

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО  
профессор А.С.-У. Мустафаев

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета фундаментальных  
и гуманитарных дисциплин  
доцент А.Б. Маховиков

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

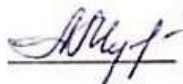
# ФУНКЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В АКСИАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОЙ ПЛАЗМЕ

Уровень высшего образования:	Подготовка кадров высшей квалификации
Направление подготовки:	03.06.01 Физика и астрономия
Направленность (профиль):	Физика плазмы
Форма обучения:	очная
Нормативный срок обучения:	4 года
Составитель:	д.ф.-м.н., профессор А.С.-У. Мустафаев

**Рабочая программа дисциплины «Функция распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 867 от 30 июля 2014;
- на основании учебного плана направленности (профиля) «Физика плазмы» по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия.

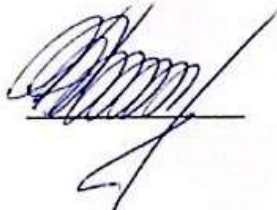
**Составитель**

 д.ф.-м.н., проф. А.С.-У. Мустафаев

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и технической физики от «26» февраля 2019 г., протокол № 9.**

**Рабочая программа согласована:**

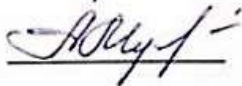
Декан факультета аспирантуры  
и докторантуры



к.т.н.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой общей и  
технической физики



д.ф.-м.н., проф. А.С.-У. Мустафаев

## 1. Цели и задачи дисциплины

### Цели дисциплины:

формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний об основах физической кинетики аксиально-симметричной плазмы, формировании и структуре функции распределения заряженных частиц в плазме различного типа, параметрах плазмы, связанных с функцией распределения, а также особенностях диагностики аксиально-симметричной плазмы.

### Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение современных теоретических, методических и технологических достижений отечественной и зарубежной науки и практики в области исследований аксиально-симметричной плазмы с различной степенью анизотропии.
- овладение основами математического аппарата, позволяющего описывать электрокинетические характеристики аксиально-симметричной плазмы газовых разрядов различного типа;
- формирование у аспирантов представлений о структуре функции распределения, пространственном распределении параметров и особенностях диагностики плазмы, обладающей осевой симметрией;
- подготовка аспирантов к применению полученных знаний для решения прикладных проблем физики плазмы: создания новых методов диагностики и их применения непосредственно в рабочих условиях приборов плазменной энергетики для надежной оптимизации их энергетических характеристик и конструкций.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Функция распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме» входит в состав вариативной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия направленности (профиля) «Физика плазмы» и изучается в 7 семестре.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины обучающимися направлен на формирование профессиональных компетенций:

- готовность использовать теоретические и методологические основы проектирования, эксплуатации, дальнейшего совершенствования плазменных методик и оборудования для плазменных технологий (ПК-1);
- способность проводить научное планирование плазменного эксперимента и осуществлять его на практике: применять технологическую аппаратуру и электроизмерительные приборы, выполненные на базе микропроцессорной техники для решения задач диагностики параметров плазменных систем и разработки новых плазменных методов и технологий (ПК-2).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен демонстрировать способность и готовность к научно-исследовательской деятельности, связанной с исследованиями аксиально-симметричной плазмы:

- владеть приемами представления и кинетического описания функции распределения заряженных частиц в плазме с осевой симметрией, иметь представление о влиянии структуры распределения заряженных частиц на сопутствующие плазменные параметры;
- знать методические особенности планирования и постановки эксперимента при исследовании аксиально-симметричной плазмы в газовых разрядах разного типа, выбора того или иного инструмента диагностики и способа обработки экспериментальных данных;
- применять полученные знания при исследовании аксиально-симметричной плазмы различных газов в отсутствие априорной информации о степени анизотропии плазмы.

