда падают на больших расстояниях от заряда как

- a)  $1/R^2$  ;
- b)  $1/R$ ;
- c) еще быстрее.

11. Теряемая на излучение энергия заряженной частицы, движущейся во внешнем электромагнитном поле тем больше,

- a) чем больше масса частицы;
- b) чем меньше масса частицы;
- c) зависимости от массы нет.

12. При движении источника света в сторону покоящегося наблюдателя, частота принимаемого сигнала

- a) увеличивается;
- b) уменьшается;
- c) остается неизменной.

13. Для волнового пакета, чье спектральное разложение имеет закон дисперсии  $\omega(k) = ak^2$  , отношение групповой скорости к фазовой равно

- a) 2;
- b) 1;
- c) 1/2.

14. Какова результирующая поляризация волны при суперпозиции следующих двух плоских волн с линейной поляризацией,  $E_x = E_0 \cos(kz - \omega t)$  и  $E_y = E_0 \sin(kz - \omega t)$  ?

- a) линейная;
- b) круговая;
- c) эллиптическая.

15. При уменьшении пространственного размера волнового пакета интервал волновых чисел монохроматических волн, участвующих в образовании пакета,

- a) уменьшается;
- b) увеличивается;
- c) остается неизменным.

16. Угловое распределение излучения ультрарелятивистского заряда

- a) изотропно;
- b) сосредоточено в конусе с угловым размером  $\delta\theta \sim 1/\gamma$  ;
- c) имеет вид  $\sin^2 \theta$ .

17. Частота  $\omega$  синхротронного излучения ультрарелятивистского заряда

- a) равна частоте  $\omega_0$  обращения заряда по круговой орбите;
- b) равна  $\gamma\omega_0$ ;
- c) равна  $\gamma^2 \omega_0$ ;
- d) равна  $\gamma^3 \omega_0$  .

18. Резонансное сечение рассеяния монохроматической электромагнитной волны на связанном заряде (при частоте волны равной собственной частоте колебаний) пропорционально

- a) квадрату длины волны;
- b) квадрату классического радиуса электрона;

с) квадрату комптоновского радиуса электрона.

19. Силовые линии магнитного поля

- а) всегда замкнуты;
- б) начинаются заканчиваются на движущихся зарядах;
- с) начинаются и заканчиваются на бесконечности.

20. Работа, совершаемая электрическим полем над зарядом при перемещении его из одной фиксированной точки пространства в другую

- а) не зависит от пути, по которому перемещается заряд;
- б) зависит от выбранного пути;
- с) всегда равна нулю.

21. Дан плоский конденсатор, расстояние  $d$  между пластинами мало по сравнению с размером пластин, разность потенциалов  $V$  поддерживается внешним источником постоянной. Пластины конденсатора раздвигают так, что новое расстояние между ними  $d' = 2d$ . Как изменится сила притяжения пластин друг к другу:

- а) увеличится в 2 раза;
- б) уменьшится в два раза;
- с) останется прежней.

22. Два параллельных провода притягиваются, если текущие по ним токи направлены:

- а) в противоположных направлениях;
- б) в одном направлении.

23. Если в лабораторной системе отсчета  $\mathbf{E} \perp \mathbf{B}$  и  $|\mathbf{E}| > c|\mathbf{B}|$ , то существует такая система отсчета, в которой

- а)  $\mathbf{E}' \neq 0$  и  $\mathbf{B}' = 0$ ;
- б)  $\mathbf{B}' \neq 0$  и  $\mathbf{E}' = 0$ ;
- с)  $\mathbf{E}' \perp \mathbf{B}'$  и  $|\mathbf{E}'| < c|\mathbf{B}'|$
- д)  $\mathbf{E}' \parallel \mathbf{B}'$ .

24. Если в лабораторной системе отсчета  $(\mathbf{E}\mathbf{B}) \neq 0$ , то существует такая система отсчета, в которой

- а)  $\mathbf{E}' \neq 0$  и  $\mathbf{B}' = 0$ ;
- б)  $\mathbf{B}' \neq 0$  и  $\mathbf{E}' = 0$ ;
- с)  $\mathbf{E}' \perp \mathbf{B}'$ ;
- д)  $\mathbf{E}' \parallel \mathbf{B}'$ .

25. Если во внешнем электромагнитном поле происходит некоторое движение заряда  $q$ , то движение в обратном направлении по той же траектории возможно в поле

- а) с обратным направлением  $\mathbf{E}$  и первоначальным  $\mathbf{B}$ ;
- б) с обратным направлением  $\mathbf{B}$  и первоначальным  $\mathbf{E}$ ;
- с) с обратным направлением как  $\mathbf{E}$ , так и  $\mathbf{B}$ .

26. При движении нерелятивистского электрона и протона во внешнем однородном магнитном поле отношение их циклотронных периодов обращения равно

- а) отношению их масс;
- б) единице;
- с) отношению их энергий.

27. Дипольный момент системы зарядов определен

- а) однозначно всегда и не зависит от выбора системы координат;
- б) неоднозначно и всегда зависит от выбора системы координат;
- с) однозначно только для электронейтральной системы.

28. Поле движущегося с ускорением точечного заряда падает на больших расстояниях от заряда как

- а)  $1/R^2$ ;
- б)  $1/R$ ;
- с) еще быстрее;
- д) еще медленнее.

29. Частота сигнала, принимаемого покоящимся наблюдателем, в направлении перпендикулярном движению источника света

- a) увеличивается в  $\gamma$  раз ( $\gamma = (1 - (v/c)^2)^{-1/2}$ );
- b) уменьшается в  $\gamma$  раз;
- c) остается неизменной.

30. Центр волнового пакета перемещается

- a) с групповой скоростью;
- b) с фазовой скоростью;
- c) со скоростью света.

