

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
БОРИСОГЛЕБСКИЙ ФИЛИАЛ
(БФ ФГБОУ ВО «ВГУ»)

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
Основы теоретической физики

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Приступая к изучению учебной дисциплины, прежде всего обучающиеся должны ознакомиться с учебной программой дисциплины. Электронный вариант рабочей программы размещён на сайте БФ ВГУ.

Обучающиеся должны иметь четкое представление о:

- перечне и содержании компетенций, на формирование которых направлена дисциплина;
- основных целях и задачах дисциплины;
- планируемых результатах, представленных в виде знаний, умений и навыков, которые должны быть сформированы в процессе изучения дисциплины;
- количестве часов, предусмотренных учебным планом на изучение дисциплины, форму промежуточной аттестации;
- количестве часов, отведенных на контактную и самостоятельную работу;
- формах контактной и самостоятельной работы;
- структуре дисциплины, основных разделах и темах;
- системе оценивания ваших учебных достижений;
- учебно-методическом и информационном обеспечении дисциплины.

Знание основных положений, отраженных в рабочей программе дисциплины, поможет обучающимся ориентироваться в изучаемом курсе, осознавать место и роль изучаемой дисциплины в подготовке будущего филолога, строить свою работу в соответствии с требованиями, заложенными в программе.

Основными формами контактной работы по дисциплине являются лекции и практические занятия, посещение которых обязательно для всех студентов (кроме студентов, обучающихся по индивидуальному плану).

В ходе лекционных занятий следует не только слушать излагаемый материал и кратко его конспектировать, но очень важно участвовать в анализе примеров, предлагаемых преподавателем, в рассмотрении и решении проблемных вопросов, выносимых на обсуждение. Необходимо критически осмысливать предлагаемый материал, задавать вопросы как уточняющего характера, помогающие уяснить отдельные излагаемые положения, так и вопросы продуктивного типа, направленные на расширение и углубление сведений по изучаемой теме, на выявление недостаточно освещенных вопросов, слабых мест в аргументации и т.п.

В процессе конспектирования лекционного материала лучше использовать одну сторону тетрадного разворота (например, левую), оставив другую (правую) для внесения вопросов, замечаний, дополнительной информации, которая может появиться при изучении учебной или научной литературы во время подготовки к практическим занятиям. Не следует дословно записать лекцию, лучше попытаться понять логику изложения и выделить наиболее важные положения лекции в виде опорного конспекта или ментальной карты (для составления ментальной карты или опорного конспекта можно использовать разворот тетради или отдельный чистый лист А4, который затем можно вклеить в тетрадь для конспектов). Основные определения важнейших понятий, особенно при отсутствии единства в трактовке тех или иных понятий среди ученых, лучше записать. Не следует пренебрегать примерами, зачастую именно записанные примеры помогают наполнить опорный конспект живым содержанием и облегчают его понимание.

Рекомендуется использовать различные формы выделения наиболее сложного, нового, непонятного материала, который требует дополнительной проработки: можно пометить его знаком вопроса (или записать на полях сам вопрос), цветом, размером букв и т.п. – это поможет быстро найти материал, вызвавший трудности, и в конце лекции (или сразу же, попутно) задать вопрос

преподавателю (не следует оставлять непонятый материал без дополнительной проработки, без него иногда бывает невозможно понять последующие темы). Материал уже знакомый или понятный нуждается в меньшей детализации – это поможет сэкономить усилия во время конспектирования.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить в соответствии с вопросами для повторения основную литературу, просмотреть и дополнить конспекты лекции, ознакомиться с дополнительной литературой – это поможет усвоить и закрепить полученные знания. Кроме того, к каждой теме в планах практических занятий даются практические задания, которые также необходимо выполнить самостоятельно во время подготовки к занятию.

При подготовке к промежуточной аттестации необходимо повторить пройденный материал в соответствии с учебной программой, примерным перечнем вопросов, выносящихся на зачет с оценкой. Рекомендуется использовать конспекты лекций и источники, перечисленные в списке литературы в рабочей программе дисциплины, а также ресурсы электронно-библиотечных систем. Необходимо обратить особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных по разным причинам. При необходимости можно обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю.

Методические материалы для обучающихся по освоению теоретических вопросов дисциплины

№	Тема	Рассматриваемые вопросы
1	Электростатика.	Экспериментальные основы электродинамики. Предмет и методы классической электродинамики. Полная система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия и материальные уравнения. Физический смысл каждого уравнения. Относительный характер разделения электромагнитного поля на электрическое и магнитное. Закон Кулона. Закон сохранения электрического заряда. Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Гаусса и ее применение к расчету полей. Потенциальный характер электростатического поля. Скалярный потенциал поля. Электростатика диэлектриков. Граничные условия. Материальные уравнения, диэлектрическая проницаемость. Уравнение для электростатического потенциала, граничные условия. Электростатика проводников. Уравнения для напряженности и потенциала поля, граничные условия. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
2	Постоянный электрический ток.	Плотность тока и проводимость. Закон Ома в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Интегральная форма законов Ома и Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
3	Магнитостатика.	Законы Ампера и Био-Савара для линейных токов. Расчет магнитного поля токов. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока. Векторный потенциал. Уравнение Пуассона для векторного потенциала. Магнитное поле в веществе. Магнетики. Граничные условия. Материальные уравнения, магнитная проницаемость, диа-, пара-, и ферромагнетизм.

