

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ульяновский государственный педагогический университет
имени И.Н. Ульянова»
(ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова»)

Факультет физико-математического и технологического образования
Кафедра физики и технических дисциплин

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
И.Н. Тимошина

« 24 » сентября 2018 г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания в аспирантуру для
направления подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
по профилю 01.04.02 Теоретическая физика

Составитель:

Червон С.В., доктор физико-
математических наук, профессор

Рассмотрено и утверждено на заседании учёного совета факультета физико-математического и технологического образования (протокол № 1 от «7» сентября 2018 г.)

Ульяновск - 2018

Пояснительная записка

Программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия по профилю 01.04.02 «Теоретическая физика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утверждённого приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 906 (зарегистрировано в Минюсте России 20.08.2014 № 33714).

Цели и задачи вступительного испытания

Цель вступительного испытания – определить уровень теоретической и практической подготовки в области теоретической физики.

Задачами вступительного испытания является определение:

- степени сформированности научных знаний по основным разделам курса теоретической физики, применения математических методов для решения прикладных физических задач;
- умения связывать общие и частные вопросы физической науки.
- уровня свободного владения понятийным аппаратом, необходимым для самостоятельного восприятия, осмысления и усвоения знаний в области физики и математики.

Требования к уровню подготовки, необходимой для освоения программы и условия конкурсного отбора

Приступая к вступительным испытаниям абитуриент, должен

Знать:

- Общую структуру и базисные элементы конкретных физических теорий;
- Структуру современной теоретической физики в целом;
- Наиболее общие понятия, принципы и законы теоретической физики;

Уметь:

- Применять физические принципы и законы при анализе конкретных физических процессов и явлений;
- Использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

Владеть:

- Понятийным физическим аппаратом;
- Методами математической физики;
- Профессиональными знаниями для анализа и синтеза физической информации.

Форма вступительного испытания

Лица, желающие освоить программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по данному направлению, должны пройти вступительное испытание в форме устного экзамена.

ПЕРЕЧЕНЬ
Вопросов на вступительном экзамене в аспирантуру
для направления подготовки 03.06.01 Физика и астрономия
по профилю 01.04.02 «Теоретическая физика»

I МЕХАНИКА

- 1.1. Обобщенные координаты и принцип наименьшего действия. Уравнения Лагранжа. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной материальной точки и системы материальных точек.
- 1.2. Динамика материальной точки. Закон сохранения энергии. Масса и импульс тела. Центр инерции. Закон сохранения импульса. Упругое и неупругое соударение двух тел в форме шара.
- 1.4. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса. Механическое подобие и вириальная теорема.
- 1.5. Одномерное движение и определение потенциальной энергии по периоду колебаний.
- 1.6. Движение в центральном поле; кеплерова задача.
- 1.7. Виды взаимодействий. Фундаментальные силы. Закон всемирного тяготения. Закон Кулона. Упругие силы. Сила трения. Силы тяжести и вес. Принцип эквивалентности.
- 1.8. Колебания. Малые свободные колебания. Вынужденные колебания. Затухающие колебания. Резонанс. Параметрический резонанс.
- 1.9. Движение твердого тела. Угловая скорость и тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Уравнения движения. Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси.
- 1.10. Принцип относительности Эйнштейна. Постоянство скорости света. Четырехмерное пространство- время. Преобразование Лоренца. Длина тел в разных системах отсчета.
- 1.11. Промежуток времени между событиями. Собственное время. Преобразование скоростей. Релятивистское выражение для импульсов. Инвариантная масса. Энергия. Преобразование импульса и энергии. Частицы с нулевой массой.
- 1.12. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Момент импульса.

II ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

- 2.1. Заряд в электромагнитном поле. 4-потенциал и уравнения движения заряда в поле. Калибровочная инвариантность.
- 2.2. Постоянное электромагнитное поле. Движение в постоянном однородном электрическом поле. Движение в постоянном однородном магнитном поле. Движение в постоянном однородном электромагнитном поле.
- 2.3. Тензор электромагнитного поля. Преобразования Лоренца для поля. Инварианты поля.
- 2.4. Уравнения электромагнитного поля. Первая пара уравнений Максвелла. Действие для электромагнитного поля. 4-вектор тока. Уравнение непрерывности.
- 2.5. Вторая пара уравнений Максвелла. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля и макроскопических тел. Теорема вириала.
- 2.6. Закон Кулона и теорема Гаусса. Электростатическая энергия зарядов. Поле равномерно движущегося заряда. Движение в кулоновом поле.
- 2.7. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле.
- 2.8. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
- 2.9. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоская электромагнитная волна в однородной и изотропной среде. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение.

- 2.10. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара – Вихерта. Спектральное разложение запаздывающих потенциалов.
- 2.11. Излучение электромагнитных волн. Поле, создаваемое системой зарядов на больших расстояниях. Дипольное излучение. Магнитно-дипольное и квадрупольное излучения.

III КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

- 3.1. Основные положения квантовой механики. Состояние микросистемы и волновая функция. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции.
- 3.2. Собственные значения и собственные функции физических величин. Дискретный и непрерывный спектр собственных значений. Нормировка собственных функций, полная система ортонормированных функций.
- 3.3. Среднее значение физической величины и определение оператора. Эрмитовы операторы. Сложение и умножение операторов. Операторы и одновременная измеримость физических величин.
- 3.4. Обобщение результатов дискретного спектра на непрерывный. Нормировка на дельта-функцию Дирака. Волновая функция в f -представлении.
- 3.5. Предельный переход к классической механике. Волновая функция и измерения.
- 3.6. Гамильтониан. Дифференцирование операторов по времени. Стационарные состояния.
- 3.7. Матричные элементы, их зависимость от времени и частота перехода между состояниями n и m . Дифференцирование по времени и правило умножения матриц. Нормировка и диагональный вид энергии.
- 3.8. Гайзенберговское представление операторов. Матрица плотности.
- 3.9. Оператор импульса. Его собственные функции и собственные значения. Разложение волновой функции по СФ импульса.
- 3.10. Соотношения неопределенности.
- 3.11. Уравнение Шредингера. Де-Бройлевская длина волны частицы. Суперпозиция волн де Бройля. Плотность потока вероятности.
- 3.12. Линейный осциллятор.
- 3.13. Момент импульса, правила коммутации. Собственные значения и собственные функции момента. Четность состояния. Сложение моментов.
- 3.14. Спин. Оператор спина. Спинорные волновые функции (Спиноры).
- 3.15. Общие свойства одномерного движения. Потенциальная яма. Движение в однородном поле. Коэффициент прохождения.
- 3.16. Движение в центрально-симметричном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Падение частицы на центр. Движение в кулоновом поле.
- 3.17. Теория возмущений: стационарная теория, секулярное уравнение. Метод Ритца.
- 3.18. Теория возмущений: нестационарная теория. Борновское приближение.
- 3.19. Квазиклассическое приближение в квантовой механике, ВКБ решение. Граничные условия в квазиклассическом случае. Правило квантования Бора-Зоммерфельда.
- 3.20. Тождественность частиц: принцип неразличимости одинаковых частиц. Тождественность частиц: обменное взаимодействие и симметрия по отношению к перестановкам.
- 3.21. Вторичное квантование. Вторичное квантование в случае бозонов. Вторичное квантование в случае фермионов.

IV СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

- 4.1. Основные принципы статистики: фазовое пространство; функция статистического распределения; подсистема; основная задача статистики.
- 4.2. Статистическая независимость. Теорема об относительной флуктуации физических величин. Теорема Лиувилля о сохранении фазового объема.