31. Какова результирующая поляризация волны при суперпозиции следующих двух плоских волн с линейной поляризацией,  $E_x = E_0 \cos(kz - \omega t)$  и  $E_y = E_0 \cos(kz - \omega t)$  ?

- a) линейная;
- b) круговая;
- c) эллиптическая.

32. Какова результирующая поляризация волны при суперпозиции двух плоских волн с правой и левой поляризациями и разными амплитудами?

- a) линейная;
- b) круговая;
- c) эллиптическая.

33. При распространении плоской электромагнитной волны в вакууме направление потока энергии волны совпадает с

- a) направлением электрического поля;
- b) направлением магнитного поля;
- c) направлением волнового вектора.

34. Потери энергии на излучение в единицу времени ультрарелятивистским зарядом в синхротроне

- a) не зависит от энергии;
- b) пропорциональны квадрату заворачивающего магнитного поля;
- c) пропорциональны его четвертой степени.

35. При увеличении частоты заряженного гармонического осциллятора в 2 раза характерное время, за которое он излучит накопленную энергию,

- a) увеличится в 4 раза;
- b) увеличится в 2 раза;
- c) не изменится;
- d) уменьшится в 2 раза;
- e) уменьшится в 4 раза.

36. Сечение рассеяния монохроматической электромагнитной волны на свободном заряде пропорционально

- a) квадрату длины волны;
- b) квадрату классического радиуса электрона;
- c) квадрату комптоновского радиуса электрона.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретическая физика», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа включает 5 задач. Контрольная работа выполняется письменно. Пример варианта контрольной работы дан в п. 4.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если оценка составляет менее 12 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если оценка составляет от 13 до 18 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если оценка составляет от 19 до 24 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если оценка составляет от 25 до 30 баллов

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример варианта контрольной работы

1. Система состоит из сферы радиуса  $a$ , равномерно заряженной по объему с плотностью заряда равной  $\rho$ , и точечного заряда  $q$ , находящегося на расстоянии  $R$  от центра сферы. Найти зависимость энергии системы от  $R$ . (3 балла).

2. Один близнец движется с постоянной скоростью  $v_1$ , другой покоится. Потом, через время  $t_0$  второй начинает движение со скоростью  $v_2 > v_1$ . По чьим часам к моменту встречи пройдет больше времени? (4 балла).

3. Толстая сфера представляет собой шар радиуса  $R$  с концентрической полостью внутри шара, радиус которой равен  $a$ ; эта сфера заряжена равномерно по объему с плотностью заряда  $\rho$ . Вычислить энергию ее электрического поля. (4 балла).

4. Зеркало движется со скоростью  $V=0.99$  с. Навстречу ему светит лазер с длиной волны  $\lambda$ . Чему равна длина волны отраженного света? (5 баллов).

5. Найти фазовую и групповую скорость электромагнитного излучения в прямоугольном волноводе сечением  $l_x \times l_y$ . (4 балла).

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теоретическая физика», 6 семестр

### 1. Методика оценки

**Особенности разработки контролирующих материалов по РГЗ(Р):** контролирующие материалы формируются в виде 2 самостоятельных работ, которые выполняются в период плановых контрольных недель. Каждая самостоятельная работа состоит из 4-6 задач по темам охватываемого периода.

**Подбор задач** нацелен на проверку усвоения базовых понятий теории классического электромагнитного поля и специальной теории относительности, наличие навыков в решении физических задач, владение соответствующим математическим аппаратом. Наряду с задачами, требующими развернутых решений, предлагаются и задачи-тесты, выявляющие степень усвоения базовых принципов и понимание сути физических явлений.

**Оцениваемые позиции:** выбор и обоснование метода решения в соответствии с поставленной задачей, реализация выбранного метода, анализ решения с рассмотрением частных и предельных случаев.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если решено менее половины задач, или продемонстрировано незнание критически важных базовых понятий, набранное число баллов менее 12.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если методы решения выбраны без обоснования, в процессе получения решения по меньшей мере половины задач допущенные ошибки не принципиальны, хотя и повлияли на окончательные ответы, набранное число баллов от 13 до 18.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, по меньшей мере две трети задач доведены до правильного ответа, продемонстрировано уверенное владение базовыми понятиями, набранное число баллов от 19 до 24.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, все задачи решены, проведен полный анализ решений с рассмотрением частных и предельных случаев, набрано число баллов от 25 до 30.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример типового набора задач для самостоятельной работы в рамках РГЗ(Р)

Самостоятельная работа

1. Система состоит из сферы радиуса  $a$ , равномерно заряженной по поверхности с плотностью заряда равной  $\sigma$ , и точечного заряда  $q$ , находящегося на расстоянии  $R$  от центра сферы. Найти зависимость энергии системы от  $R$ . (4 балла).
2. По двум тонким параллельным проводам, находящимся на расстоянии 1 мм друг от друга пропускают постоянный ток  $I$ . Сила натяжения проводов равна 0.01 н, длина 1 м. При какой величине тока провода коснутся друг друга? (12 баллов).
3. Система состоит из двух релятивистских частиц с массами  $m_1$  и  $m_2$  и импульсами  $\mathbf{p}_1$  и  $\mathbf{p}_2$ . Найти скорость движения центра масс и массу системы в системе покоя центра масс. (4 балла).
4. Внутри шара радиуса  $R$ , равномерно заряженного по объему с плотностью заряда  $\rho$  имеется полость радиуса  $a$ , центр которой смещен относительно центра шара на расстояние  $b$ . Найти электрический дипольный момент системы. (8 балла).
5. В постоянном магнитном поле  $\mathbf{B}$  движется частица с зарядом  $q$  и со скоростью  $\mathbf{V}$ . Перпендикулярно магнитному полю  $\mathbf{B}$  приложено постоянное электрическое поле  $\mathbf{E}$ . Описать характер движения в случаях, когда  $E^2 \ll c^2 B^2$  и в обратном случае, когда  $E^2 \gg c^2 B^2$ . (8 балла).