4	Переменное электромагнитное поле.	Условия квазистационарности. Проникновение магнитного поля в проводник. Скин-эффект. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле. Интегральная и дифференциальная форма закона электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Энергия системы токов. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.
5	Электромагнитные волны.	Волновое уравнение. Скорость распространения волн. Плоские монохроматические волны, их характеристики. Излучение электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитных волн. Поляризация электромагнитных волн. Эффект Доплера.
6	Особенности поведения микрообъектов.	Предмет и место квантовой механики в курсе физики. История развития квантовой механики. Проблема абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Эффекты, подтверждающие корпускулярные свойства света. Атомные модели. Боровская модель атома водорода. Гипотеза де Бройля. Дискретность значений физических величин. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношения неопределенностей. Вероятностный характер поведения микрочастиц.
7	Состояния, наблюдаемые в квантовой механике.	Описание состояний микросистем. Волновая функция. Квантовомеханический принцип суперпозиции. Описание наблюдаемых в квантовой механике. Самосопряженные операторы. Собственные функции и собственные значения самосопряженных операторов, их физический смысл. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Условия совместной измеримости наблюдаемых. Полный набор наблюдаемых. Операторы координат и импульса.
8	Уравнение Шредингера.	Принцип причинности в квантовой механике. Уравнение Шредингера. Вектор плотности потока вероятности. Изменение во времени средних значений наблюдаемых. Теорема Эренфеста. Предельный переход к классической механике. Стационарное уравнение Шредингера. Свойства стационарных состояний.
9	Одномерное движение.	Общие свойства одномерного движения. Задача о частице в потенциальной яме. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект, надбарьерное рассеяние. Линейный гармонический осциллятор.
	Движение в центрально-симметричном поле.	Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Собственные функции и собственные значения оператора орбитального момента. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода, энергетический спектр и волновые функции. Классификация состояний с помощью квантовых чисел. Спин электрона. (Лекции - 2 ч, практические занятия - 2 ч) Операторы спина. Волновая функция электрона с учетом спина. Полный набор наблюдаемых для электрона в атоме.
	Системы тождественных частиц.	Принцип тождественности частиц. Связь спина со статистикой. Бозоны, фермионы. Принцип Паули. Атомы, молекулы. Атом гелия. Мультиплетность состояний. Обменная энергия. Понятие о методе самосогласованного поля. Классификация состояний электронов в атоме. Периодическая система элементов. Молекула водорода. Природа

	химической связи. Атомы во внешнем поле. Эффект Зеемана.
--	--

Методические материалы для обучающихся по подготовке к практическим/лабораторным занятиям

№	Тема занятий	Рассматриваемые вопросы
1	Электростатика.	Экспериментальные основы электродинамики. Предмет и методы классической электродинамики. Полная система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия и материальные уравнения. Физический смысл каждого уравнения. Относительный характер разделения электромагнитного поля на электрическое и магнитное. Закон Кулона. Закон сохранения электрического заряда. Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Гаусса и ее применение к расчету полей. Потенциальный характер электростатического поля. Скалярный потенциал поля. Электростатика диэлектриков. Граничные условия. Материальные уравнения, диэлектрическая проницаемость. Уравнение для электростатического потенциала, граничные условия. Электростатика проводников. Уравнения для напряженности и потенциала поля, граничные условия. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
2	Постоянный электрический ток.	Плотность тока и проводимость. Закон Ома в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Интегральная форма законов Ома и Джоуля-Ленца. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
3	Магнитостатика.	Законы Ампера и Био-Савара для линейных токов. Расчет магнитного поля токов. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока. Векторный потенциал. Уравнение Пуассона для векторного потенциала. Магнитное поле в веществе. Магнетики. Граничные условия. Материальные уравнения, магнитная проницаемость, диа-, пара-, и ферромагнетизм.
	Переменное электромагнитное поле.	Условия квазистационарности. Проникновение магнитного поля в проводник. Скин-эффект. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле. Интегральная и дифференциальная форма закона электромагнитной индукции Фарадея. Ток смещения. Энергия системы токов. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.
	Электромагнитные волны.	Волновое уравнение. Скорость распространения волн. Плоские монохроматические волны, их характеристики. Излучение электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитных волн. Поляризация электромагнитных волн. Эффект Доплера.
	Особенности поведения микрообъектов.	Предмет и место квантовой механики в курсе физики. История развития квантовой механики. Проблема абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Эффекты, подтверждающие корпускулярные свойства света. Атомные модели. Боровская модель атома водорода. Гипотеза де Бройля. Дискретность значений физических величин. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношения неопределенностей. Вероятностный характер поведения микрочастиц.
	Состояния, наблюдаемые в квантовой механике.	Описание состояний микросистем. Волновая функция. Квантовомеханический принцип суперпозиции. Описание наблюдаемых в квантовой механике. Самосопряженные операторы. Собственные функции и собственные значения самосопряженных операторов, их физический смысл. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Условия совместной измеримости наблюдаемых. Полный набор

