

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор
Проректор по научной деятельности

Д.А. Гаевский
« 26 » июня 2025 г.



Программа кандидатского экзамена по научной специальности
1.3.9 Физика плазмы

2025

Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.3.9. Физика плазмы

Цель: закрепить и провести контроль знаний аспирантов, специализирующихся в области физики плазмы, по следующим разделам физики: термодинамика плазмы, физическая кинетика, магнитная гидродинамика плазмы, неустойчивость плазмы, колебания и волны в плазме, гидродинамические и тепловые явления в плазме, прикладные проблемы физики плазмы и другие.

Установить глубину профессиональных знаний и уровень сформированности профессиональных компетенций аспирантов, обучающихся по научной специальности 1.3.9 Физика плазмы.

Задачами является выявление:

- уровня сформированности у аспиранта профессиональных знаний, умений и навыков по дисциплине «Физика плазмы»;
- подготовленности специалиста к самостоятельной научно-исследовательской и практической деятельности в области физики плазмы;
- навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности в области физики плазмы.

Основные требования:

Основным требованием допуска к сдаче кандидатского экзамена является наличие подписанного заявления и утвержденной дополнительной программы кандидатского экзамена. Сдача кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с календарным учебным графиком и индивидуальным учебным планом аспиранта. Кандидатские экзамены у прикрепленных лиц принимаются в период, установленный приказом ректора КФУ. В случае представления диссертации в совет по защите на соискание ученой степени-кандидата наук, возможен прием кандидатских экзаменов вне сроков сессии.

Порядок проведения кандидатского экзамена

Аспирант выбирает экзаменационный билет, номер экзаменационного билета фиксируется в протоколе, также ему выдается лист устного ответа.

Экзамен проходит в устной форме.

Экзаменационный билет содержит:

- первый вопрос из общей программы по дисциплине «Физика плазмы»;
- второй вопрос из дополнительной программы.

На подготовку ответов на содержащиеся в экзаменационном билете вопросы выделяется до одного академического часа.

Право выбора порядка ответа предоставляется аспиранту. Комиссия дает возможность аспиранту дать полный ответ по всем вопросам билета. Опрос одного аспиранта продолжается, как правило, не более 15 минут.

В некоторых случаях по инициативе членов комиссии ответ аспиранта может быть тактично приостановлен. При этом дается краткое, но убедительное пояснение причины:

- ответ явно не по существу вопроса, аспирант допускает явную ошибку в изложении нормативных актов, статистических данных;
- аспирант грамотно и полно изложил основное содержание вопроса, но продолжает его развивать.

Если ответ остановлен по первой причине, то аспиранту предлагается перестроить содержание излагаемой информации сразу же или после ответа на другие вопросы билета.

Аспиранту могут быть предложены дополнительные вопросы, как правило, в пределах материала, предусмотренного билетом; если, отвечая по билету, обучающийся не обнаруживает удовлетворительного знания материала, ему могут быть предложены дополнительные вопросы по другим разделам.

Критерии оценивания

«Отлично» – ставится, если продемонстрированы знание вопроса и самостоятельность мышления, ответ соответствует требованиям правильности, полноты и аргументированности.

«Хорошо» – неполном, недостаточно четком и убедительном, но в целом правильном ответе.

«Удовлетворительно» – ставится, если аспирант отвечает неконкретно, слабо аргументировано и неубедительно, хотя и имеется какое-то представление о вопросе.

«Неудовлетворительно» – ставится, если аспирант отвечает неправильно, нечетко и неубедительно, дает неверные формулировки, в ответе отсутствует какое-либо представление о вопросе.

Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.3.9 Физика плазмы

1. Термодинамика плазмы. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Условие термодинамического равновесия, термическая ионизация, формула Саха, корональное равновесие, снижение потенциала ионизации. Вырождение плазмы, статистика Больцмана и Ферми—Дирака, модель Томаса—Ферми.

2. Элементарные процессы. Столкновения заряженных частиц, дальнодействие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом.

3. Физическая кинетика. Уравнения Больцмана и Власова, интеграл столкновений, время максвеллизации и скорость выравнивания температур различных компонент плазмы. Скорость ионообразования и рекомбинации электронов и ионов, образование и разрушение возбужденных атомов (ионов). Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля. Кинетика возбужденных молекул в плазме.