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Теоретическая физика», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест включает в себя 18 вопросов с возможностью выбора правильного ответа из предложенных. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту вопросы из списка в п.4.

### Форма экзаменационного теста

1. Поток квантовых пропускается через круглое отверстие радиуса  $r$ , прорезанное в непрозрачном экране. Прошедшие частицы фиксируются на большом удалении, образуя на приемном экране напротив отверстия пятно некоторого радиуса  $r_1$ . Что происходит с радиусом пятна, если радиус отверстия уменьшается с помощью диафрагмы?

- a) уменьшается;
- b) увеличивается;
- c) остается неизменным.

2. При рассеянии электронов на периодической решетке была получена дифракционная картина. Во сколько раз должна отличаться энергия нейтронов от энергии рассеиваемых электронов, чтобы при рассеянии нейтронов получить ту же дифракционную картину:

- a) в  $m_T/m_e$  раз больше
- b) в  $m_T/m_e$  раз меньше
- c) энергия должна быть той же самой

3. Волновой пакет движется в однородном внешнем поле  $U(x) = -Fx$ .

Какое из утверждений верно:

- a) центр пакета движется равноускоренно с ускорением  $F/m$ ;
- b) равноускоренно увеличивается размер пакета.

4. Оператор  $d/dx$  является

- a) эрмитовским;
- b) антиэрмитовским;
- c) ни то, ни другое.

5. Одновременно с импульсом частицы может быть измерена

- a) ее кинетическая энергия;
- b) потенциальная энергия;
- c) полная энергия.

6. Z-проекция момента количества движения частицы может быть измерена одновременно

с

- a) с координатой  $x$ ;
- b) с координатой  $y$ ;
- c) с координатой  $z$ ;
- d) ни с одной из них.

7. Какая из перечисленных ниже динамических величин сохраняется при движении частицы в однородном поле силы, направленной вдоль оси  $z$ ?

- a)  $z$ -проекция импульса;
- b)  $z$ -проекция момента количества движения;
- c) квадрат момента количества движения.

8. На гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  действует дополнительная постоянная сила  $F$  (соответствующий потенциал равен  $U(x) = -Fx$ ). Что при этом происходит с энергетическим спектром осциллятора?

- a) остается дискретным;
- b) становится непрерывным.

9. Если на гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  наложено дополнительное нелинейное поле с потенциалом  $U(x) = g x^3$ , энергетический спектр движения становится непрерывным. С другой стороны, считая константу  $g$  достаточно малой и пользуясь стандартной теорией возмущений, мы получим набор дискретных энергетических уровней, лишь слегка сдвинутых (при не слишком высоких возбуждениях) относительно уровней исходного гармонического осциллятора. Полученные таким образом уровни

- a) не имеют физического смысла;
- b) являются характерными энергиями состояний, в которых частица большое хотя и конечное время остается в потенциальном "мешке" вблизи начала координат.

10. Условием применимости квазиклассического приближения является:

- a) медленное изменение фазы волновой функции;
- b) относительно медленное изменение дебройлевской длины волны  $\lambda$  на размерах  $\lambda$

11. Частица совершает финитное движение в квазиклассической потенциальной яме. Строго эквидистантным является спектр

- a) действия;
- b) энергии;

12. В состоянии с максимальным значением  $z$ -проекции момента его  $x$ - и  $y$ -проекции

- a) равны нулю;
- b) равны нулю только их средние значения.

13. Возможные значения проекции момента количества движения на направление, образующее угол  $\theta$  с осью  $z$ , равны

- a)  $\hbar m \cos\theta$ ;
- b)  $\hbar m$ .

14. Энергетические уровни внешнего электрона в атоме лития

- a) не вырождены;
- вырождены:
- b)  $2l + 1$ -кратно;
- c)  $n^2$ -кратно;
- d)  $2(2l + 1)$ -кратно;

е)  $2n^2$  -кратно.  
( $n$  - главное, а  $l$  - орбитальное квантовые числа).

15. Энергия атома, находящегося под действием поля внешней электромагнитной волны,  
а) увеличивается за счет поглощения энергии из волны;  
б) уменьшается за счет передачи волне части энергии атома;  
с) возможны оба процесса в зависимости от начального состояния атома.

16. При дипольном излучении длина излучаемой волны  
а) гораздо больше размера излучающего атома;  
б) гораздо меньше ее;  
с) одного с ней порядка.

17. Принцип Паули справедлив:  
а) для двух тождественных бозонов  
б) для двух тождественных фермионов  
с) для любой пары квантовых частиц

18. Для пары электронов спиновая волновая функция для состояния с полным спином  $S=1$  является  
а) симметричной;  
б) антисимметричной

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент ответил верно на 6 и менее вопросов теста, оценка составляет **менее 10 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 10 вопросов теста, оценка составляет **от 11 до 20 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 14 вопросов теста, оценка составляет **от 21 до 30 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 18 вопросов теста, оценка составляет **от 31 до 40 баллов**.

## 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если студент получает не менее 20 баллов. В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретическая физика»

1. Поток квантовых частиц пропускается через несколько отверстий, прорезанных в непрозрачном экране. Прошедшие частицы фиксируются на большом расстоянии от экрана. Какое из нижеследующих утверждений верно:

- а) каждая частица проходит только через одно определенное отверстие;
- б) каждая частица проходит сразу через всю систему отверстий.

2. Размер атома водорода в основном состоянии равен  $a_B \approx 0.5 \cdot 10^{-8}$  см. Как изменится размер квантового состояния, если электрон заменить на более (примерно в 200 раз) тяжелый мю-мезон:

- a) увеличится в 200 раз;
- b) не изменится;
- c) уменьшится в 200 раз.

