



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)



Утверждаю

Проректор по учебной работе

А.И. Вокин

ПРОГРАММА
вступительного испытания для поступающих на обучение по
программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в
аспирантуре

Научная специальность: 1.3.9 Физика плазмы

Иркутск 2026

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Физика плазмы – область науки и техники, включающая экспериментальные и теоретические исследования, направленные на изучение свойств различных плазменных объектов лабораторного и космического происхождения

Целью вступительного экзамена является проверка способности и готовности претендента к обучению по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, в соответствии с федеральными государственными требованиями, выполнению профессиональных задач в сфере научной деятельности.

Вступительные испытания в аспирантуру по научной специальности 1.3.9 Физика плазмы охватывают стандартные разделы университетских курсов по общей физике и физике плазмы. Также проверяются базовые умения математического аппарата.

Содержание программы вступительных испытаний приведено ниже.

Раздел 1. Плазма – четвертое состояние вещества.

- 1.1. Ионизованный газ
- 1.2. Квазинейтральность, экранировка заряда, дебаевский радиус.
- 1.3. Основные характеристики плазмы.
- 1.4. Роль магнитного поля.

Раздел 2. Элементарные процессы в плазме.

- 2.1. Упругие и неупругие соударения.
- 2.2. Ионизация, возбуждение, рекомбинация и перезарядка.
- 2.3. Формула Саха.
- 2.4. Излучение плазмы.
- 2.5. Фотохимия.

Раздел 3. Движение частиц плазмы в электрических и магнитных полях

- 3.1. Движение в однородных полях.
- 3.2. Адиабатический инвариант, магнитная ловушка.
- 3.3. Электрический дрейф.
- 3.4. Дрейф в неоднородном магнитном поле.

Раздел 4. Магнитная гидродинамика.

- 4.1. Уравнения магнитной гидродинамики.
- 4.2. Вмороженность плазмы.
- 4.3. Равновесие плазмы в магнитном поле.
- 4.4. Гидромагнитные неустойчивости.
- 4.5. Гидромагнитные волны.

Раздел 5. Двухжидкостная гидродинамика.

- 5.1. Уравнения двухжидкостной гидродинамики.
- 5.2. Обобщенный закон Ома.
- 5.3. Проводимость плазмы.
- 5.4. Диффузия плазмы.

5.5. Волны в двухжидкостной плазме.

Раздел 6. Кинетическое описание плазмы.

6.1. Кинетическое уравнение

6.2. Затухание Ландау.

6.3. Пучковая неустойчивость.

6.4. Квазилинейная релаксация.

6.5. Циклотронный резонанс.

Раздел 7. Нелинейные процессы в плазме.

7.1. Трехволновые процессы.

7.2. Бесстолкновительные ударные волны.

7.3. Турбулентность плазмы.

7.4. Аномальное сопротивление.

2. РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

Основная литература

- 1) Голант, В. Е. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Е. Голант, А. П. Жилинский, И. Е. Сахаров. - Москва : Лань, 2011. - 448 с. : ил., граф. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1198-6
- 2) Рожанский, В. А. Теория плазмы [Электронный ресурс] / В. А. Рожанский. - Москва : Лань, 2012. - 320 с. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-8114-1233-4
- 3) Сивухин, Д.В. Общий курс физики : учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов / Д. В. Сивухин. - 3-е изд., стер. - М. : Физматлит. - 22 см. - ISBN 5-9221-0229-Х. - Текст : непосредственный. – Т. 4 : Оптика. - 2013. - 791 с. : ил. - Указ. имен: с. 780-782. - Предм. указ.: с. 783-791. - ISBN 5-9221-0228-1. – (30 экз.)
- 4) Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для студ. физ. спец. вузов: В 5 т. / Д. В. Сивухин. - 2-е изд., стер. - М. : Физматлит. - ISBN 5-9221-0229-х. - Текст : непосредственный. – Т.5 : Атомная и ядерная физика. - 2002. - 782 с. : ил. ; 22 см. - Указ. имен: с. 769-772. - Предм. указ.: с. 773-782. - ISBN 5-9221-0230-3. – (20 экз.)

Дополнительная литература

- 1) Кудрявцев, А.А. Физика тлеющего разряда [Электронный ресурс] / А. А. Кудрявцев, Л. Д. Цендин, А. С. Смирнов. - Электрон. текстовые дан. - Москва : Лань, 2010. - 500 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. - Библиогр. конце гл. - ISBN 978-5-8114-1037-8
- 2) Котельников, Игорь Александрович. Лекции по физике плазмы [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 011200-Физика и по спец. 010701-Физика / И. А. Котельников. - М. : Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 384 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце глав. - Библиогр.: с. 373-381. - ISBN 978-5-9963-1158-3. – (1 экз)
- 3) Франк-Каменецкий, Д. А. Лекции по физике плазмы : учеб. пособие / Д. А. Франк-Каменецкий. - 3-е изд. - Долгопрудный : Интеллект, 2008. - 279 с. ; 22 см. - (Физтехковский учебник). - Библиогр.: с. 276. - Предм. указ.: с. 277-279. - ISBN 978-5-91559-002-0. – (1 экз)
- 4) Биттенкорт, Ж.А. Основы физики плазмы [Текст] : научное издание / Ж. А. Биттенкорт ; пер. с англ., ред. Л. М. Зеленый. - М.: Физматлит, 2009. - 583 с. – (1 экз)
- 5) Кадомцев, Б. Б. Избранные труды [Текст] : [В 2т.] / Б.Б.Кадомцев; Под ред. В.Д.Шафранова. - М. : Физматлит.
Т.1. - 2003. - 559 с. : портр.:ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце ст. - ISBN 5-9221-0365-2. – (1 экз)
Т.2 / Ред. В.Д. Шафранов. - 2003. - 584 с. : портр ; 24 см. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 5-9221-0430-6. – (1 экз)