4. Динамика заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Движение в скрещенных электрическом и магнитном полях. Дрейфовое приближение, разновидности дрейфового движения. Заряженная частица в высокочастотном поле. Понятие адиабатического инварианта.

5. Магнитная гидродинамика плазмы. Уравнения движения плазмы в магнитном поле, проникновение магнитного поля в плазму, вмороженность магнитного поля. Законы сохранения в идеальной одножидкостной МГД. Двухжидкостное приближение.

6. Неустойчивость плазмы. Равновесные конфигурации плазмы в магнитной гидродинамике, пинч. Неустойчивость плазмы, виды неустойчивости, перегревная и ионизационная неустойчивости. Энергетический принцип МГД-устойчивости.

7. Колебания и волны в плазме. Основные типы колебаний и волн в плазме: лэнгмюровские электронные и ионные, электромагнитные, ионно-звуковые, магнитозвуковые, альфеновские. Показатель преломления плазмы, пространственная и временная дисперсия, фазовая и групповая скорости плазменных волн.

8. Взаимодействие заряженных частиц с волнами в плазме. Возбуждение и затухание волн в плазме, черенковское излучение, затухание Ландау. Раскачка плазменных колебаний пучками. Квазилинейное приближение.

9. Взаимодействие электромагнитных волн с плазмой. Распространение электромагнитных волн в неоднородной плазме, геометрическая оптика, плазменный резонанс, циклотронный резонанс, линейная трансформация. Основные нелинейные процессы взаимодействия волн, неустойчивость плазмы в сильном электромагнитном поле. Рассеяние и трансформация волн.

10. Излучение плазмы. Элементарные радиационные процессы, интенсивность спектральных линий, сплошные спектры, вынужденное испускание. Пробеги излучения, перенос излучения в среде, оптически прозрачная и непрозрачная плазма, лучистая теплопроводность.

11. Диагностика плазмы. Зондовые методы, оптические методы, СВЧ-методы, корпускулярные методы, лазерное рассеяние, магнитные измерения.

12. Электрический разряд в газах. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда, излучающий разряд в плотной плазме, плазменно-пучковый разряд.

13. Гидродинамические и тепловые явления в плазме. Ударные волны в плазме, скачок уплотнения, релаксационный слой, излучение ударных волн, нелинейные волны теплопроводности. Токовые слои.

14. Прикладные проблемы физики плазмы. Управляемый термоядерный синтез, магнитное удержание и нагрев плазмы в магнитных ловушках и инерциальных системах.

15. Геофизические и астрофизические плазменные явления — ионосфера Земли, межпланетная плазма, звезды. Плазменные источники излучения, плазменная СВЧ-электроника.

16. Преобразование тепловой энергии в электрическую: МГД-преобразователи, тепловые преобразователи.

17. Химические реакции в равновесной и неравновесной плазме. Механизмы и кинетика осуществления плазмохимических реакций, роль заряженных и возбужденных частиц. Энергетика химических реакций в электрических разрядах. Закалка продуктов плазмохимических процессов. Методы диагностики химически активной плазмы.

18. Взаимодействие плазмы с поверхностью твердых тел. Плазменные технологии (травление, имплантация, упрочнение, нанесение покрытий и пр.).

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы
кандидатского экзамена по научной специальности 1.3.9 Физика плазмы**

Основная литература

1. Кочелаев Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев; Казан. федер. ун-т, Инт физики, Каф теорет. физики.-[2-е изд., перераб., доп. и испр.].- Казань: [Казанский университет], 2013.-222 с http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf
2. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] / Ю. В. Петров. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 213 с. (В библиотеке КФУ -13 экз.)
3. Васильев А.Н. Классическая электродинамика. СПб. БХВ-Петербург. 2010. - 276 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=350602>
4. Степаньянц К.В. Классическая теория поля. - М.: Физматлит, 2009. - 538 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2328/>
5. Абрикосов А.А. Основы теории металлов М. Физматлит. - 2010. - 600 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2093/>
6. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для аспирантов высших учебных заведений.— Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014.—639 с. (43 экз.)
7. Леушин А.М., Нигматуллин Р.Р., Прошин Ю.Н. Теоретическая физика. Механика (практический курс) Задачник для физиков. [Электронный ресурс] // Казань: Казан. ун-т, 2015. - 250 с. Издание третье, исправленное и дополненное. Режим доступа: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/32292>
8. Шарипов, Ф. В. Педагогика и психология высшей школы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Ф. В. Шарипов. – М. : Логос, 2012. – 448 с. – (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-587-9. Режим доступа:- <http://znanium.com/bookread.php?book=469411>
9. Психология и педагогика: Учебник / А.И. Кравченко. - М.: ИНФРА-М, 2013. - 400 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-16-003038-8, 3000 экз. Режим доступа:- <http://znanium.com/bookread.php?book=394126>