3. Волновой пакет свободно перемещается в пустом пространстве.

Какое из утверждений верно:

- a) фазовая скорость основной монохроматической компоненты пакета совпадает со скоростью, с которой двигалась бы классическая частица, обладающая таким импульсом;
- b) с ней совпадает групповая скорость пакета;
- c) ни то, ни другое.

4. Координата и импульс частицы являются в квантовой механике

- a) числовыми величинами;
- b) операторами дифференцирования;
- c) ответ зависит от используемого представления волновой функции

5. Одновременно с координатой частицы сколь угодно точно может быть измерена

- a) ее кинетическая энергия;
- b) потенциальная энергия;
- c) полная энергия.

6. Z-проекция момента количества движения частицы может быть измерена одновременно с

- a) с x-проекцией импульса;
- b) с y-проекцией импульса;
- c) с z-проекцией импульса;
- d) ни с одной из них.

7. Z-проекция момента количества движения частицы сохраняется при движении

- a) в отсутствие сил;
- b) в сферически симметричном поле;
- c) в цилиндрически симметричном поле;
- d) во всех этих случаях;
- e) ни в одном из этих случаев.

8. Каков характер движение частицы с дискретным энергетическим спектром?

Оно является

- a) финитным;
- b) инфинитным.

9. На гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  действует дополнительная постоянная сила  $F$  (соответствующий потенциал равен  $U(x) = -Fx$ ). Что происходит при этом с энергией основного состояния осциллятора?

- a) остается неизменной;
- b) понижается;
- c) повышается.

10. На гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  наложено дополнительное нелинейное поле с потенциалом  $U(x) = -gx^4$ ;  $g > 0$ . Как меняется характер энергетического спектра?

- a) остается дискретным;
- b) становится непрерывным.

11. Утверждение, что центр волнового пакета в классически доступной области движется по классическому закону справедливо  
а) всегда;  
б) никогда;  
в) с квазиклассической точностью.

12. При движении в центрально-симметричном поле сохраняется момент количества движения  
а) относительно центра поля;  
б) относительно произвольной точки.

13. Два одинаковых гармонических осциллятора связаны между собой слабой силой, описываемой потенциалом вида  $U(x_1, x_2) = g x_1 x_2$ . Указанное взаимодействие  
а) понижает энергию основного состояния;  
б) повышает энергию основного состояния;  
в) оставляет ее неизменной.

14. Энергетические уровни атома водорода  
а) не вырождены;  
вырождены:  
б)  $2l + 1$ -кратно;  
в)  $n^2$ -кратно;  
г)  $2(2l + 1)$ -кратно;  
д)  $2n^2$ -кратно.  
( $n$  - главное, а  $l$  - орбитальное квантовые числа).

15. Четность состояния атома водорода с заданной энергией  
а) совпадает с четностью номера уровня  $((-1)^n)$ ;  
б) совпадает с четностью орбитального момента  $((-1)^l)$ ;  
в) не определена.

16. Частота излучаемой атомом электромагнитной волны равна деленной на  $\hbar$   
а) энергии начального состояния атома;  
б) энергии конечного состояния атома;  
в) разности этих энергий;  
г) их полусумме.

17. Какое из двух утверждений верно:  
а) к фермионам относятся все частицы с полуцелым спином, к бозонам — с целым.  
б) к фермионам относятся все частицы с целым спином, к бозонам — с полуцелым спином.

18. Для пары электронов спиновая волновая функция для состояния с полным спином  $S=0$  является  
а) симметричной;  
б) антисимметричной

19. Поток квантовых пропускается через круглое отверстие радиуса  $r$ , прорезанное в непрозрачном экране. Прошедшие частицы фиксируются на большом удалении, образуя на приемном экране напротив отверстия пятно некоторого радиуса  $r_1$ . Что происходит с радиусом пятна, если радиус отверстия уменьшается с помощью диафрагмы?  
а) уменьшается;

- b) увеличивается;
- c) остается неизменным.

20. При рассеянии электронов на периодической решетке была получена дифракционная картина. Во сколько раз должна отличаться энергия нейтронов от энергии рассеиваемых электронов, чтобы при рассеянии нейтронов получить ту же дифракционную картину:

- a) в  $m_T/m_e$  раз больше
- b) в  $m_T/m_e$  раз меньше
- c) энергия должна быть той же самой

21. Волновой пакет движется в однородном внешнем поле  $U(x) = -Fx$ .

Какое из утверждений верно:

- a) центр пакета движется равноускоренно с ускорением  $F/m$ ;
- b) равноускоренно увеличивается размер пакета.

22. Оператор  $d/dx$  является

- a) эрмитовским;
- b) антиэрмитовским;
- c) ни то, ни другое.

23. Одновременно с импульсом частицы может быть измерена

- a) ее кинетическая энергия;
- b) потенциальная энергия;
- c) полная энергия.

24. Z-проекция момента количества движения частицы может быть измерена одновременно с

- a) с координатой  $x$ ;
- b) с координатой  $y$ ;
- c) с координатой  $z$ ;
- d) ни с одной из них.

25. Какая из перечисленных ниже динамических величин сохраняется при движении частицы в однородном поле силы, направленной вдоль оси  $z$ ?

- a)  $z$ -проекция импульса;
- b)  $z$ -проекция момента количества движения;
- c) квадрат момента количества движения.

26. На гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  действует дополнительная постоянная сила  $F$  (соответствующий потенциал равен  $U(x) = -Fx$ ). Что при этом происходит с энергетическим спектром осциллятора?

- a) остается дискретным;
- b) становится непрерывным.

