



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР  
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова  
Национального исследовательского центра  
«Курчатовский институт»

УТВЕРЖДАЮ

Директор НИЦ

«Курчатовский институт» - ИФВЭ

С.В. Иванов

2022 г.



**ПРОГРАММА**

вступительных испытаний для поступающих на обучение по программам  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине

Группа научных специальностей: **1.3. Физические науки**

Научная специальность: **1.3.18. Физика пучков заряженных частиц и  
ускорительная техника**

Согласовано:

Ученый секретарь

Н.Н. Прокопенко

Согласовано:

Заведующий аспирантурой

Е.Е. Васильева

Протвино 2022 г.

**Форма проведения вступительного испытания:** устное собеседование по билетам - ответы на вопросы и обсуждение реферата по специальной дисциплине, соответствующей избранной научной специальности (Приложения 1 и 2) или обсуждение одной из опубликованных научных работ (статей) или одного из изобретений.

Для подготовки ответов поступающий заполняет и использует экзаменационные листы и протокол вступительного испытания.

## 1. Электромагнитные поля

Лагранжиан. Гамильтониан. Вывод уравнений движения из принципа наименьшего действия.

Движение во внешнем поле. Формула Резерфорда. Малые колебания, резонансы. Адиабатические инварианты. Магнитные ловушки. Релятивистская кинематика. Преобразования Лоренца. Четырех-векторы. Инварианты преобразований.

Напряженности и индукции полей. Скалярный и векторный потенциалы, их связь с полями. Уравнения Пуассона и Лапласа. Система уравнений Максвелла. Граничные условия. Тензор электромагнитного поля. Инварианты поля. Уравнения Максвелла в ковариантной форме.

## 2. Физика пучков заряженных частиц

Общее определение пучка частиц. Основные свойства пучков, характеристики орбит в ускорителях.

Собственные поля пучков.

Источники пучков заряженных частиц. Электронная эмиссия: термоэмиссия, автоэмиссия, плазменная эмиссия, фотэмиссия.

Электронные пушки. Ионные источники. Механизмы генерации положительных, отрицательных, поляризованных ионов. Формирование пучков.

### 3. Транспортировка пучков заряженных частиц

Магнитные и электростатические линзы. Фокусное расстояние линзы. Поворотные магниты, их фокусирующие и диспергирующие свойства. Электростатические отклоняющие устройства.

Анализаторы заряженных частиц. Разрешение по импульсу-энергии. Транспортировка пучков в продольном магнитном поле. Оптические системы из квадрупольных линз и отклоняющих магнитов.

### 4. Ускорение заряженных частиц

Ускорители заряженных частиц. Линейные ускорители. Циклические ускорители. Принцип автофазировки. Жесткая фокусировка. Накопительные кольца и ускорители на встречных пучках.

### 5. Методы экспериментальных исследований

Методы фокусировки пучков и сепарация частиц.

Ядерные реакторы и их типы. Получение тепловых и ультрахолодных нейтронов.

Детекторы элементарных частиц. Магнитные анализаторы. Пластические сцинтилляционные детекторы. Газовые детекторы. Полупроводниковые детекторы. Черенковские спектрометры. Электромагнитные калориметры. Пропорциональные и дрейфовые камеры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д. Ландау и Е.М. Лившиц; Механика, т.1, Теория поля, т.П
2. Лебедев А.Н., Шальнов А.В. Основы физики и техники ускорителей. В 3 т. М.: Энергоиздат, 1981—1983; 2-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1991.
3. Лоусон Дж. Физика пучков заряженных частиц. М.: Мир, 1980.
4. Алямовский И.В. Электронные пучки и электронные пушки. М.: Сов. радио, 1966

## Приложение 1

### Требования к реферату по избранной научной специальности

Реферат – это краткое письменное изложение литературного источника, научной работы либо результатов научных исследований. Доклад на конкретную тему, который включает обзор использованных источников. Назначение работы научно-информационное. Требованиями, которых необходимо придерживаться при написании, являются полнота изложения, информативность, объективность и достоверность зафиксированных положений из первоисточника, корректная оценка материала.

Выполняется в случае отсутствия у поступающего научных работ, изобретений и отчетов по научно-исследовательской работе.

Тема реферата согласовывается с предполагаемым научным руководителем.

Реферат содержит три главные части: введение, основную часть и заключение. Его структура также обязательно содержит список использованных для подготовки литературных и прочих источников. Такой элемент как приложение использовать необязательно. Текст должен быть лаконичным, четким, отличаться убедительными формулировками и отсутствием второстепенных сведений.

Объем реферата – от 15 до 20 страниц напечатанного текста. Шрифт Times New Roman, 14 кегль, полуторный межстрочный интервал. Поля: 3 см с левого края, 1,5 см - с правого края, по 2 см сверху и снизу листа.

**Образец оформления титульного листа реферата**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Институт физики высоких энергий  
имени А.А. Логунова  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»  
(НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ)

Вступительный реферат для приема  
на обучение по программе подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре  
по специальной дисциплине \_\_\_\_\_

**Тема реферата**

Выполнил:  
И.И. Петров

Протвино, год