

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(НИЯУ МИФИ)**

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор НИЯУ МИФИ  
\_\_\_\_\_ О.В. Нагорнов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

Ответственный секретарь  
приемной комиссии  
\_\_\_\_\_ И.В. Цветков  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г

**Программа вступительного испытания  
по направлению подготовки научно-педагогических кадров в  
аспирантуре  
16.06.01 «Физико-технические науки и технологии»**

Форма обучения  
очная

МОСКВА, 2020

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования.

## **Форма проведения испытания:**

Вступительное испытание по направлению подготовки аспирантов «Физико-технические науки и технологии» проводится в виде собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы билета в письменном виде. Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объёма научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

## **Структура испытания:**

Испытание состоит из ответов на вопросы билета и дополнительные вопросы в рамках программы вступительного испытания.

## **Оценка испытания:**

Оценка за собеседование выставляется по 100-балльной шкале. Минимальный балл, необходимый для успешного прохождения собеседования и дальнейшего участия в конкурсе – 60 баллов.

## **Критерии оценки результатов испытания:**

100-90 баллов - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует глубокие теоретические знания, умение сравнивать и оценивать различные научные подходы, пользоваться современной научной терминологией.

89-80 баллов - даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания, умение пользоваться современной научной терминологией.

79-70 баллов - даны обоснованные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, абитуриент демонстрирует хорошие знания.

69-60 баллов - даны в целом правильные ответы на вопросы, поставленные экзаменационной комиссией, при этом абитуриент недостаточно аргументирует ответы.

59-0 баллов – абитуриент демонстрирует непонимание основного содержания теоретического материала, поверхностность и слабую аргументацию суждений или допущены значительные ошибки.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ВСТУПИТЕЛЬНОГО СОБЕСЕДОВАНИЯ

1. Движение заряженных частиц в электрическом поле. Основные уравнения электронной оптики. Электронные линзы.
2. Закон Ленгмюра. Поток заряженных частиц в вакууме с учетом объемного заряда. Пирсова оптика.
3. Движение заряженных частиц в однородном и неоднородном магнитном поле. Магнитные линзы. Дрейфовое приближение. Адиабатические инварианты. Дрейф в поле произвольной силы (электрической, магнитной, центробежной, силы тяжести).
4. Движение заряженных частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях. Электростатические энергоанализаторы. Заряженная частица в высокочастотном поле.
5. Понятие плазмы. Дебаевский радиус. Плазменная частота. Идеальность и неидеальность плазмы.
6. Кулоновское взаимодействие частиц плазмы. Кулоновский логарифм. Длина пробега. Стокновительная проводимость плазмы. “Убегающие электроны”. Время максвеллизации и выравнивания температур между компонентами плазмы.
7. Диффузия и теплопроводность плазмы в присутствии и в отсутствие магнитного поля.
8. Законы термо, фото и автоэлектронной эмиссии. Эффект Шоттки. Теория Фаулера. Формула Саха-Ленгмюра.
9. Неупругие процессы в газе – возбуждение, ионизация, перезарядка, термическая ионизация, рекомбинация, образование отрицательных ионов.
10. Зажигание разряда в газе. Закон Пашена. Искровой пробой при высоком давлении, стримерная теория.
11. Электрические разряды (тлеющий, дуговой, коронный, ВЧ-разряд) – сравнительная характеристика параметров и режимов горения.
12. Основные типы колебаний и волн в плазме (ленгмюровские, ионно-звуковые, магнитно-звуковые, циклотронные, гибридные, альфвеновские). Тензор диэлектрической проницаемости, дисперсионное уравнение на примере одного из видов волн. Затухание Ландау.
13. Основные термоядерные реакции, зависимость их сечений от температуры. Энергобаланс в единице объема термоядерной плазмы и энергобаланс термоядерного реактора. Критерий Лоусона.
14. Принцип магнитной термоизоляции плазмы. Диагнетизм плазмы. Вмороженность магнитного поля в плазме. Проникновение магнитного поля в плазму. Скиновое время. Z- пинч и его устойчивость.  $\Theta$  -пинч.
15. Ловушка с магнитными пробками. Время жизни плазмы. Неустойчивости плазмы и методы их подавления. Способы создания и нагрева плазмы. Амбиполярные ловушки. Радиационные пояса Земли.
16. Замкнутые магнитные ловушки. Вращательное преобразование и способы его создания. Магнитные поверхности и перекрещенность силовых линий. Дрейф и основные неустойчивости плазмы. Энергетический принцип устойчивости. Критерий Сайдемана.
17. Токамаки и стеллараторы – сравнительный анализ. Геометрия магнитного поля. Способы создания и нагрева плазмы. Диффузия и теплопроводность плазмы. Энергетическое время жизни. Влияние примесей. Диверторы.
18. Инерциальный термоядерный синтез и способы его осуществления. Критерий Лоусона для ИС. Лазерный нагрев и сжатие плазмы. Лазеры для ЛТС. Мишени для ЛТС.
19. Торможение быстрых частиц в твердом теле. Ядерные и электронные столкновения. Потенциалы взаимодействия.