27. Если на гармонический осциллятор с собственной частотой  $\omega_0$  наложено дополнительное нелинейное поле с потенциалом  $U(x) = g x^3$ , энергетический спектр движения становится непрерывным. С другой стороны, считая константу  $g$  достаточно малой и пользуясь стандартной теорией возмущений, мы получим набор дискретных энергетических уровней, лишь слегка сдвинутых (при не слишком высоких возбуждениях) относительно уровней исходного гармонического осциллятора. Полученные таким образом уровни

- a) не имеют физического смысла;

b) являются характерными энергиями состояний, в которых частица большое хотя и конечное время остается в потенциальном "мешке" вблизи начала координат.

28. Условием применимости квазиклассического приближения является:

- a) медленное изменение фазы волновой функции;
- b) относительно медленное изменение дебройлевской длины волны  $\lambda$  на размерах  $\lambda$

29. Частица совершает финитное движение в квазиклассической потенциальной яме. Строго эквидистантным является спектр

- a) действия;
- b) энергии;

30. В состоянии с максимальным значением z-проекции момента его x- и y-проекции

- a) равны нулю;
- b) равны нулю только их средние значения.

31. Возможные значения проекции момента количества движения на направление, образующее угол  $\theta$  с осью z, равны

- a)  $\hbar m \cos\theta$ ;
- b)  $\hbar m$ .

32. Энергетические уровни внешнего электрона в атоме лития

- a) не вырождены;
  - вырождены:
  - b)  $2l + 1$ -кратно;
  - c)  $n^2$ -кратно;
  - d)  $2(2l + 1)$  - кратно;
  - e)  $2n^2$  - кратно.
- ( $n$  - главное, а  $l$  - орбитальное квантовые числа).

33. Энергия атома, находящегося под действием поля внешней электромагнитной волны,

- a) увеличивается за счет поглощения энергии из волны;
- b) уменьшается за счет передачи волне части энергии атома;
- c) возможны оба процесса в зависимости от начального состояния атома.

34. При дипольном излучении длина излучаемой волны

- a) гораздо больше размера излучающего атома;
- b) гораздо меньше ее;
- c) одного с ней порядка.

35. Принцип Паули справедлив:

- a) для двух тождественных бозонов
- b) для двух тождественных фермионов
- c) для любой пары квантовых частиц

36. Для пары электронов спиновая волновая функция для состояния с полным спином  $S=1$  является

- a) симметричной;
- b) антисимметричной

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретическая физика», 7 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа включает 5 задач, выполняется письменно. Пример варианта контрольной работы дан в п. 4.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если оценка составляет менее 12 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если оценка составляет от 13 до 18 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если оценка составляет от 19 до 24 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если оценка составляет от 25 до 30 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример варианта контрольной работы

1. Пользуясь соотношением неопределенностей Гайзенберга, оценить энергию основного состояния в потенциале  $U(x) = b|x|^{1/2}$  (4,5 балла).

2. Используя правило квантования Бора-Зоммерфельда, найти спектр уровней в потенциале  $U(x) = ax^4$ . (7,5 баллов).

3. Могут ли уровни атома водорода иметь степень вырождения 2, 4, 7, 9, 16? Какие из этих значений возможны в произвольном **не** кулоновском потенциале? (3 балла).

4. Система состоит из двух подсистем, каждая из которых имеет момент импульса  $j_{1,2} = 1$ . Найти все возможные значения полного момента, вычислить коэффициенты Клебша-Жордана для состояния с максимально возможным полным моментом. (9 баллов).

5. Пусть система находится в основном состоянии в потенциальном поле  $U(x) = -G\delta(x)$ . В какой-то момент времени «сила» потенциала увеличивается вдвое:  $G \rightarrow 2G$ . Чему равна вероятность, что система останется в *основном* состоянии? (6 балла).

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теоретическая физика», 7 семестр

### 1. Методика оценки

**Особенности разработки контролирующих материалов по РГЗ(Р):** контролирующие материалы формируются в виде 2 самостоятельных работ, которые выполняются в период плановых контрольных недель. Каждая самостоятельная работа состоит из 4-6 задач по темам охватываемого периода.

**Подбор задач** нацелен на проверку усвоения основных понятий квантовой механики, наличие навыков в решении физических задач, владение соответствующим математическим аппаратом. Наряду с задачами, требующими развернутых решений, предлагаются и задачи-тесты, выявляющие степень усвоения базовых принципов и понимание сути физических явлений.

**Оцениваемые позиции:** выбор и обоснование метода решения в соответствии с поставленной задачей, реализация выбранного метода, анализ решения с рассмотрением частных и предельных случаев.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если решено менее половины задач, или продемонстрировано незнание критически важных базовых понятий, набранное число баллов менее 12.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если методы решения выбраны без обоснования, в процессе получения решения по меньшей мере половины задач допущенные ошибки не принципиальны, хотя и повлияли на окончательные ответы, набранное число баллов от 13 до 18.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, по меньшей мере две трети задач доведены до правильного ответа, продемонстрировано уверенное владение базовыми понятиями, набранное число баллов от 19 до 24.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, все задачи решены, проведен полный анализ решений с рассмотрением частных и предельных случаев, набрано число баллов от 25 до 30.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример типового набора задач для самостоятельной работы в рамках РГЗ(Р)

Самостоятельная работа

1. Для рассеяния фотона на свободном электроне найти связь между частотой и углом рассеянного фотона (эффект Комптона) (7,5 баллов).
2. Исходя из соотношения неопределенностей, оценить энергию основного состояния частицы в поле  $U(x) = a|x|$ . (4,5 балла).
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{p}^2, \hat{L}_i]$ , где  $\hat{L}_i = \frac{1}{\hbar} \varepsilon_{ijk} \hat{x}_j \hat{p}_k$  – оператор момента количества движения (6 балла).
4. Найти энергию связанного состояния в потенциале  $U(x) = -G\delta(x)$  (4,5 балла).
5. Найти коэффициент прохождения и отражения квантовых частиц при рассеянии на потенциале  $U(x) = -G\delta(x)$ . (7,5 баллов).