### 3.1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны приобрести:	Этапы формирования*
1.	ПК-1	Готовность использовать теоретические и методологические основы проектирования, эксплуатации, дальнейшего совершенствования плазменных методик и оборудования для плазменных технологий.	<p><b>Выпускник знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методологические основы проектирования, эксплуатации и дальнейшего совершенствования техники, технологии и аппаратного обеспечения методов диагностики аксиально-симметричной плазмы;</li> <li>- новейшие мировые достижения в области разработки и выбора путей совершенствования методов диагностики плазмы с осевой симметрией.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализировать, интерпретировать и использовать для решения научных задач современные достижения в области методов исследования плазмы газовых разрядов различного типа;</li> <li>- аргументировано и логически непротиворечиво обосновать выбранный способ решения поставленной научной задачи.</li> </ul> <p><b>Владеет навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбора цели, постановки научных задач и оптимизации путей их решения в рамках различных разделов диагностики аксиально-симметричной плазмы;</li> <li>- выявления недостатков и поиска оптимальных путей совершенствования конструкций электрических зондов, схем зондовых измерений, техники и технологии эксперимента.</li> </ul>	В соответствии с учебным планом
2	ПК-2	Способность проводить научное планирование плазменного эксперимента и осуществлять его на практике: применять технологическую аппаратуру и электроизмерительные приборы, выполненные на базе микропроцессорной техники для решения задач диагностики параметров плазменных систем	<p><b>Выпускник знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- угловую и энергетическую структуру функции распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме различной природы;</li> <li>- основные закономерности диагностики плазмы с осевой симметрией, физических принципов и аппаратной реализации методов диагностики в газоразрядных приборах.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решать прикладные проблемы физики плазмы, необходимые для освоения физических методов исследования плазмы; пользоваться современной экспериментальной аппаратурой для проведения научных исследований;</li> <li>- пользоваться современной научной литературой для постановки цели и задач плазменного эксперимента и выбора оптимальных методик исследования плазмы.</li> </ul> <p><b>Владеет навыками:</b></p>	

		и разработки новых плазменных методов и технологий.	- формулирования цели эксперимента и постановки научных задач; выбора эффективных путей их решения с учетом специфики аксиально-симметричной плазмы и требуемого уровня точности эксперимента; - применения технологической аппаратуры и методов диагностики плазмы непосредственно при реализации практических приложений аксиально-симметричной плазмы.	
--	--	---	--	--

\*Основными этапами формирования компетенций обучающихся при освоении дисциплины являются последовательное изучение содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий в течение учебного семестра (семестров).

### 3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине «Функция распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме» обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенции обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя 2 темы, содержание которых направлено на изучение формирования и структуры функции распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме различного типа.

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 144 часа, 4 зачётные единицы. Дисциплина изучается в 7 семестре по очной форме обучения. Форма контроля для очной формы обучения: дифференцированный зачет.

#### 4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Общая трудоемкость дисциплины в часах	144	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>12</b>	12
Лекции	6	6
Практические занятия	6	6
Дифф.зачет	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>132</b>	132
<b>Вид аттестации</b>	диф. зачёт	диф. зачёт

#### 4.2. Темы учебной дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование тем	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа аспиранта
1.	Функция распределения заряженных частиц как основная кинетическая характеристика аксиально-симметричной плазмы. Представление функции распределения	72	3	3	-	66
2.	Структура функции распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме газовых разрядов различного типа	72	3	3	-	66
	<b>Итого:</b>	<b>144</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>132</b>

#### 4.3. Содержание учебной дисциплины

№ п/п	Наименование тем дисциплины	Содержание темы
1	<b>Функция распределения заряженных частиц как основная кинетическая характеристика аксиально-симметричной плазмы. Представление функции распределения</b>	Дебаевский радиус экранирования. Функция распределения. Фазовое пространство. Моменты функции распределения (ФР). Описание плазменных процессов при помощи функции распределения по скоростям. Локальная ФР во внешнем электрическом поле. Нелокальная ФР во внешнем электрическом поле. Представление ФР в аксиально-симметричной анизотропной плазме. Разложение ФР по полиномам Лежандра. Основы зондового метода реконструкции полной ФР заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме. Методика реконструкции угловых гармоник распределения. Восстановление полной функции распределения. Полярные диаграммы направленного движения электронов. Анизотропные функции распределения электронов и ионов.
2	<b>Структура функции распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме газовых разрядов различного типа</b>	Структура распределения заряженных частиц в плазме положительного столба электрического разряда низкого давления в гелии. Энергетические зависимости угловых гармоник функции распределения электронов, дрейфовая скорость электронов разных энергий. Энергетические зависимости лежандровых компонентов интеграла столкновений. Энергетическая зависимость транспортного сечения упругого рассеяния электронов на атомах гелия. Низковольтный пучковый разряд (НПР) в гелии как модель анизотропной приэлектродной плазмы с объемной ионизацией. Структура функции распределения в плазме НПР. Источники неравновесности и анизотропии распределения заряженных частиц. Пространственное распределение параметров анизотропной плазмы НПР. Роль электронов пучка в процессах возбуждения, ионизации и токопереноса. Кнудсеновский и столкновительный режим разряда.