		наблюдаемых. Операторы координат и импульса.
	Уравнение Шредингера.	Принцип причинности в квантовой механике. Уравнение Шредингера. Вектор плотности потока вероятности. Изменение во времени средних значений наблюдаемых. Теорема Эренфеста. Предельный переход к классической механике. Стационарное уравнение Шредингера. Свойства стационарных состояний.
	Одномерное движение.	Общие свойства одномерного движения. Задача о частице в потенциальной яме. Потенциальные барьеры. Туннельный эффект, надбарьерное рассеяние. Линейный гармонический осциллятор.
	Движение в центрально-симметричном поле.	Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Собственные функции и собственные значения оператора орбитального момента. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода, энергетический спектр и волновые функции. Классификация состояний с помощью квантовых чисел. Спин электрона. (Лекции - 2 ч, практические занятия - 2 ч) Операторы спина. Волновая функция электрона с учетом спина. Полный набор наблюдаемых для электрона в атоме.
	Системы тождественных частиц.	Принцип тождественности частиц. Связь спина со статистикой. Бозоны, фермионы. Принцип Паули. Атомы, молекулы. Атом гелия. Мультиплетность состояний. Обменная энергия. Понятие о методе самосогласованного поля. Классификация состояний электронов в атоме. Периодическая система элементов. Молекула водорода. Природа химической связи. Атомы во внешнем поле. Эффект Зеемана.

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

Методические рекомендации по подготовке к зачету

Готовиться к зачету необходимо последовательно, с учетом контрольных вопросов, разработанных преподавателем кафедры. Сначала следует определить место каждого контрольного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованные научные работы, соответствующие разделы рекомендованных учебников. При этом полезно делать хотя бы самые краткие выписки и заметки.

Работу над темой можно считать завершенной, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме. Для обеспечения полноты ответа на контрольные вопросы и лучшего запоминания теоретического материала рекомендуется составлять план ответа на контрольный вопрос. Это позволит сэкономить время для подготовки непосредственно перед зачетом за счет обращения не к литературе, а к своим записям.

При подготовке необходимо выявлять наиболее сложные вопросы, с тем, чтобы обсудить их с преподавателем на лекциях и консультациях. Нельзя ограничивать подготовку к зачету простым повторением изученного материала. Необходимо углубить и расширить ранее приобретенные знания за счет новых идей и положений.

Вопросы к зачету по дисциплине «Основы теоретической физики»

1. Полная система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Граничные условия и материальные уравнения.
2. Закон Кулона. Закон сохранения электрического заряда. Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Гаусса и ее применение к расчету полей. Потенциальный характер электростатического поля. Скалярный потенциал поля.

3. Граничные условия. Материальные уравнения, диэлектрическая проницаемость..
4. Энергия электрического поля. Плотность энергии.
5. Плотность тока и проводимость. Закон Ома в дифференциальной форме. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Интегральная форма законов Ома и Джоуля-Ленца.
6. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа.
7. Законы Ампера и Био-Савара для линейных токов. Расчет магнитного поля токов. Вихревой характер магнитного поля. Закон полного тока. Векторный потенциал. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.
8. Магнитное поле в веществе. Магнетики. Граничные условия. Материальные уравнения, магнитная проницаемость, диа-, пара-, и ферромагнетизм.
9. Условия квазистационарности. Проникновение магнитного поля в проводник. Скин-эффект. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в магнитном поле. Интегральная и дифференциальная форма закона электромагнитной индукции Фарадея.
10. Ток смещения. Энергия системы токов. Индуктивность.
11. Энергия магнитного поля. Плотность энергии магнитного поля.
12. Волновое уравнение. Скорость распространения волн. Плоские монохроматические волны, их характеристики.
13. Излучение электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитных волн.
14. Поляризация электромагнитных волн. Эффект Доплера.
15. Предмет и место квантовой механики в курсе физики. История развития квантовой механики.
16. Проблема абсолютно черного тела. Квантовая гипотеза Планка. Эффекты, подтверждающие корпускулярные свойства света.
17. Атомные модели. Боровская модель атома водорода. Гипотеза де Бройля. Дискретность значений физических величин.
18. Корпускулярно-волновой дуализм. Соотношения неопределенностей. Вероятностный характер поведения микрочастиц
19. Описание состояний микросистем. Волновая функция. Квантовомеханический принцип суперпозиции. Описание наблюдаемых в квантовой механике. Самосопряженные операторы. Собственные функции и собственные значения самосопряженных операторов, их физический смысл.
20. Соотношения неопределенностей Гейзенберга. Условия совместной измеримости наблюдаемых. Полный набор наблюдаемых. Операторы координат и импульса.
21. Принцип причинности в квантовой механике. Уравнение Шредингера. Вектор плотности потока вероятности. Изменение во времени средних значений наблюдаемых.
22. Теорема Эренфеста. Предельный переход к классической механике.
23. Стационарное уравнение Шредингера. Свойства стационарных состояний.
24. Общие свойства одномерного движения. Задача о частице в потенциальной яме. Потенциальные барьеры.
25. Туннельный эффект, надбарьерное рассеяние. Линейный гармонический осциллятор.
26. Общие свойства движения в центрально-симметричном поле. Собственные функции и собственные значения оператора орбитального момента.
27. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода, энергетический спектр и волновые функции.

28. Классификация состояний с помощью квантовых чисел. Спин электрона. Операторы спина. Волновая функция электрона с учетом спина. Полный набор наблюдаемых для электрона в атоме.

