

**федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**



Ю.С. Ключков

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

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

**научная специальность
1.3.9. Физика плазмы**

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

к.т.н.

О.Б. Шагниева

Составители:

д.ф.-м., профессор

В.А. Рожанский

д.ф.-м.н., профессор

В.Ю. Сергеев

к.ф.-м.н., доцент

И.Ю. Сениченков

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом (протокол № 5 от «21» марта 2022 г.).

1. Область применения и нормативные ссылки

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных требований по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и порядка приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

2. Структура вступительного экзамена

Программа вступительного испытания сформирована на основе федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по программам специалитета или магистратуры.

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **1.3.9-Физика плазмы**.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

- теоретический экзамен, проводимый очно в письменной и/или устной форме (максимальный балл – 100);

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

При получении по теоретическому экзамену результата ниже минимального балла, портфолио не рассматривается и не суммируется с результатом теоретического экзамена.

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

Максимальная возможная оценка за индивидуальные достижения (портфолио) составляет 100 баллов.

Для участия в конкурсе оценки индивидуальных достижений (портфолио) абитуриент может представить следующие документы, подтверждающие его достижения:

а. Доклады на международных и российских конференциях, научных семинарах, научных школах и т.д. по направлению будущего диссертационного исследования. Подтверждается представлением программы конференции, диплома (сертификата) участника.

б. Опубликованные или принятые к публикации научные работы (статьи, доклады в сборниках докладов). Подтверждается представлением электронных копий подлинников, ссылкой на открытые источники, справкой из редакции о принятии к публикации с обязательным указанием номера журнала и страниц. Публикации должны относиться к тому же направлению, что и тема будущего диссертационного исследования.

с. Свидетельства о государственной регистрации программ и баз данных, патенты на изобретения, патенты на полезные модели, и проч.

д. Участие в научно-исследовательских проектах, академических грантах. Подтверждается данными проекта (название, номер гранта, фонд), контактными данными руководителя проекта и краткой аннотацией (не более 200 слов), разъясняющей суть работы абитуриента.

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе):	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	в журналах перечня ВАК;		10
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;		25
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.		15
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		10
	исполнителем		5
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		10
	– патент на полезную модель;		7
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		5
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		5
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		5

№ п/п	Индивидуальное достижение	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
4.	<p>Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему.</p> <p>Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:</p> <p>за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных).</p> <p>за прочие конференции.</p>	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
			5
			3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

Максимальная возможная оценка за теоретический экзамен составляет 100 баллов. Собеседование состоит из двух частей.

1) Ответ на вопросы в соответствии с научной специальностью будущей научно-исследовательской работы (диссертации).

Абитуриент выбирает билет, содержащий два вопроса из представленных в программе собеседования тем.

Абитуриенту предоставляется 30 минут на подготовку. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2) Беседа по планируемому направлению исследований. Абитуриенту необходимо раскрыть следующие вопросы: предполагаемая тема научно-исследовательской работы, формулировка проблемы, цели ее исследования, новизна. В ходе ответа комиссия может задавать уточняющие вопросы.

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

I. МЕХАНИКА

Законы сохранения. Их роль в механике и физике. Движение частиц в центральном поле. Движение двух частиц, взаимодействующих по закону $1/r^2$. Приведенная масса. Фinitное и инфинитное движения. Задача Кеплера. Распад и рассеяние частиц. Дифференциальное сечение рассеяния. Формула Резерфорда. Малые колебания. Обобщенные координаты. Функция Лагранжа. Диссипативные функции. Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы, собственные частоты и главные колебания. Устойчивость движения. Вынужденные колебания, резонанс. Параметрический резонанс. Адиабатические инварианты., условие сохранения инварианта, осциллятор с медленно меняющейся частотой, частица в медленно меняющемся магнитном поле. Канонические переменные. Функция Гамильтона., уравнение Гамильтона. Циклические координаты. Фазовое пространство и теорема Лиувилля. Основные уравнения гидродинамики – неразрывности и Навье-Стокса. Звук. Ударные волны. Понятие о солитонах.

II. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ОСНОВЫ КИНЕТИКИ

Фазовое пространство и фазовые траектории. Эргодическая гипотеза. Статистический смысл энтропии. Необратимость и возрастание энтропии. Идеальный газ. Распределения Максвелла и Больцмана. Уравнение состояния идеального газа. Распределения Больцмана и Ферми. Термодинамические функции и теплоемкости идеального газа и черного излучения. Теплоемкость молекул. Флуктуации. Корреляция флуктуаций. Броуновское движение. Уравнение Фоккера-Планка. Формула Найквиста. Кинетическая теория газов. Функция распределения. Принцип детального равновесия. Уравнение Больцмана. Столкновительный интеграл. Время релаксации. H-теорема. Переход к макроскопическим уравнениям. Кинетическое уравнение для слабонеоднородного газа. Кинетические коэффициенты – вязкость, теплопроводность, диффузия. Метод Чепмена решения кинетического уравнения. Проводимость.

III. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Уравнения Максвелла. Поток энергии Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны, пакет волн. Электромагнитные волны в ограниченном пространстве, волноводы, резонаторы. Излучение движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Волновая зона. Дипольное и квадрупольное излучения. Синхротронное излучение. Рассеяние излучения на свободных зарядах.

Специальная теория относительности. Интервал. Собственное время. Преобразование скоростей. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. Релятивистское движение заряженных частиц в кулоновском поле. Экспериментальные основы теории относительности. Уравнения электромагнитного поля в среде. Тензор диэлектрической проницаемости. Временная и пространственная дисперсии. Диссипация энергии. Распространение волн в неоднородной среде. Приближение геометрической оптики. Интерференция света. Пространственная и временная когерентность. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Теория дифракции Кирхгофа. Дифракция Френеля и

Фраунгофера. Электростатика в средах. Поляризация вещества в электрическом поле. Постоянное магнитное поле в средах. Диамагнетизм, парамагнетизм и ферромагнетизм.

IV. ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Свойства ядер. Масса ядер и нуклонов. Энергия связи. Спины и магнитные моменты ядер. Природа ядерных сил., теория Юкавы. Электромагнитное, слабое и сильное взаимодействие. Нестабильные ядра. Радиоактивность. Ядерные реакции. Деление и синтез. α -распад. Типы β -распадов. Гипотеза Паули о существовании нейтрино. Несохранение четности. γ -излучение. Внутренняя конверсия. Ядерная изометрия. Эффект Мессбауэра. Элементарные частицы. Частицы и античастицы. Систематика частиц. Фотоны, лептоны, мезоны, барионы и их свойства. Резонансы. Величины, сохраняющиеся при сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях. Изотопический спин, барионный и лептонный заряды, странность, гиперзаряд. Мезоны, барионы, мезонные и барионные резонансы как «составные» частицы. Кварки и их свойства. Систематика кварков. «Цвет» кварков. Глюоны.

V. АТОМНАЯ ФИЗИКА

Корпускулярные и волновые свойства электрона. Соотношение неопределенности для импульса и координаты., для энергии и времени. Вероятность локализации частицы в координатном и импульсном пространствах. Волновые функции, их свойства. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для прямоугольной ямы и для потенциального барьера / решение /. Решение уравнения Шредингера для линейного гармонического осциллятора и для ротатора. Атом водорода. Решение уравнения Шредингера для атома водорода. Энергетический спектр и полные волновые функции. Квантовые числа. Атом водорода в магнитном поле. Учет релятивистских эффектов, сведения об уравнении Дирака. Спин частиц. Нестационарные состояния. Принцип суперпозиции состояний. Вынужденное и спонтанное излучения. Оптическая сила осцилляторов. Правила отбора. Поляризация излучения. Оптический спектр водорода. Системы, содержащие несколько электронов. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Принцип Паули. Атомы, содержащие несколько электронов, векторная модель. Молекулы. Оптические спектры атомов. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света в молекулярных газах. Столкновения частиц. Сечения рассеяния – квантовомеханическая трактовка. Решение задачи о рассеянии. Борновское приближение. Теория возмущений. Эффект Штарка. Эффект Зеемана в сильных и слабых магнитных полях. Фактор Ланде. Уравнение Шредингера для кристаллического твердого тела. Электрические состояния. Модель Зоммерфельда для линейного и циклического кристалла. Решения для периодического хода потенциала. Приближение слабой и сильной связи. Энергетические зоны. Эффективная масса. Распределение электронов по энергиям. Статистика Ферми-Дирака. Слабый парамагнетизм и теплоемкость электронного газа. Электропроводность твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Фононы.