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Теоретическая физика», 8 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по тестам. Тест состоит из 18 вопросов с возможностью выбора правильных ответов из предложенных вариантов. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту вопросы из списка в п.4.

### Форма экзаменационного теста

- Вероятность  $W$  осуществления двух статистически независимых событий равна
  - Полусумме вероятностей  $(W_1 + W_2)/2$ ;
  - Произведению вероятностей  $W_1 W_2$ .
- Пусть  $f_1$  и  $f_2$  являются двумя случайными величинами, о которых не предполагается, что они статистически независимы. Какие из выписанных ниже соотношений для средних значений действительно справедливы
  - $\langle f_1 f_2 \rangle = \langle f_1 \rangle \langle f_2 \rangle$ ;
  - $\langle f_1 + f_2 \rangle = \langle f_1 \rangle + \langle f_2 \rangle$ ;
  - $\langle \ln(f_1 f_2) \rangle = \ln \langle f_1 \rangle + \ln \langle f_2 \rangle$ ;
  - $\langle \ln(f_1 f_2) \rangle = \langle \ln f_1 \rangle + \langle \ln f_2 \rangle$
- Статистический вес замкнутой системы, состоящей из двух квазизамкнутых подсистем равен
  - сумме стат. весов ее квазизамкнутых подсистем;
  - произведению стат. весов ее квазизамкнутых подсистем;
- В процессе установления равновесия в замкнутой системе энтропия ее квазизамкнутой подсистемы
  - увеличивается, либо остается неизменной;
  - уменьшается;
  - возможны оба варианта.
- При механическом контакте двух подсистем, находящихся в состоянии теплового равновесия, уменьшается объем той системы, давление в которой
  - меньше;
  - больше.
- При увеличении размеров (т.е. числа частиц  $N$ ) тела относительная флуктуация любой аддитивной физической величины
  - остается неизменной;

- b) уменьшается обратно пропорционально  $N^{1/2}$ ;
- c) увеличивается прямо пропорционально  $N^{1/2}$

7. Химический потенциал классического газа с фиксированным числом частиц, находящегося при температуре  $T$ ,

- a)  $\mu < 0$  и  $|\mu| \gg k_B T$ ;
- b)  $\mu > 0$  и  $\mu \gg k_B T$ ;
- c)  $\mu > 0$  и  $\mu \ll k_B T$ .

8. Как изменится характерная температура квантового вырождения при увеличении плотности газа в 8 раз?

- a) увеличится в 8 раз;
- b) увеличится в 4 раза;
- c) останется прежней;
- d) уменьшится в 4 раза.

9. Теплоемкость идеального классического газа, состоящего из  $N \gg 1$  двухатомных молекул, при температурах выше температуры диссоциации равна

- a)  $3N k_B / 2$ ;
- b)  $5N k_B / 2$ ;
- c)  $7N k_B / 2$ ;
- d)  $3N k_B$  ..

10. При стремлении температуры к абсолютному нулю, теплоемкость системы стремится

- a) к универсальной константе;
- b) к нулю;
- c) к бесконечности.

11. Работа, совершенная газом, определяется начальным и конечным состояниями газа

- a) однозначна и не зависит от всего хода процесса;
- b) неоднозначна и зависит от всего хода процесса.

12. Изменение внутренней энергии газа равно

- a) разности между количеством тепла, переданным газу, и совершенной газом работой;
- b) их сумме;
- c) их произведению.

13. При изотермическом увеличении объема газа его давление

- a) возрастает;
- b) уменьшается;
- c) остается неизменным.

14. При изохорическом и изобарическом нагревании газа отношение  $(\partial T / \partial S)_V / (\partial T / \partial S)_p$  равно

- a)  $\gamma (= c_p / c_v)$ ;
- b) 1;
- c)  $1/\gamma$ .

15. При увеличении плотности вырожденного электронного газа относительная роль кулоновского взаимодействия

- a) увеличивается (т.е. газ становится менее идеальным);
- b) не изменяется;

с) уменьшается (т.е. газ становится более идеальным).

16. При низких температурах (ниже Дебаевской) решеточная (фононная) теплоемкость металла зависит от температуры по

- а) линейному закону;
- б) кубическому закону;
- с) не зависит от температуры.

17. Частота, на которой спектральная плотность равновесного теплового излучения имеет максимум,

- а) прямо пропорциональна температуре;
- б) обратно пропорциональна температуре;
- с) не зависит от температуры.

18. Химический потенциал бозе-газа с фиксированным числом частиц всегда

- а) неотрицателен;
- б) равен нулю;
- с) неположителен.

## 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент верно ответил на 6 и менее вопросов теста, оценка составляет **менее 10 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент верно ответил на 10 вопросов теста, оценка составляет **от 11 до 20 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент верно ответил на 14 вопросов теста, оценка составляет **от 21 до 30 баллов**.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент верно ответил на 18 вопросов теста, оценка составляет **от 31 до 40 баллов**.

## 3. Шкала оценки

Экзамен считается сданным, если студент получает не менее 20 баллов. В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

## 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теоретическая физика»

1. Вероятность  $W$  осуществления двух статистически независимых событий равна

- а) Полусумме вероятностей  $(W_1 + W_2)/2$ ;
- б) Произведению вероятностей  $W_1 W_2$ .

