

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НиИД



С.А. Михайлов

**Программа вступительного испытания в аспирантуру**  
по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности  
1.3.9 Физика плазмы

Казань, 2022 г.

Программу вступительного экзамена в аспирантуру по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.9 Физика плазмы разработал:

К.т.н., доцент каф. ОФ



Асадуллин Т.Я.

Программу проверил:

Д.ф.-м.н., проф., зав. каф. ОФ



Тимеркаев Б.А.

## **1. Общие положения**

Настоящая программа вступительного экзамена по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности 1.3.9 Физика плазмы сформирована в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) магистратуры.

Процедура приема вступительных экзаменов регламентирована Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Минобрнауки России от 06.08.2021 N 721

Результаты экзамена оцениваются по 100 (сто)-балльной системе.

Пересдача вступительных экзаменов не допускается.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 60 (шестьдесят) баллов.

## **2. Цели вступительных испытаний**

Выявление профессионального уровня знаний, приобретённых в процессе получения высшего образования, осознание основных аспектов будущей научной отрасли и выявление научного потенциала поступающего.

## **3. Требования к уровню подготовленности к профессиональной деятельности**

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или иметь опубликованные работы по отрасли профильной специальности или должен подготовить реферат по выбранной научной специальности.

## **4. Форма проведения вступительного экзамена**

Испытание осуществляется в устно-письменной форме по вопросам, перечень которых указан в данной программе.

Поступающему задаются 2 вопроса.

Продолжительность экзамена – 60 мин.

## **5. Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по направленности (профилю) 1.3.9 Физика плазмы:**

### *Общая часть программы*

1. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма.
2. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация. Локальное термодинамическое равновесие.
3. Столкновения заряженных частиц, формула Резерфорда.
4. Столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц.
5. Удары второго рода. Эффективность ударов второго рода. Принцип детального равновесия.
6. Ионизация частиц в плазме. Формула Томсона.
7. Процессы рекомбинации, перезарядки и прилипания в плазме.
8. Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения.
9. Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, "вмороженность" магнитного поля.
10. Основные типы колебаний и волн в плазме. Лэнгмюровские электронные и ионные колебания.
11. Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание.
12. Зондовые методы диагностики плазмы.
13. Оптические методы диагностики плазмы.
14. Проблемы диагностики анизотропной плазмы.
15. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ, СВЧ и оптический разряд, пучковые разряды.
16. Управляемый термоядерный синтез, магнитное удержание и нагрев плазмы в магнитных ловушках.

### *Специальная часть программы*

1. Уравнения Больцмана и Власова, функция распределения электронов, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы.
2. Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля.
3. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегреваемая и ионизационная неустойчивости.
4. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн.
5. Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау.
6. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение.

7. Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс.
8. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле.
9. Пробег излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность.
10. Таунсендовский разряд.
11. Положительный столб тлеющего разряда.
12. Приэлектродные области тлеющего разряда.
13. Условия стационарности разряда.
14. Электрическая дуга.
15. Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн.
16. Плазменные источники излучения.
17. Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, термоэмиссионные преобразователи тепловой энергии в электрическую.
18. Приборы современной плазменной энергетики.
19. Методы диагностики химически активной плазмы.
20. Взаимодействие плазмы с поверхностью твердых тел. Плазменные нанотехнологии (травление, имплантация, упрочнение, нанесение покрытий и пр.).
21. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц.

## **6.Перечень литературы для подготовки к вступительному испытанию**

а) основная литература:

1. Кудрявцев, А. А. Физика тлеющего разряда : учебное пособие / А. А. Кудрявцев, А. С. Смирнов, Л. Д. Цендин. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1037-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167814> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Голант, В. Е. Основы физики плазмы : учебное пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1198-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167879> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Химия плазмы: Серия сб. / Под ред. Б.М. Смирнова. М.: Энергоатомиздат.
2. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы : учебное пособие для вузов : в 2 томах / И. А. Котельников. — 3-е изд., испр. И доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021 — Том 1 : Основы физики плазмы — 2021. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-6958-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/165805> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 2. Магнитная гидродинамика / И. А. Котельников. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-507-44066-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/203012> (дата обращения: 14.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.