3. ФОРМА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Вступительные испытания проводятся очно в форме устного собеседования по билетам. В состав билета входит два вопроса, перечень которых доводится до сведения поступающих путем публикации программ вступительных испытаний на официальном сайте ИГУ.

Длительность экзамена – 1,5 часа (90 минут).

Требования к порядку планирования, организации и проведения вступительного экзамена, к структуре и форме документов по его организации определены Правилами приема на обучение в ФГБОУ ВО «ИГУ» по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Критерии оценивания

Основным критерием оценки знаний поступающего в аспирантуру является владение фактическим материалом в области физики и ее приложений.

Оценка поступающему за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями.

Баллы	Критерии
90-100 баллов	выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный, безошибочный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом материале по предложенной тематике. Экзаменуемый показывает всестороннее, систематическое и глубокое знание материала; может объяснить взаимосвязь основных понятий; проявляет аналитические способности в понимании и изложении материала; проводит научные аналогии, экстраполирует знания на смежные области и практику, может поддерживать научную дискуссию. В ходе собеседования устанавливается высокая степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры. Кандидат осознает значимость работы и ее практическую ценность, обладает существенным научным заделом, включающим опубликованные статьи в научных изданиях и результаты выступлений на профильных конференциях.
80-89 баллов	выставляется экзаменационной комиссией за правильный и достаточно полный ответ на

	<p>все вопросы экзаменационного билета и уточняющие вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий правильно определяет основные понятия, хорошо ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике, может объяснить взаимосвязь основных понятий. Оценка может быть снижена в случае затруднений поступающего при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии, ответы содержат отдельные несущественные неточности. В ходе собеседования устанавливается достаточная степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, имеется базовый научный задел по теме планируемого исследования (1 статья).</p>
70-79 баллов	<p>выставляется экзаменационной комиссией за верный в целом ответ на вопросы экзаменационного билета. При ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии поступающий испытывает затруднения, допускает неточности, при этом ответы производят положительное впечатление. В ходе собеседования устанавливается средняя степень мотивированности к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, больше обусловленная внешними факторами (получение ученой степени, отсрочки от армии), чем с внутренним интересом к научному исследованию</p>
60-69 баллов	<p>выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Экзаменуемый показывает знания основного материала в минимальном объеме, знаком с литературой, рекомендованной программой. Допускает существенные неточности в ответах, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством экзаменаторов. В ходе собеседования устанавливается низкая степень подготовленности</p>

	поступающего в аспирантуру к проведению самостоятельных научных исследований (в том числе на основании анализа представленных индивидуальных достижений) по выбранной научной специальности; мотивация к подготовке кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры низкая или совсем отсутствует.
менее 60 баллов	ставится при незнании и непонимании абитуриентом существа экзаменационных вопросов. Кандидат демонстрирует низкую эмоциональную вовлеченность к подготовке и защите кандидатской диссертации в период освоения программы аспирантуры, не имеет четкого плана с этапами и сроками

4. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ

Вопросы программы вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности
1.3.9 Физика плазмы

Общая часть.

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. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд.

15. Управляемый термоядерный синтез, магнитное удержание и нагрев плазмы в магнитных ловушках.

Специальная часть.

1. Уравнения Больцмана и Власова, 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, перегревная 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. Пробеги 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, тепловые преобразователи.
18. Методы диагностики химически активной плазмы.
19. Взаимодействие плазмы с поверхностью твердых тел. Плазменные технологии (травление, имплантация, упрочнение, нанесение покрытий и пр.).
20. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Вступительное испытание для поступающих на обучение по программам
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Научная специальность 1.3.9 Физика плазмы

1. Вопрос по общей части
Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма
.....
2. Вопрос из специальной части
Положительный столб тлеющего разряда
.....

Экзаменаторы _____ / _____
_____ / _____
_____ / _____

Заведующий кафедрой _____ / _____

« ___ » _____ 202_ г.

Критерии оценки:
Максимальный балл - 100 баллов
Ответ на вопрос 1 – максимум 50 баллов
Ответ на вопрос 2 - максимум 50 баллов

Разработчики:

Зав. кафедрой:
общей и космической физики

(наименование кафедры)



(подпись)

В.Л. Паперный

(И.О.Ф.)