20. Взаимодействие ионов с твердым телом: торможение, каналирование, коррелированные столкновения, ион-ионная эмиссия. Метод вторичной ионной масс-спектрометрии.
21. Распыление поверхности твердого тела. Образование каскадов и закономерности каскадного распыления. Распыление за счет энергии электронных возбуждений.
22. Взаимодействие электронов с твердым телом. Торможение, электрон-электронная эмиссия. Метод Оже-спектрометрии. Ион-электронная эмиссия.
23. Захват частиц в твердое тело и обратное газовыделение. Блистерообразование.
24. Закономерности рассеяния ионов поверхностью твердого тела. Метод обратного резерфордского рассеяния. Модификация поверхности твердых тел при ионной бомбардировке, образование конусов, вискеров, ионная полировка.
25. Оптическая спектроскопия плазмы. Модели состояния плазмы (Модель коронального равновесия. Модель ЛТР и ЧЛТР. Модель ПТР. Систематика уровней в атомах и ионах. Непрерывный спектр излучения плазмы. Интенсивность излучения плазмы.)
26. Интерферометрия.
27. Лазерное рассеяние. Лазерная флуоресценция.
28. Корпускулярная диагностика плазмы. Зондовые методы диагностики плазмы. Зонд Ленгмюра.
29. Плазменные ускорители. Электродинамическое ускорение плазменных сгустков.
30. Физические основы создания инжекторов, нейтральных атомов для токамаков и стеллараторов.

### Литература

1. Морозов Д.Х. Введение в теорию горячей плазмы / Д. Х. Морозов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : НИЯУ МИФИ. Ч.1., Ч.2, 2013.
2. Жданов С.К., Курнаев В.А., Романовский М.К, Цветков И.В. Основы физических процессов в плазме и плазменных установках
3. Готт Ю.В., Курнаев В.А, Вайсберг О.Л. Корпускулярная диагностика лабораторной и космической плазмы
4. Фортов В.Е. Лекции по физике экстремальных состояний вещества / В. Е. Фортов. - Москва: Издательский дом МЭИ, 2013. - 234 с. - (Высшая школа физики. Вып.1).
5. Савинов В.П. Физика высокочастотного емкостного разряда / В. П. Савинов. - Москва : Физматлит, 2013.
6. Генерация пучков заряженных частиц в диодах со взрывоэмиссионным катодом / А. И. Пушкарев [и др.]. - Москва : Физматлит, 2013.
7. Савельев И.В. Курс общей физики. т.2
8. Арцимович Л.А., Лукьянов С.Ю. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.
9. Г. А. Месяц Импульсная энергетика и электроника. М. : Наука, 2004
10. С.П.Масленников Физика и техника мощных импульсных систем. Импульсные коммутирующие приборы. М.: МИФИ, 2003.
11. П. Н. Дашук Техника больших импульсных токов и магнитных полей. М. : Атомиздат, 1970.
12. В. Е. Черковец, С. А. Казаков, В. Г. Наумов Лазерная техника для физических исследований и практических применений М.: МИФИ, 2006.
13. М. В. Кузелев, А. А. Рухадзе, П. С. Стрелков Плазменная релятивистская СВЧ-электроника. М. : МГТУ, 2002.
14. Г. Кнопфель Сверхсильные импульсные магнитные поля. М.: Мир, 1972.
15. А. Шваб Измерения на высоком напряжении. М.: Энергия, 1973.
16. Физика высоких плотностей энергий. М.: Мир, 1974 Под ред. : П. Кальдиrola, Г. Кнопфель

17. А. С. Савелов Методы исследования плазмы (лазерная диагностика) М.: МИФИ, 2008.
18. Б.Ю.Богданович, А.В.Нестерович, А.Е.Шиканов, М.Ф.Ворогушин, Ю.А.Свистунов Дистанционный радиационный контроль с линейными ускорителями. Т1. Линейные ускорители для генерации тормозного излучения и нейтронов. М.: Энергоатомиздат, 2009.
19. А. Н. Диденко СВЧ – энергетика. М. : Наука, 2003.
20. Е.В.Берлин, Л.А.Сейдман Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010.
21. Б.М.Рябов Измерение импульсных напряжений. М.: Энергоатомиздат, 1983.
22. Г.А.Шнеерсон Поля и переходные процессы в аппаратуре сверхсильных токов. М.: Энергоатомиздат, 1992.
23. Г.С. Кучинский Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979.