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ОСНОВЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

1. Оцените постоянную Планка, если фотоэлектроны, вырывающиеся с поверхности металла светом с частотой $\nu_1 = 1,2 \times 10^{15}$ Гц, задерживаются напряжением $U_1 = 3,1$ В, а вырывающиеся светом с длиной волны $\lambda_2 = 125$ нм – напряжением $U_2 = 8,1$ В. Скорость света в вакууме $c = 3 \times 10^8$ м/с, элементарный заряд $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Кл.

2. При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов на вакуумном фотоэлементе фототок с поверхности катода, освещаемого светом с длиной волны λ_0 прекращается. Если изменить длину волны света в $\alpha = 2$ раза, то для прекращения фототока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в $\beta = 3$ раза. Определите длину волны λ_0 , если известно, что работа выхода материала катода $A = 1,89$ эВ, постоянная Планка $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Дж•с, скорость света в вакууме $c = 3 \times 10^8$ м/с. [$\lambda_0 = 0,33$ мкм]

3. Определите длину волны (в нм) света, которым освещается поверхность металла, если фотоэлектроны имеют максимальную кинетическую энергию 6×10^{-20} Дж, а работа выхода электронов из этого металла 6×10^{-19} Дж. [300]

4. Работа выхода электронов из некоторого металла 3,375 эВ. Найдите скорость электронов (в км/с), вылетающих с поверхности металла при освещении его светом с длиной волны 2×10^{-7} м.

5. Капля воды объемом 0,2 мл поглощает за время 1 с количество $N = 10^{18}$ фотонов монохроматического света длиной волны 0,75 мкм. Найти скорость повышения температуры воды. Считать известными удельную теплоемкость воды, ее плотность, скорость света в вакууме и постоянную Планка. Потерями энергии пренебречь.

6. Серебряная пластинка ($A = 4,7$ эВ) освещена монохроматическим излучением с длиной волны $\lambda = 180$ нм. Определите максимальный импульс, передаваемый поверхности пластинки при вырывании фотоэлектрона. Масса электрона $m_e = 9,1 \times 10^{-31}$ кг, постоянная Планка $h = 6,6 \times 10^{-34}$ Дж•с, скорость света в вакууме $c = 3 \times 10^8$ м/с.

7. Период полураспада изотопа $^{15}\text{P}32$ равен 14 дней. Во сколько раз уменьшится активность препарата за 20 дней? За какое время активность уменьшится в 9 раз?

8. Счетчик альфа-частиц установленный вблизи радиоактивного препарата, при первом измерении за минуту регистрировал 1600 частиц, а через 4 часа только 400 частиц. Найти период полураспада изотопа. Сколько частиц за одну минуту будет регистрировать счетчик через 6 часов?

9. Каков импульс фотона ультрафиолетового излучения с длиной волны 100 нм?

10. Каков импульс фотона, энергия которого равна 3 эВ?

11. Определить энергию фотонов, соответствующих наиболее длинным ($\lambda = 760$ нм) и наиболее коротким ($\lambda = 380$ нм) волнам видимой части спектра.

12. Источник света мощностью 100 Вт испускает $5 \cdot 10^{20}$ фотонов за 1 с. Найти среднюю длину волны излучения.

13. Тренированный глаз, длительно находящийся в темноте, воспринимает свет с длиной волны 0,5 мкм при мощности $2,1 \cdot 10^{-17}$ Вт. Верхний предел мощности, воспринимаемый безболезненно глазом, $2 \cdot 10^{-5}$ Вт. Сколько фотонов попадает в каждом случае на сетчатку глаза за 1 с?

Контрольная работа №1

Вариант 1

1. Какое тело излучает больше энергии при данной температуре – черное, серое или зеркальное?
2. Найти работу выхода с поверхности некоторого металла, если при поочередном освещении его электромагнитным излучением с длинами волн $\lambda_1 = 0,35$ мкм и $\lambda_2 = 0,54$ мкм максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в 2 раза.
3. Рентгеновский фотон испытывает центральное соударение с покоящимся электроном. Определите энергию фотона отдачи. Энергия фотона до соударения равна 50 кэВ.
4. Найти кинетическую энергию, при которой дебройлевская длина волны электрона равна его комптоновской длине волны.

Вариант 2

1. Максимум энергии в спектре Солнца приходится на диапазон длин волн вблизи 470 нм. Считая Солнце абсолютно черным телом, рассчитайте, на сколько уменьшается ежегодно масса Солнца за счет излучения? Экваториальный диаметр Солнца равен $1,4 \cdot 10^9$ м.
2. Определите красную границу фотоэффекта для лития и цинка.
3. Угол рассеяния фотона в эффекте Комптона $\theta = 90^\circ$, угол отдачи электрона $\varphi = 30^\circ$. Определите энергию фотона до рассеяния.
4. Поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой щелью шириной $b = 2,0$ мкм. Найти скорость электронов, если на экране, отстоящем от диафрагмы на $l = 50$ см, ширина центрального дифракционного максимума $\Delta x = 0,36$ мм.

