

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета



(подпись)

И.С. Огнев

19 сентября 2023 года

**Программа вступительного испытания в аспирантуру
по научной специальности
1.3.3 «Теоретическая физика»**

Ярославль 2023

ОБЩИЙ РАЗДЕЛ. Избранные вопросы общей физики

1. Механика

Инерциальные системы отсчета и законы динамики Ньютона. Потенциальная и кинетическая энергия. Закон сохранения энергии. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс. Сложение колебаний.

2. Молекулярная физика

Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия как функция состояния. Теоремы Карно для КПД тепловой машины. Неравенство Клаузиуса. Определение энтропии, ее статистический смысл. Распределение молекул по скоростям. Закон Максвелла и его экспериментальная проверка. Распределение молекул газа во внешнем поле. Условие равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовая диаграмма.

3. Электричество

Электростатическое поле в вакууме. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса. Закон Ампера. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на контур с током. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца. Магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Вектор Умова-Пойнтинга.

4. Оптика

Интерференция. Двухлучевая интерференция. Когерентность. Опыты Френеля и Юнга. Дифракция в параллельных лучах. Дифракция на одной щели. Дифракционная решетка. Принцип Гюйгенса-Френеля. Дифракция на круглом отверстии, круглом экране. Преломление и отражение электромагнитных волн на границе двух сред. Формулы Френеля. Полное внутреннее отражение.

5. Атомная и ядерная физика

Фотоэффект. Эффект Комптона. Спектральные термы. Комбинационный принцип Ритца. Постоянная Ридберга. Тонкая и сверхтонкая структура уровней атома водорода и водородоподобных атомов. Энергия связи ядра. Полуэмпирическая формула Вайцеккера для масс ядер. Капельная и оболочечная модели ядра. Общие законы радиоактивного распада.

СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ. Специальные вопросы теоретической физики

1. Аналитическая механика и классическая теория поля

Принцип наименьшего действия в механике. Уравнение Лагранжа. Функция Гамильтона. Уравнение Гамильтона. Малые колебания многомерных систем. Собственные частоты. Нормальные координаты. Электромагнитное поле в классической физике. Уравнения Максвелла в вакууме. Уравнение непрерывности. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле. Мультипольные моменты системы зарядов. Энергия системы зарядов во внешнем магнитном поле. Излучение электромагнитных волн (дипольное и магнито-дипольное излучения). Электрическое поле в диэлектриках. Постоянное магнитное поле в материальных средах. Уравнения Максвелла в веществе.

2. Квантовая механика и статистическая физика

Уравнение Шредингера. Вероятностная интерпретация волновой функции. Плотность тока вероятности и уравнение непрерывности. Линейный одномерный осциллятор. Движение в центрально-симметричном поле. Момент импульса в квантовой механике. Атом водорода. Стационарная теория возмущений в квантовой механике. Нестационарная теория возмущений. Теория квантовых переходов. Спин, оператор спина. Собственные значения и собственные функции оператора спина электрона. Уравнение Паули. Принцип Паули. Связь спина со статистикой. Термодинамические потенциалы. Энтропия. Каноническое распределение Гиббса. Свободная энергия больцмановского идеального газа. Уравнение состояния. Распределение Бозе-Эйнштейна. Вырожденный Бозе-газ. Излучение абсолютно черного тела. Распределение Ферми-Дирака. Вырожденный Ферми-газ. Электронный газ в металле.

3. Релятивистские уравнения и формализм квантовой теории поля

Уравнение Клейна-Гордона-Фока для скалярной частицы. Включение внешнего поля. Калибровочная инвариантность. Релятивистское уравнение Дирака. Вероятностная интерпретация волновой функции. Решение свободного уравнения Дирака в виде плоских волн. Спиновый, орбитальный и полный моменты количества движения. Уравнение Дирака во внешнем электромагнитном поле. Тонкое расщепление водородоподобных уровней. Классические поля. Действие в теории поля. Лагранжев формализм. Теорема Нетер. Законы сохранения в теории поля. Квантование скалярных и фермионных полей. Пропагаторы скалярного, фермионного и векторного полей.

4. Стандартная модель взаимодействий частиц

Спинорная квантовая электродинамика (КЭД). Представление взаимодействия и S-оператор в КЭД. Правила Фейнмана. Комптон-эффект. Лагранжиан квантовой хромодинамики (КХД) и инвариантность относительно цветовых преобразований. Основные уравнения и правила Фейнмана в КХД. Единая электрослабая теория Вайнберга-Салама-Глэшоу. Сектор векторных бозонов. Скалярный сектор теории. Возникновение масс промежуточных бозонов. Фермионный сектор. Механизм появления масс фермионов. Смешивание поколений.