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

1. Законы сохранения. Их роль в механике и физике.
2. Движение частиц в центральном поле. Движение двух частиц, взаимодействующих по закону $1/r^2$.
3. Приведенная масса. Фinitное и инфинитное движения. Задача Кеплера.
4. Распад и рассеяние частиц. Дифференциальное сечение рассеяния. Формула Резерфорда.
5. Малые колебания. Обобщенные координаты.
6. Функция Лагранжа. Диссипативные функции.
7. Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы, собственные частоты и главные колебания.
8. Устойчивость движения. Вынужденные колебания, резонанс. Параметрический резонанс.
9. Адиабатические инварианты, условие сохранения инварианта, осциллятор с медленно меняющейся частотой, частица в медленно меняющемся магнитном поле.
10. Канонические переменные. Функция Гамильтона, уравнение Гамильтона.
11. Циклические координаты. Фазовое пространство и теорема Лиувилля.
12. Основные уравнения гидродинамики – неразрывности и Навье-Стокса.
13. Звук. Ударные волны. Понятие о солитонах.
14. Фазовое пространство и фазовые траектории. Эргодическая гипотеза. Статистический смысл энтропии. Необратимость и возрастание энтропии.
15. Идеальный газ. Распределения Максвелла и Больцмана.
16. Уравнение состояния идеального газа. Распределения Больцмана и Ферми.
17. Термодинамические функции и теплоемкости идеального газа и черного излучения. Теплоемкость молекул.
18. Флуктуации. Корреляция флуктуаций. Броуновское движение.
19. Уравнение Фоккера-Планка. Формула Найквиста.
20. Кинетическая теория газов. Функция распределения. Принцип детального равновесия.
21. Уравнение Больцмана. Столкновительный интеграл.
22. Время релаксации. H-теорема.
23. Переход к макроскопическим уравнениям. Кинетическое уравнение для слабонеоднородного газа.
24. Кинетические коэффициенты – вязкость, теплопроводность, диффузия.
25. Метод Чепмена решения кинетического уравнения. Проводимость.
26. Уравнения Максвелла. Поток энергии
27. Электромагнитные волны. Волновое уравнение.
28. Плоские волны, пакет волн. Электромагнитные волны в ограниченном пространстве, волноводы, резонаторы.
29. Излучение движущихся зарядов.
30. Запаздывающие потенциалы. Волновая зона. Дипольное и квадрупольное излучения.
32. Синхротронное излучение. Рассеяние излучения на свободных зарядах.
33. Специальная теория относительности.
34. Интервал. Собственное время. Преобразование скоростей.
35. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме.
36. Релятивистское движение заряженных частиц в кулоновском поле.
37. Экспериментальные основы теории относительности.
38. Уравнения электромагнитного поля в среде. Тензор диэлектрической проницаемости.
40. Временная и пространственная дисперсии. Диссипация энергии.
41. Распространение волн в неоднородной среде. Приближение геометрической оптики.
42. Интерференция света. Пространственная и временная когерентность.

43. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля.
44. Теория дифракции Кирхгофа. Дифракция Френеля и Фраунгофера.
45. Электростатика в средах. Поляризация вещества в электрическом поле.
46. Постоянное магнитное поле в средах. Диамагнетизм, парамагнетизм и ферромагнетизм.
47. Свойства ядер. Масса ядер и нуклонов.
48. Энергия связи. Спины и магнитные моменты ядер.
49. Природа ядерных сил., теория Юкавы. Электромагнитное, слабое и сильное взаимодействие.
50. Нестабильные ядра. Радиоактивность. Ядерные реакции.
51. Деление и синтез. α -распад. Типы β -распадов.
52. Гипотеза Паули о существовании нейтрино.
53. Несохранение четности. γ -излучение.
54. Внутренняя конверсия. Ядерная изометрия. Эффект Мессбауэра.
55. Элементарные частицы. Частицы и античастицы. Систематика частиц.
56. Фотоны, лептоны, мезоны, барионы и их свойства.
57. Резонансы. Величины, сохраняющиеся при сильных, слабых и электромагнитных взаимодействиях.
58. Изотопический спин, барионный и лептонный заряды, странность, гиперзаряд.
59. Мезоны, барионы, мезонные и барионные резонансы как «составные» частицы.
60. Кварки и их свойства. Систематика кварков. «Цвет» кварков. Глюоны.
61. Корпускулярные и волновые свойства электрона. Соотношение неопределенности для импульса и координаты, для энергии и времени.
62. Вероятность локализации частицы в координатном и импульсном пространствах. Волновые функции, их свойства.
63. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Уравнение Шредингера для прямоугольной ямы и для потенциального барьера / решение /.
64. Решение уравнения Шредингера для линейного гармонического осциллятора и для ротатора.
65. Атом водорода. Решение уравнения Шредингера для атома водорода.
66. Энергетический спектр и полные волновые функции.
67. Квантовые числа. Атом водорода в магнитном поле.
68. Учет релятивистских эффектов, сведения об уравнении Дирака. Спин частиц.
69. Нестационарные состояния. Принцип суперпозиции состояний.
70. Вынужденное и спонтанное излучения. Оптическая сила осцилляторов. Правила отбора.
71. Поляризация излучения. Оптический спектр водорода.
72. Системы, содержащие несколько электронов. Принцип неразличимости тождественных частиц.
73. Фермионы и бозоны. Принцип Паули.
74. Атомы, содержащие несколько электронов, векторная модель.
75. Молекулы. Оптические спектры атомов. Молекулярные спектры. Комбинационное рассеяние света в молекулярных газах.
76. Столкновения частиц. Сечения рассеяния – квантовомеханическая трактовка.
77. Решение задачи о рассеянии. Борновское приближение.
78. Теория возмущений. Эффект Штарка. Эффект Зеемана в сильных и слабых магнитных полях. Фактор Ланде.
79. Уравнение Шредингера для кристаллического твердого тела. Электрические состояния.
80. Модель Зоммерфельда для линейного и циклического кристалла. Решения для периодического хода потенциала.
81. Приближение слабой и сильной связи. Энергетические зоны. Эффективная масса.