Вариант 3

1. На освещенную поверхность Земли каждую секунду падает солнечное излучение с интенсивностью $1,36$ кВт/м². Считая, что Солнце излучает как абсолютно черное тело, определите температуру фотосферы. Диаметр Солнца $1,4 \cdot 10^9$ м, расстояние от Земли до Солнца $1,5 \cdot 10^{11}$ м.
2. Постройте график зависимости кинетической энергии фотоэлектрона от частоты света для натрия.
3. Найдите энергию фотона, у которого при центральном соударении с электроном длина волны возрастает в 1,5 раза. Какова при этом энергия электрона отдачи?
4. Показать, что измерение координаты x частиц с помощью узкой щели шириной b вносит неопределенность в их импульсы Δp_x такую, что $\Delta x \Delta p_x \geq \hbar$

Вариант 4

1. Определите температуру звезды – «белого карлика», если максимум излучения в ее спектре приходится на ультрафиолетовое излучение с длиной волны 300 нм
2. Определите кинетическую энергию и скорость фотоэлектронов, вылетевших из катода, изготовленного из оксида бария при его освещении зеленым светом с длиной волны 550 нм.
3. В чем заключалось противоречие между результатами опыта Комптона и классической теорией рассеяния волн?
4. Поток электронов с дебройлевской длиной волны 11 мкм падает нормально на прямоугольную щель шириной 0,1 мм. Оценить с помощью соотношения неопределенностей угловую ширину пучка за щелью.

Вариант 5

1. Какова длина волны излучения, у которого энергия кванта равна средней кинетической энергии атома гелия при температуре 300 К?
2. При каком запирающем потенциале прекратится эмиссия с цезиевого катода, освещаемого красным светом с длиной волны 600 нм?
3. Чем вызвано наличие в рассеянном рентгеновском излучении двух компонент?
4. Ускоряющее напряжение на электронно-лучевой трубке 10 кВ. Расстояние от электронной пушки до экрана 20 см. Оценить неопределенность координаты электрона на экране, если след электронного пучка на экране имеет диаметр 0,5 мм.

Вариант 6

1. В результате расширения Вселенной после Гигантского Взрыва возникшее электромагнитное излучение начало остывать. В настоящее время это излучение (его называют реликтовым) имеет вид теплового излучения с максимумом испускательной способности при длине волны $\lambda_m = 1,07$ мм. Какова температура этого излучения?
2. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла соответствует длине волны $6,6 \cdot 10^{-7}$ м. Чему равно напряжение, полностью задерживающее фотоэлектроны, вырывающиеся из этого металла излучением с длиной волны $1,8 \cdot 10^{-5}$ см?
3. Почему эффект Комптона наблюдается в опытах с рентгеновским излучением и не наблюдается в опытах с видимым или ультрафиолетовым излучением?
4. Оценить наименьшие погрешности, с которыми можно определить скорость электрона и протона, локализованных в области размером 1 мкм.

Контрольная работа по квантовой механике

Вариант № 1

1. Доказать следующую теорему: если операторы \hat{A} и \hat{B} имеют общие собственные функции, то такие операторы коммутируют.
2. Частица находится в одномерной прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Найти массу частицы, если ширина ямы l и разность энергий 3-го и 2-го энергетических уровней равна ΔE .
3. Электрон в атоме водорода находится в состоянии, описываемом волновой функцией $\psi = A(1 + ar)e^{ar}$, где A, a, α - постоянные величины. Найти постоянные a, α и энергию электрона E с помощью уравнения Шредингера.

Вариант № 2

1. Найти собственные значения оператора \hat{L}^2 , соответствующие его собственной функции $Y(\theta, \varphi) = A(\cos \theta + 2 \sin \theta \cos \varphi)$.
2. Частица находится в основном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$. Чему равна эта вероятность для классической частицы?
3. Частица массы m движется слева направо в потенциальном поле, которое в точке $x=0$ испытывает скачок U_0 . Слева от точки $x=0$ энергия частицы равна E . найти коэффициент отражения для случая $E \ll U_0$.

Вариант № 3

1. Проверить следующее правило коммутации: $[\hat{L}_x, \hat{L}_z] = -i\hbar \hat{L}_y$

2. Частица находится в первом возбужденном состоянии в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/3 < x < 2l/3$. Чему равна эта вероятность для классической частицы?

3. Вычислить нормировочный коэффициент A_0 собственной функции квантового гармонического осциллятора:

$$\psi_0 = A_0 \exp(-\alpha^2 x^2 / 2)$$

Вариант № 4

1. Проверить следующее правило коммутации: $[\hat{y}, \hat{L}_x] = -i\hbar z$.

2. Частица находится в состоянии с $n=3$ в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/6 < x < 5l/6$. Чему равна эта вероятность для классической частицы?

3. Найти для $1s$ электрона в атоме водорода наиболее вероятное его расстояние от ядра $r_{\text{вер}}$ и вероятность его обнаружения в области $r < r_{\text{вер}}$.

Вариант № 5

1. Проверить следующее правило коммутации: $[\hat{L}_z, \hat{L}_y] = -i\hbar \hat{L}_x$.

2. Частица массы m движется слева направо в потенциальном поле, которое в точке $x=0$ испытывает скачок U_0 . Слева от точки $x=0$ энергия частицы равна E . Найти коэффициент отражения для случая $E \gg U_0$.

3. Найти для $2s$ – состояния атома водорода наиболее вероятное расстояние электрона от ядра.