- 4.3. Матрица плотности в координатном и энергетическом представлении. Статистическое распределение в квантовой статистике. Энтропия в квантовой статистике. Статистический вес макроскопического состояния подсистемы и ее энтропия.
- 4.4. Роль времени в определении энтропии. Физический смысл энтропии. Закон возрастания энтропии.
- 4.5. Микроканоническое распределение. Аддитивные интегралы движения и статистические свойства замкнутой системы. Функция распределения для замкнутой системы -- микроканоническое распределение. Неполное (частичное) равновесие системы. Макроскопическое состояние системы. Эргодические системы.
- 4.6. Распределение Гиббса – каноническое распределение. Распределения Максвелла в декартовых и криволинейных координатах.
- 4.7. Распределение вероятностей для осциллятора.
- 4.8. Свободная энергия в распределении Гиббса. Статистическая сумма и статистический интеграл. Распределение Гиббса для вращающихся тел. Большое каноническое распределение.
- 4.9. Термодинамическая теория возмущений.
- 4.10. Распределение Больцмана в квантовой и классической статистике. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Н-теорема Больцмана. Свободная энергия больцмановского идеального газа.
- 4.11. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равнораспределения.
- 4.12. Распределение Ферми и Бозе. Неравновесные ферми- и бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц.
- 4.13. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Релятивистский вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ.
- 4.14. Черное излучение. Распределение и формула Планка. Формула Рэлея-Джинса. Формула Вина и закон смещения. Закон Больцмана.
- 4.15. Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Вывод формулы уравнения Ван-дер-Ваальса.
- 4.16. Распределение Гаусса. Распределение Гаусса для нескольких величин.
- 4.17. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Флуктуация энергии черного излучения. Флуктуации в растворах.
- 4.18. Формула Пуассона. Ее вывод из распределения Гиббса.
- 4.19. Метод корреляционных функций. Пространственная корреляция флуктуаций плотности. Корреляция флуктуаций плотности в вырожденном газе.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика: в 10 т.: учебное пособие для физ. спец. ун-тов. Т. 1. Механика / Л. Д. Ландау, Лифшиц Е. М. - 5-е изд., стер. - Москва: Физматлит, 2007. - 222 с. - Предм. указ.: с. 221-222. - ISBN 978-5-9221-0819-5. Библиотека УлГПУ
2. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики. Механика, теория поля, элементы квантовой механики [Электронный ресурс] / Б. В. Медведев. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 600 с. - ISBN 978-5-9221-0770-9. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=544710>
3. Расовский, М. Теоретическая механика и механика сплошных сред: курс лекций / М. Расовский, А. Русинов; Министерство образования и науки Российской Федерации, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра радиофизики и электроники. - Оренбург: ИПК ГОУ ОГУ, 2011. - 152 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259346> (25.03.2016).

4. Будагян И. Ф. Электродинамика: учебное пособие / И.Ф. Будагян, В.Ф. Дубровин, А.С. Сигов. - М.: Альфа-М: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 304 с.: ил.; 60х90 1/16. - (Магистратура). (переплет) ISBN 978-5-98281-329-9, 1000 экз. URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=391337>
5. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: учебное пособие: в 5-х т. / Д.В. Сивухин. - 5-е изд., стер. - М.: Физматлит, 2009. - Т. 3. Электричество. - 655 с. - ISBN 978-5-9221-0673-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998> (25.03.2016).
6. Ландау Лев Давидович. Теоретическая физика: в 10 т.; учебное пособие для физ. специальностей ун-тов. Т. 3. Квантовая механика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 6-е изд., испр. - Москва: Физматлит, 2008. - 800 с. - ISBN 978-5-9221-0530-9. Библиотека УлГПУ
7. Давыдов А. Квантовая механика. 3 изд. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2011. - 704 с. URL: <http://ibooks.ru/reading.php?productid=22679>
8. Ефремов, Ю.С. Статистическая физика и термодинамика: учебное пособие / Ю.С. Ефремов. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 208 с. : ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-4620-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428682> (25.03.2016).
9. Березин, Ф.А. Лекции по статистической физике: курс лекций / Ф.А. Березин ; под ред. Д.А. Лейтес. - Изд. 2-е, испр. - М.: МЦНМО, 2008. - 197 с. - ISBN 978-5-94057-352-4; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63268> (25.03.2016).
10. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния: пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук; под ред. Н.К. Мышкин. - Минск: Белорусская наука, 2009. - 648 с.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309> (25.03.2016).