2. Пусть  $f_1$  и  $f_2$  являются двумя случайными величинами, о которых не предполагается, что они статистически независимы. Какие из выписанных ниже соотношений для средних значений действительно справедливы

- а)  $\langle f_1 f_2 \rangle = \langle f_1 \rangle \langle f_2 \rangle$  ;
- б)  $\langle f_1 + f_2 \rangle = \langle f_1 \rangle + \langle f_2 \rangle$ ;
- с)  $\langle \ln(f_1 f_2) \rangle = \ln \langle f_1 \rangle + \ln \langle f_2 \rangle$ ;
- д)  $\langle \ln(f_1 f_2) \rangle = \langle \ln f_1 \rangle + \langle \ln f_2 \rangle$

3. Статистический вес замкнутой системы, состоящей из двух квазизамкнутых подсистем равен

- a) сумме стат. весов ее квазизамкнутых подсистем;
  - b) произведению стат. весов ее квазизамкнутых подсистем;
4. В процессе установления равновесия в замкнутой системе энтропия ее квазизамкнутой подсистемы
- a) увеличивается, либо остается неизменной;
  - b) уменьшается;
  - c) возможны оба варианта.
5. При механическом контакте двух подсистем, находящихся в состоянии теплового равновесия, уменьшается объем той системы, давление в которой
- a) меньше;
  - b) больше.
6. При увеличении размеров (т.е. числа частиц  $N$ ) тела относительная флуктуация любой аддитивной физической величины
- a) остается неизменной;
  - b) уменьшается обратно пропорционально  $N^{1/2}$ ;
  - c) увеличивается прямо пропорционально  $N^{1/2}$
7. Химический потенциал классического газа с фиксированным числом частиц, находящегося при температуре  $T$ ,
- a)  $\mu < 0$  и  $|\mu| \gg k_B T$ ;
  - b)  $\mu > 0$  и  $\mu \gg k_B T$ ;
  - c)  $\mu > 0$  и  $\mu \ll k_B T$ .
8. Как изменится характерная температура квантового вырождения при увеличении плотности газа в 8 раз?
- a) увеличится в 8 раз;
  - b) увеличится в 4 раза;
  - c) останется прежней;
  - d) уменьшится в 4 раза.
9. Теплоемкость идеального классического газа, состоящего из  $N \gg 1$  двухатомных молекул, при температурах выше температуры диссоциации равна
- a)  $3N k_B / 2$ ;
  - b)  $5N k_B / 2$ ;
  - c)  $7N k_B / 2$ ;
  - d)  $3N k_B$  ..
10. При стремлении температуры к абсолютному нулю, теплоемкость системы стремится
- a) к универсальной константе;
  - b) к нулю;
  - c) к бесконечности.
11. Работа, совершенная газом, определяется начальным и конечным состояниями газа
- a) однозначна и не зависит от всего хода процесса;
  - b) неоднозначна и зависит от всего хода процесса.
12. Изменение внутренней энергии газа равно
- a) разности между количеством тепла, переданным газу, и совершенной газом работой;
  - b) их сумме;

с) их произведению.

13. При изотермическом увеличении объема газа его давление

- а) возрастает;
- б) уменьшается;
- с) остается неизменным.

14. При изохорическом и изобарическом нагревании газа отношение  $(\partial T/\partial S)_V/(\partial T/\partial S)_P$  равно

- а)  $\gamma (= c_p / c_v)$ ;
- б) 1;
- с)  $1/\gamma$ .

15. При увеличении плотности вырожденного электронного газа относительная роль кулоновского взаимодействия

- а) увеличивается (т.е. газ становится менее идеальным);
- б) не изменяется;
- с) уменьшается (т.е. газ становится более идеальным).

16. При низких температурах (ниже Дебаевской) решеточная (фононная) теплоемкость металла зависит от температуры по

- а) линейному закону;
- б) кубическому закону;
- с) не зависит от температуры.

17. Частота, на которой спектральная плотность равновесного теплового излучения имеет максимум,

- а) прямо пропорциональна температуре;
- б) обратно пропорциональна температуре;
- с) не зависит от температуры.

18. Химический потенциал бозе-газа с фиксированным числом частиц всегда

- а) неотрицателен;
- б) равен нулю;
- с) неположителен.

19. Вероятность  $W$  выпадения любого из двух возможных значений некоторой случайной величины равна

- а) Сумме вероятностей  $W_1 + W_2$  этих значений;
- б) Произведению их вероятностей  $W_1 W_2$ .

20. Статистический вес заданной конфигурации в замкнутой системе, состоящей из двух квазизамкнутых подсистем равен

- а) сумме стат. весов этих подсистем;
- б) их произведению;
- с) их геометрическому среднему.

21. В процессе установления равновесия энтропия замкнутой системы

- а) увеличивается, либо остается неизменной;
- б) уменьшается;
- с) возможны оба варианта.

22. При тепловом контакте двух подсистем единой замкнутой системы, каждая из которых

первоначально находилась в своем отдельном состоянии равновесия, энергия перетекает  
а) от менее нагретой подсистемы к более нагретой;  
б) в обратном направлении.

23. При диффузионном контакте двух систем, находящихся в состоянии теплового и механического равновесия, поток частиц направлен в сторону системы с

- а) бóльшим химическим потенциалом;
- б) меньшим химическим потенциалом.

24. Эквивалентность микроканонического, канонического и большого канонического распределений означает то, что вычисленные в разных ансамблях

- а) средние значения термодинамических величин и их флуктуации равны;
- б) средние совпадают, а флуктуации могут различаться;
- с) флуктуации и средние различаются, однако относительные флуктуации одинаковы.

25. Если число частиц в системе не фиксировано, а само определяется в процессе установления равновесия, то химический потенциал такой системы

- а) всегда меньше нуля;
- б) всегда равен нулю;
- с) всегда больше нуля.

26. Теплоемкость идеального классического газа, состоящего из  $N \gg 1$  двухатомных молекул, при высоких температурах (но ниже температуры диссоциации) равна

- а)  $3N k_B / 2$ ;
- б)  $5N k_B / 2$ ;
- с)  $7N k_B / 2$ ;
- д)  $3N k_B$ .