Вариант № 6

1. Найти собственное значение оператора A , принадлежащее собственной функции ψ_A , если $A = -\frac{d^2}{dx^2}$, $\psi_A = \sin 2x$.

2. Частица находится в состоянии с $n=4$ в одномерной прямоугольной потенциальной яме шириной l с бесконечно высокими стенками. Найти вероятность пребывания частицы в области $l/8 < x < 5l/8$. Чему равна эта вероятность для классической частицы?

3. Для $2p$ - электрона в атоме водорода найти наиболее вероятное расстояние от ядра.

Контрольная работа

Вариант 1

1. Запишите вероятность того, что молекула равновесного газа имеет компоненту скорости v_x из интервала значений $v_x \div v_x + d v_x$.

2. Какая часть молекул идеального газа имеет скорость, превышающую наиболее вероятную?

3. Найдите среднее значение потенциальной энергии молекулы газа, находящегося в сосуде высотой h в однородном поле силы тяжести.

4. Докажите, что траектории изображающих точек в фазовом пространстве не могут пересекаться.

5. Запишите термическое уравнение состояния: 1) в общем виде, 2) для идеального и реального газов.

6. Дайте определение теплоемкости системы. Попробуйте объяснить качественно, почему электронный газ при комнатных температурах вносит малый вклад в теплоемкость.

Вариант 2

1. Сравните величины средней, наивероятнейшей и среднеквадратичной скоростей газовых молекул.
2. Рассчитать относительную флуктуацию скорости молекул идеального равновесного газа.
3. Какая доля молекул кислорода земной атмосферы при температуре 300K может преодолеть гравитационное поле Земли?
4. Укажите границы применимости закона равномерного распределения энергии по степеням свободы.
5. Изобразите фазовую траекторию для классического линейного гармонического осциллятора.
6. Какова вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 0,01 эВ ниже уровня Ферми при температуре 20K?

Вариант 3

1. Какую интерпретацию можно дать максвелловской функции распределения?
2. Какая часть молекул газа имеет величину скорости, заключенную между $v_n/2$ и $2v_n$?
3. Найдите среднюю высоту столба атмосферного воздуха.
4. Начертите фазовые траектории одномерного движения материальных точек в поле силы тяжести с ускорением $g = \text{const}$.
5. Запишите статистическое выражение для внутренней энергии равновесное незамкнутой системы с постоянным числом частиц.
6. Определите для фермионов энергию (в единицах kT) тех уровней, вероятности заполнения которых равны соответственно 0,1 и 0,9.

Вариант 4

1. Оценить, какая часть молекул кислорода O_2 при температуре 300 K обладает скоростями, лежащими в интервале от 2000 до 2020 м/с.
2. Какая часть молекул идеального газа имеет скорость, не превышающую средней квадратичной скорости?
3. В одном из своих опытов Перрен, наблюдая с помощью микроскопа изменение концентрации взвешенных частиц гуммигута и изменением высоты, нашел, что при температуре 20°C и расстоянии между слоями 100 мкм число взвешенных частиц изменяется в 2 раза. Частицы гуммигута диаметром 0,3 мкм были взвешены в жидкости, плотность которой на 0,2 г/см³ меньше плотности частиц. Найти по этим данным значение числа Авогадро.
4. Определить вид фазовых траекторий для классического линейного гармонического осциллятора.
5. Пользуясь распределением Гиббса, найти выражение для энтропии незамкнутой равновесной системы с постоянным числом частиц.
6. Найти среднюю энергию и теплоемкость системы N невзаимодействующих частиц, которые могут находиться в двух квантовых невырожденных состояниях с энергиями E_0 и E_1 .

Вариант 5

1. Записать вид функции распределения молекул идеального газа по относительным скоростям.
2. Какая часть молекул азота имеет скорости, заключенные в интервале от 300 до 800 м/с?
3. Проиллюстрировать любым примером теорему об относительной флуктуации аддитивной физической величины.

4. Найти вид функции распределения для однородных микроскопических частиц, взвешенных в однородной жидкости.
5. Определить фазовую траекторию для свободной частицы при наличии силы трения, пропорциональной скорости.
6. Вывести формулу для средней энергии линейного гармонического осциллятора. 200 атмосфер при температуре 50 K?

10.3 Тесты по дисциплине «Основы теоретической физики»

При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

а) готовясь к тестированию, проработайте информационный материал по дисциплине.

Проконсультируйтесь с преподавателем по вопросу выбора учебной литературы;

б) четко выясните все условия тестирования заранее. Вы должны знать, сколько тестов Вам будет предложено, сколько времени отводится на тестирование, какова система

оценки результатов и т.д.

в) приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочтите вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выберите правильные (их может быть несколько). На отдельном листке ответов выпишите цифру вопроса и буквы, соответствующие правильным ответам;

г) в процессе решения желательно применять несколько подходов в решении задания. Это позволяет максимально гибко оперировать методами решения, находя каждый раз оптимальный вариант.

д) если Вы встретили чрезвычайно трудный для Вас вопрос, не тратьте много времени на него. Переходите к другим тестам. Вернитесь к трудному вопросу в конце.

е) обязательно оставьте время для проверки ответов, чтобы избежать механических ошибок.