Дополнительная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.1 Механика , М., Физматлит, 2007.- 224 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/reader/book/2231/>
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.2 Теория поля, М., Физматлит, 2006.- 504 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/reader/book/2236/>
3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 808 с. — <https://e.lanbook.com/reader/book/2380/>

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.4 Квантовая электродинамика, / В. Б. Берестецкий, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. -М., Физматлит, 2006. - 712 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/reader/book/2237/>
5. Ландау, Л.Д. Статистическая физика: Учеб.пособие для студ.ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-М.: Физматлит, Б.г.-.(Теоретическая физика;Т.5). Ч.1.-5-е изд.,стереотип.-2005.-616 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/2230/>
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика , М., Физматлит, 2000.- 732 с. Режим доступа: - <http://e.lanbook.com/reader/book/2232/>
7. Ландау Л.Д., Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.7. Теория упругости. -М. :Физматлит. - 2007. - 264 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2233/>
8. Ландау Л.Д., Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8. Электродинамика сплошных сред. М. Физматлит. - 2005. - 656 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2234/>
9. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.9 Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2004, 496 стр. 4-е изд., стереот., <http://e.lanbook.com/reader/book/2235/>
10. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Для вузов. В 10 т. Т. IV [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; под ред. Л.П. Питаевского. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 720 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/59268/>
11. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2011. - 136 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2672/>
12. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах/ М. В. Еремин, Учебное пособие. - Казань: Изд. КГУ, 2011, - 113с. http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc
13. Епифанов, Г. И. Физика твердого тела: учебное пособие / Г. И. Епифанов.- Издание 4-е, стереотипное.- Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2011 .- 288 с.: ил. <https://e.lanbook.com/reader/book/2023/>
14. Каликинский И.И. Электродинамика. НИЦ Инфра-М. 2014. - 159 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=406832>
15. Д. Блохинцев. Квантовая механика. Изд-во Лань, 2004. - 665 с. - <http://e.lanbook.com/reader/book/619/>
16. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. - изд. Лань. - 2007. - 448с. <http://e.lanbook.com/reader/book/692/>
17. Сверхпроводимость / В.Л. Гинзбург, Е.А. Андрюшин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 110 с.: ил.; 60x90 1/16. - (Библиотека СОИ "Идеи и технологии будущего"). (переплет) ISBN 5-98281-088-6. <http://znanium.com/bookread.php?book=114620>
18. Байков, Ю.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.А. Байков, В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 296 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/70766/>
19. Гантмахер В.Ф. Электроны в неупорядоченных средах. М. Физматлит. - 2005. - 232 с. <http://e.lanbook.com/reader/book/2156/>
20. Психология и педагогика: Учеб. пособие / Э.В. Островский, Л.И. Чернышова. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 381 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9558 - 0025-7, 550 экз. Режим доступа: -<http://znanium.com/bookread.php?book=398710>
21. Педагогическая психология: Учебное пособие / А.Н. Фоминова, Т.Л. Шабанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Флинта: Наука, 2011. - 320 с.: 60x88 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9765-1011-1, 1000 экз. Режим доступа: -<http://znanium.com/bookread.php?book=304087>

22. Новгородцева, И. В. Педагогика с методикой преподавания специальных дисциплин [электронный ресурс] : учеб. пособие модульного типа / сост. И.В. Новгородцева. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 378 с. - ISBN 978-5-9765-1280-1 Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=454525>

23. Педагогическая психология: Учебное пособие / Б.Р. Мандель. - М.: КУРС: НИЦ Инфра-М, 2012. - 368 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-905554-13-1, 500 экз. Режим доступа: - <http://znanium.com/bookread.php?book=306830>

Информационное обеспечение:

1. База знаний по биологии человека - humbio.ru
2. <https://www.elibrary.ru/>
3. PubMed - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>
4. сайт о химии - <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/>