82. Распределение электронов по энергиям. Статистика Ферми-Дирака.
83. Слабый парамагнетизм и теплоемкость электронного газа. Электропроводность твердых тел.
84. Колебания кристаллической решетки. Фононы.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

100 баллов выставляется экзаменационной комиссией за обстоятельный и обоснованный ответ на все вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий в аспирантуру в процессе ответа на вопросы экзаменационного билета правильно определяет основные понятия, свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале по предложенной тематике.

75 баллов выставляется поступающему в аспирантуру за правильные и достаточно полные ответы на вопросы экзаменационного билета, которые не содержат грубых ошибок и неточностей в трактовке основных понятий и категорий, но в процессе ответа возникли определенные затруднения при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

50 баллов выставляется поступающему в аспирантуру при недостаточно полном и обоснованном ответе на вопросы экзаменационного билета и при возникновении серьезных затруднений при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.

0 баллов выставляется в случае отсутствия необходимых для ответа на вопросы экзаменационного билета теоретических и практических знаний.

2.6.Список рекомендуемой литературы

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА (по разделам)

Механика

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. М.: Наука, 1973.
2. Ольховский И.И. Курс теоретической механики для физиков. М: МГУ , 1978.
3. Лифшиц Е.М., Питаевский, Л. П. Физическая кинетика. Солитоны в действии.— изд. 2. — М.: Физматлит, 2001 («Теоретическая физика», том X).

Статистическая физика и основы кинетики

1. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1. — М.: Наука, 1976
2. Левич В.Г. Введение в статистическую физику. — М.: Государственное издательство технико-теоретической литературы ,1952.
3. А.И.Ансельм. Основы статистической физики и термодинамики. — М.: Наука, 1973

Электродинамика

1. Фриш С.Э., Тиморева А.В. Том 3. Курс общей физики. — М.: Физматгиз, 1961
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества. — М.: Наука, 1989
3. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Теория поля. — М.: Наука, 1973.
4. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. — М.: Наука, 1973.

Ядерная физика

Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. — М.: Наука, 1980.

Атомная физика

1. Шпольский Э.В. Атомная физика. Том 1, 2. — М.: Наука, 1974.
2. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Квантовая механика. — М.: Наука, 1974.
3. Киттель Ч. Квантовая теория твердых тел. — М.: Наука, 1967.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики - в 5-ти томах. — М.: Физматлит; Изд-во МФТИ, 2005.
2. В.Е.Голант, А.П. Жилинский, И.Е. Сахаров. Основы физики плазмы. 2 изд. Спб. Лань. 2011г. 448 стр.

Приложение

Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ

(Ф.И.О. кандидата для поступления в аспирантуру)			
(научная специальность)			
№ п/п	Индивидуальное достижение	Количество баллов за каждое достижение	Рейтинговая оценка показателя, общий балл
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): в журналах перечня ВАК;	10	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q1 или Q2;	25	
	в журналах индексируемых в Scopus и (или) WoS (в том числе входящих в базу данных RSCI) Q3 или Q4.	15	
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:		
	руководителем,	10	
	исполнителем.	5	
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности:		
	– патент на изобретение;	10	
	– патент на полезную модель;	7	
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;	5	
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.	5	
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе): за конференцию, индексируемую в базе данных Web of Science и (или) Scopus (индексация сборника или журнала с публикацией подтверждается ссылкой или скриншотом из базы данных);	5	
	за прочие конференции.	3	
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру	3	
Суммарный рейтинговый балл			

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О).

Руководитель образовательных программ по аспирантуре института

(подпись)

(Ф.И.О).