Тест №1 для проверки знаний по теме «Введение»

1. Можно ли с помощью классических теорий описать микромир?
 - а) да
 - б) нет
 - в) можно в некоторых случаях
2. Авторами квантовой теории считаются
 - а) Э. Резерфорд, Н. Бор
 - б) М.Планк, А. Эйнштейн, Л. де Бройль
 - в) Э. Шредингер, В. Гейзенберг, П.А.М. Дирак
3. Когда возникла квантовая теория?
 - а) в конце XIX века
 - б) в первом десятилетии XX века
 - в) в третьем десятилетии XX века
4. Какие идеи лежат в основе квантовой механики?
 - а) дискретность материи (и ее свойств) и детерминизм
 - б) непрерывность материи и детерминизм
 - в) дуализм свойств материи и принцип причинности в широком понимании
5. Что означает слово «квант»?
 - а) частица
 - б) порция
 - в) что-то другое

6. Кто ввел в физику понятие квант?
- Бор
 - Эйнштейн
 - Планк
7. В связи с какой научной проблемой *появилось* понятие квант?
- фотоэффект
 - эффект Комптона
 - распределение энергии в спектре теплового излучения
8. От чего зависит энергия светового кванта?
- от его скорости
 - от характеристик среды
 - от цвета излучения
9. Закон Вина – это
- утверждение о характере зависимости интегральной энергетической светимости а.ч.т. от температуры
 - утверждение о характере зависимости моды испускательной способности а.ч.т. от температуры
 - что-то другое
10. Каков порядок величины постоянной Планка?
- 10^{-19}
 - 10^{-23}
 - 10^{-34}

Тест №2 для проверки знаний по теме «Корпускулярно-волновой дуализм материи»

1. Что такое «ультрафиолетовая катастрофа»?
- наличие в солнечном излучении составляющей с длиной волны, соответствующей ультрафиолетовому диапазону;
 - наличие в атмосфере «озоновых дыр»;
 - расхождение результатов волновой теории излучения абсолютно черного тела с результатами экспериментов в области ультрафиолетовых частот;
 - трудности измерения спектральной плотности излучения в области высоких частот.
2. Длина волны, соответствующая максимуму испускательной способности абсолютно черного тела при изменении температуры уменьшилась в 2 раза. Как изменилась интегральная энергетическая светимость абсолютно черного тела?
- уменьшилась в 8 раз;
 - увеличилась в 8 раз;
 - уменьшилась в 16 раз;
 - увеличилась в 16 раз.
3. По какой из формул, приведенных ниже, можно вычислить среднюю энергию планковского излучателя, имеющего низкую частоту?
- $h\nu$;
 - $e^{\frac{h\nu}{kT}}$;
 - kT ;
 - $\frac{\omega^2}{4\pi^2 c^2} kT$.
4. Кто впервые экспериментально определил величину постоянной Планка?
- А. Эйнштейн;
 - Р. Милликен;
 - О. Штерн;
 - А.Г. Столетов.
5. При наблюдения фотоэффекта на меди длину волны излучения, первоначально равную 200 нм, увеличили в 3 раза, а величину светового потока уменьшили в 3 раза. Как изменилась при этом величина фототока?

- 1) не изменилась;
 - 2) уменьшилась в 3 раза;
 - 3) уменьшилась в 9 раз;
 - 4) стала равной нулю.
6. Красная граница фотоэффекта для лития находится в видимой области спектра и составляет примерно 0,52 мкм. Какова работа выхода электрона из этого металла?
- 1) 4,2 эВ; 2) 2,4 эВ; 3) 1,2 эВ; 4) 8,4 эВ.
7. При рассеянии рентгеновских фотонов на связанных электронах частота излучения
- 1) увеличивается; 2) уменьшается; 3) остается неизменной; ;4) результат зависит от атомного номера рассеивающего вещества.
8. Интенсивность «несмещенной» компоненты рассеянного рентгеновского излучения с уменьшением атомного номера рассеивающего вещества
- 1) уменьшается; 2) увеличивается; 3) не изменяется; 4) сначала возрастает, затем убывает.
9. Каков порядок величины момента импульса электрона на стационарной боровской орбите?
- 1) 10^{-10} Дж с; 2) 10^{-19} Дж с; 3) 10^{-23} Дж с; 4) 10^{-34} Дж с.
10. Плоская гармоническая волна де Бройля соответствует
- 1) свободной частице;
 - 2) локализованной частице;
 - 3) электрону в атоме водорода;
 - 4) среди приведенных выше ответов нет правильного.
11. Квадрат модуля волновой функции описывает
- 1) распределение плотности вещества в пространстве;
 - 2) распределение вероятности обнаружения микрообъекта;
 - 3) распределение интенсивности излучения;
 - 4) среди приведенных ответов нет правильного.

Тест №3. "Основные понятия, постулаты и аппарат квантовой механики"

1. Физическую величину в аппарате квантовой механики однозначно представляет
 - 1) набор допустимых значений, 2) оператор, 3) среднее значение физической величины, 4) вероятность данного значения физической величины.
2. Оператор физической величины
 - 1) должен коммутировать с операторами других физических величин,
 - 2) не должен коммутировать с операторами других физических величин,
 - 3) должен быть комплексным,
 - 4) должен быть самосопряженным.
3. Волновая функция – это
 - 1) описание состояния физической системы,
 - 2) плотность распределения частиц в пространстве,
 - 3) вероятность обнаружения микрообъекта в заданной точке,
 - 4) плотность вероятности обнаружения микрообъекта.
4. Стандартными условиями для волновой функции являются
 - 1) условие нормировки и квадратичной интегрируемости,
 - 2) непрерывность, однозначность и конечность,
 - 3) зависимость от одновременно измеримых физических величин,
 - 4) зависимость от сопряженных физических величин.