Рекомендуемая литература

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 1: Механика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 224 с.
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 2: Теория поля. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 536 с.
3. Ландау Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 800 с.
4. Берестецкий В. Б. Теоретическая физика / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. Т. 4: Квантовая электродинамика. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 720 с.
5. Ландау Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 5: Статистическая физика. Часть 1. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. — 620 с.
6. Ландау Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Т. 8: Электродинамика сплошных сред. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2016. — 656 с.
7. Лифшиц Е. М. Теоретическая физика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. Т. 9: Статистическая физика. Часть 2. Теория конденсированного состояния. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2015. — 440 с.
8. Биленький С. М. Введение в диаграммы Фейнмана и физику электрослабого взаимодействия. / С. М. Биленький. — М: Ленанд, 2014. — 328 с.
9. Окунь Л. Б. Лептоны и кварки. / Л. Б. Окунь. — М.: Едиториал УРСС, 2015. — 352 с.
10. Боголюбов Н. Н. Квантовые поля. / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 400 с.
11. Боголюбов Н. Н. Введение в теорию квантованных полей. / Н. Н. Боголюбов, Д. В. Ширков. — М.: Наука, 1984. — 597 с.
12. Пескин М. Введение в квантовую теорию поля. / М. Пескин, Д. Шредер — Ижевск.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. — 784 с.

13. Соколов А. А. Квантовая электродинамика / А. А. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский, А. В. Борисов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 312 с.

14. Соколов А. А. Калибровочные поля / А. А. Соколов, И. М. Тернов, В. Ч. Жуковский, А. В. Борисов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. — 260 с.

Программа утверждена на заседании кафедры теоретической физики 20 октября 2023 года (протокол № 2).

Заведующий кафедрой

А.Я. Пархоменко

Приложение 1 к Программе
вступительного испытания в
аспирантуру по научной
специальности 1.3.3
«Теоретическая физика»

Образцы билетов вступительного экзамена

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Дисциплина Вступительный экзамен в аспирантуру

1.3.3 Теоретическая физика

Билет № 1

1. Капельная и оболочечная модели ядра. Общие законы радиоактивного распада.
2. Малые колебания многомерных систем. Собственные частоты. Нормальные координаты.

Декан физического факультета

И.С. Огнев

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Дисциплина Вступительный экзамен в аспирантуру

1.3.3 Теоретическая физика

Билет № 2

1. Закон Ампера. Сила Лоренца. Действие магнитного поля на контур с током.
2. Уравнение Дирака во внешнем электромагнитном поле. Тонкое расщепление водородоподобных уровней.

Декан физического факультета

И.С. Огнев

Критерии оценки результатов сдачи вступительного экзамена

Ответ на теоретический вопрос

Высокий уровень: продемонстрированы полные и системные знания теоретических положений курса общей физики и специальных курсов, необходимых для успешной работы по данной научной специальности, умения приводить физические примеры, поясняющие материал вопроса, навыки физического мышления, четкой постановки проблемы, эффективного поиска ее решения, грамотного изложения материала; допускается не более двух незначительных неточностей в изложении материала.

Хороший уровень: требования в целом аналогичные высокому уровню, однако допускается большее число незначительных неточностей.

Удовлетворительный уровень: продемонстрировано относительно полное знание теоретических положений курса общей физики и специальных курсов, необходимых для успешной работы по данной научной специальности, умение сформулировать и в целом обосновать свою точку зрения; допускаются неточности в изложении материала, неполнота выводов при в целом правильном изложении материала.

Неудовлетворительный уровень: ответа нет; материал изложен не по конкретной теме вопроса; не продемонстрировано знание теоретических положений; допущены грубые ошибки в изложении материала.

Дополнительные структурные и количественные показатели

Показатели	Критерии
Понимание вопроса	<ul style="list-style-type: none">• Ответ существует• Ответ по существу вопроса без отвлечения на второстепенные детали
Содержание ответа	<ul style="list-style-type: none">• Продемонстрированы полные и системные теоретические знания по

	<p>вопросу</p> <ul style="list-style-type: none"> • Продемонстрированы полные и системные знания законов физики и умение их приложения к решению конкретных физических задач
Обоснованность и полнота ответа	<ul style="list-style-type: none"> • Раскрыты все компоненты вопроса • Сделаны правильные и физически обоснованные выводы по вопросу
Изложение ответа	<ul style="list-style-type: none"> • Владение навыками устной и (или) письменной речи • Свободное владение математическим аппаратом и специальной терминологией

Шкала оценивания: 0 баллов – полное отсутствие критерия; 1 балл – частичное выполнение критерия; 2 балла – полное выполнение критерия

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:

менее 60% от максимально возможного количества баллов – «0 – 3,75 балла»,

60 – 75% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 2 баллов за содержание ответа – «4 – 5,75 балла»,

76 – 85% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 4 баллов за содержание ответа – «6 – 7,75 балла»,

86 – 100% от максимально возможного количества баллов, из них не менее 5 баллов за содержание – «8 – 10 баллов».