27. При стремлении температуры к абсолютному нулю, энтропия системы стремится

- а) к универсальной константе;
- б) к нулю;
- с) к бесконечности.

28. Теплоемкость идеального классического кристалла, состоящего из  $N \gg 1$  узлов равна

- а)  $N k_B$ ;
- б)  $3N k_B / 2$ ;
- с)  $3N k_B$ .

29. Количество тепла, переданное газу, определяется начальным и конечным состояниями газа

- а) однозначно и не зависит от всего хода процесса;
- б) неоднозначно и зависит от всего хода процесса.

30. Изменение внутренней энергии газа определяется начальным и конечным состояниями газа

- а) однозначно и не зависит от всего хода процесса;
- б) неоднозначно и зависит от всего хода процесса.

31. В классическом идеальном газе отношение адиабатической и изотермической сжимаемостей,  $(\partial p / \partial V)_S / (\partial p / \partial V)_T$  равно

- а)  $\gamma (= c_p / c_v)$ ;
- б) 1;

с)  $1/\gamma$ .

32. Как изменится энергия Ферми вырожденного электронного газа при увеличении его плотности в 8 раз?

- а) увеличится в 8 раз;
- б) увеличится в 4 раза;
- с) останется прежней;
- д) уменьшится в 4 раза.

33. При низких температурах электронная теплоемкость металла зависит от температуры по

- а) линейному закону;
- б) кубическому закону;
- с) не зависит от температуры.

34. Теплоемкость газа фотонов равновесного теплового излучения зависит от температуры по

- а) линейному закону;
- б) кубическому закону;
- с) не зависит от температуры.

35. Химический потенциал газа фотонов равновесного теплового излучения всегда

- а) отрицателен;
- б) равен нулю;
- с) положителен.

36. При изотермическом уменьшении объема идеального бозе-газа, находящегося при температуре ниже температуры бозе-конденсации, его давление

- а) возрастает;
- б) уменьшается;
- с) остается неизменным.

## Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Теоретическая физика», 8 семестр

### 1. Методика оценки

Контрольная работа включает 5 задач, выполняется письменно. Пример варианта контрольной работы дан в п. 4.

### 2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольная работа считается **невыполненной**, если оценка составляет менее 12 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если оценка составляет от 13 до 18 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если оценка составляет от 19 до 24 баллов.

Работа считается выполненной на **продвинутом** уровне, если оценка составляет от 25 до 30 баллов

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример варианта контрольной работы

1. Два тела с постоянными теплоемкостями  $C_1$  и  $C_2$  и температурами  $T_1$  и  $T_2$  приводят в соприкосновение. Найти равновесную температуру и изменение в результате установления теплового равновесия. (9 баллов).

2. Энтропия некоторого тела связана с его энергией  $S = a E^{1/2}$ .  
Найти теплоемкость  $C_V$ . (6 балла).

3. Используя распределение Максвелла, вычислить среднюю и среднеквадратичную скорость частиц в идеальном газе с температурой  $T$ . (3 балла).

4. Как изменится энергия газа фотонов, находящегося внутри полости с абсолютно черными стенками при температуре  $T$ , если объем полости медленно увеличить в 2 раза? (3 балла).

5.  $N$  невзаимодействующих тождественных ферми частиц находятся в сосуде объемом  $V$ , при температуре  $T=0$ , масса частицы  $m$ . Найти среднюю энергию частицы. (9 баллов).

## Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Теоретическая физика», 8 семестр

### 1. Методика оценки

**Особенности разработки контролирующих материалов по РГЗ(Р):** контролирующие материалы формируются в виде 2 самостоятельных работ, которые выполняются в период плановых контрольных недель. Каждая самостоятельная работа состоит из 4-6 задач по темам охватываемого периода.

**Подбор задач** нацелен на проверку усвоения основных понятий статфизики, наличие навыков в решении физических задач, владение соответствующим математическим аппаратом. Наряду с задачами, требующими развернутых решений, предлагаются и задачи-тесты, выявляющие степень усвоения базовых принципов и понимание сути физических явлений.

**Оцениваемые позиции:** выбор и обоснование метода решения в соответствии с поставленной задачей, реализация выбранного метода, анализ решения с рассмотрением частных и предельных случаев.

### 2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если решено менее половины задач, или продемонстрировано незнание критически важных базовых понятий, набранное число баллов менее 12.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если методы решения выбраны без обоснования, в процессе получения решения по меньшей мере половины задач допущенные ошибки не принципиальны, хотя и повлияли на окончательные ответы, набранное число баллов от 13 до 18.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, по меньшей мере две трети задач доведены до правильного ответа, продемонстрировано уверенное владение базовыми понятиями, набранное число баллов от 19 до 24.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если выбранные методы решения правильные и обоснованы, все задачи решены, проведен полный анализ решений с рассмотрением частных и предельных случаев, набрано число баллов от 25 до 30.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

### 4. Пример типового набора задач для самостоятельной работы в рамках РГЗ(Р)

Самостоятельная работа

1. Найти число микросостояний для изолированной системы  $N$  невзаимодействующих спинов (магнитный момент каждого может принимать два значения  $\pm\mu$ ), если полный магнитный момент системы равен  $M$ . (3 балла).
2. Система из  $N$  слабо взаимодействующих спинов помещена в постоянное магнитное поле  $\mathbf{B}$ . Найти микроканоническую температуру системы. (6 балла).
3. Построить каноническую статсумму для нелинейного осциллятора с энергией  $E = p^2/2m + ax^4/4$ . Найти свободную энергию и теплоемкость. (9 баллов).
4. Нарисовать качественно зависимость химпотенциала от температуры для ферми и бозе (идеального) газа. (3 балла).
5. Оценить количественно температуру вымораживания вращательной степени свободы для молекул  $\text{H}_2$  и  $\text{O}_2$  (9 баллов).