5. Вероятность собственного состояния физической системы определяется
- 1) квадратом модуля волновой функции,
 - 2) квадратом модуля коэффициента разложения волновой функции в ряд по собственным функциям,
 - 3) собственным значением оператора физической величины в данном состоянии,
 - 4) собственной функцией оператора физической величины в данном состоянии.
6. Выберите неверное утверждение:
- 1) $[\hat{p}_x, x] = -i\hbar$, 2) $[x, \hat{p}_x] = i\hbar$, 3) $[\hat{p}_x, y] = 0$, 4) $[\hat{L}_x, \hat{L}_z] = i\hbar \hat{L}_y$.
7. Выберите верное утверждение:
- 1) причинность в квантовой механике отсутствует,
 - 2) причинность в квантовой механике имеет статистический характер,
 - 3) причинность в квантовой механике имеет форму лапласовского детерминизма,
 - 4) вопрос о причинности в квантовой механике еще не решен.
8. Найдите неверное среди приведенных ниже утверждений:
- 1) уравнение Шредингера – это уравнение второго порядка в частных производных,
 - 2) решениями стационарного уравнения Шредингера являются собственные функции оператора полной энергии,
 - 3) решая уравнение Шредингера, находим волновую функцию и допустимые значения энергии,
 - 4) уравнение Шредингера можно получить обобщением уравнений классической физики.
9. Уравнение Шредингера для стационарных состояний имеет вид
- 1) $\nabla^2 \psi + \frac{8\pi^2 m_0}{h^2} (W - U) \psi = 0$,
 - 2) $\nabla^2 \psi + \frac{2m_0}{h^2} (W - U) \psi = 0$,
 - 3) $\nabla^2 \psi + \frac{2m_0}{h^2} (W - U) = 0$,
 - 4) $\nabla^2 + \frac{2m_0}{h^2} (W - U) \psi = 0$.
10. Плотность потока вероятности имеет следующий вид
- 1) $\frac{i\hbar}{2m_0} (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi)$,
 - 2) $\frac{i\hbar}{2m_0} (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi)$,
 - 3) $\frac{i\hbar}{2m_0} (\psi \nabla^2 \psi^* - \psi^* \nabla^2 \psi)$,
 - 4) $\frac{2m_0}{\hbar^2} (\psi \nabla \psi^* - \psi^* \nabla \psi)$

Тест №4 "Задачи квантовой механики на одномерное движение. Атом водорода. Спин электрона. Элементы теории макросистем"

1. Расстояние между энергетическими уровнями частицы в потенциальной яме с непроницаемыми стенками по мере увеличения энергии
 - 1) возрастает; 2) убывает; 3) не изменяется; 4) сначала возрастает, затем не изменяется.
2. Проницаемость широкого потенциального барьера прямоугольной формы определяется выражением
 - 1) $D = D_0 e^{-\frac{\sqrt{8m_0(U_0-W)}d}{\hbar}}$; 2) $D = D_0 e^{\frac{\sqrt{8m_0(U_0-W)}d}{\hbar}}$; 3) $D = D_0 e^{-\frac{2\sqrt{2m_0(W-U_0)}d}{\hbar}}$; 4) $D = 1$.
3. Энергия квантового осциллятора в основном состоянии
 - 1) равна нулю; 2) не определена; 3) равна kT ; 4) равна $\hbar\omega/2$.

4. Кратность вырождения первого возбужденного состояния атома водорода равна

1) 1; 2) 2; 3) 4; 4) зависит от значения квантового числа l .

5. Запрещенным с точки зрения закона сохранения момента импульса является для электрона в атоме водорода переход

1) $2p - 1s$; 2) $2s - 1s$; 3) $3d - 2p$; 4) $4p - 2s$.

6. Абсолютная величина спина электрона равна

1) 0, 2) $\frac{\hbar}{2}$; 3) $\frac{\hbar}{2}\sqrt{3}$; 4) $\frac{1}{2}$

7. Спиновый магнитный момент электрона равен

1) $\frac{e\hbar}{2m_0}$; 2) $\frac{e\hbar}{m_0}$; 3) $\frac{e\hbar}{m_0}m$; 4) $\hbar m$.

8. Абсолютная величина спина фотона равна

1) 0; 2) $\frac{\hbar}{2}\sqrt{3}$; 3) 1; 4) $\hbar\sqrt{2}$.

9. К фермионам НЕ относятся

1) нейтрино; 2) каоны; 3) мюоны; 4) позитроны.

10. Выберите неверное утверждение:

1) в кристалле разрешенные энергетические зоны чередуются с запрещенными;

2) энергетические зоны кристалла возникают из-за расщепления энергетических уровней атома на близко расположенные подуровни;

3) глубокие термы атома расщепляются сильнее, чем внешние;

4) существование энергетических зон в кристалле можно объяснить с точки зрения принципа Паули.