#### 4.4. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	<p><b>Функция распределения заряженных частиц как основная кинетическая характеристика аксиально-симметричной плазмы.</b></p> <p><b>Представление функции распределения</b></p>	<p>Представление ФР в аксиально-симметричной плазме. Геометрия задачи. Разложение ФР в ряд по полиномам Лежандра. Физический смысл лежандровых компонент ФР. Расчет базовых параметров плазмы с использованием лежандровых компонент ФР. Восстановление полной функции распределения. Методика реконструкции угловых гармоник распределения в отсутствии априорной информации о степени анизотропии. Метод полярных диаграмм для исследования направленного движения заряженных частиц в плазме.</p>	3
2.	<p><b>Структура функции распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме газовых разрядов различного типа</b></p>	<p>Аксиально-симметричная плазма положительного столба тлеющего разряда в гелии. Представление функции распределения электронов и интеграла столкновений. Расчет локальной и нелокальной функции распределения электронов. Система кинетических уравнений для электронов. Интеграл электрон-атомных столкновений. Определение энергетической зависимости транспортного сечения электрон-атомных столкновений и расчет температуры нейтрального компонента плазмы.</p> <p>Аксиально-симметричная плазма низковольтного плазменно-пучкового разряда (НПР). Формирование сильнонеравновесной функции распределения электронов в плазме гелиевого НПР. Угловая структура ФР электронов в кнудсеновском и столкновительном режиме НПР. Пространственное распределение параметров пучкового разряда. Роль нелокальности в формировании функции распределения.</p> <p>Анизотропная функция распределения ионов, ее расчет и экспериментальное определение в аксиально-симметричной плазме при различной величине электрического поля.</p>	3
<b>Итого:</b>			<b>6</b>

#### 5. Образовательные технологии, используемые при изучении дисциплины

При изучении дисциплины «Функция распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

— дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

— стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач. Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне дифференцированного зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа** обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации**

### **6.1 Цель и основные задачи текущего контроля по дисциплине**

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение на консультациях вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по наиболее актуальным темам дисциплины (устный ответ);
- подготовка докладов;
- выполнение индивидуальных заданий.

### **6.2 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1.**

1. Физическая кинетика плазмы. Функция распределения и фазовое пространство. Представление функции распределения.
2. Восстановление угловых и энергетических зависимостей полной функции распределения электронов по скоростям.
3. Особенности применения зондового метода при диагностике аксиально-симметричных плазменных объектов.
4. Источники анизотропии функции распределения электронов и ионов в плазме с осевой симметрией.
5. Обоснование целесообразности разложения ФР в ряд по полиномам Лежандра.
6. Роль лежандровых компонент ФР в формировании базовых параметров аксиально-симметричной плазмы.

#### **Раздел 2.**

1. Тлеющий разряд в гелии. Распределение параметров по длине разрядного промежутка. Структура ФР в максвелловской плазме. Приближение Лоренца.
2. Методические особенности расчета локальной и нелокальной ФР в плазме гелиевого положительного столба.
3. Возможности определения параметров плазмы положительного столба (конвективная скорость электронов, транспортное сечение электрон-атомных столкновений, и др.) на основе данных о лежандровых компонентах ФР электронов.
4. Короткий низковольтный пучковый разряд как пример сильнонеравновесной анизотропной плазмы. Особенности формирования распределения заряженных частиц по скоростям.



5. Структура ФР и пространственное распределение параметров в плазме ННР. Применение полярных диаграмм для анализа структуры особенностей распределения заряженных частиц.
6. Особенности формирования анизотропных функций распределения ионов в аксиально-симметричной плазме.

### **6.3. Критерии оценивания устных ответов обучающихся**

Развернутый ответ аспиранта должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

При оценке ответа аспиранта необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности, понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

### **6.4 Цель и основные задачи дифференцированного зачёта по дисциплине**

Дифференцированный зачет имеет целью проверить знание и понимание обучающимися содержания дисциплины и уровня сформированности компетенции. Индекс контролируемых компетенции — ПК-1 и ПК-2.

### **6.5 Порядок проведения дифференцированного зачета**

Дифференцированный зачет проводится путем представления обучающимися индивидуального задания, выполненного во время самостоятельной работы, которое затем проверяется преподавателем с выставлением дифференцированных оценок. После проверки задания может проводиться его обсуждение с преподавателем.

### **6.6. Примерная тематика индивидуальных заданий**

1. Влияние функции распределения заряженных частиц на протекание плазменных электрокинетических процессов.
2. Способы представления ФР в аксиально-симметричной плазме. Упрощающие предположения.
3. Представление ФР в виде ряда по полиномам Лежандра. Обоснование такого представления.
4. Физический смысл лежандровых компонент функции распределения и их роль в описании кинетических процессов.
5. Аксиальная симметрия плазмы с точки зрения зондовых методов диагностики..
6. Особенности кинетического описания плазмы с различной степенью анизотропии с помощью набора лежандровых компонент ФР.
7. Структура ФР и пространственное распределение параметров в плазме положительного столба тлеющего разряда в гелии.
8. Структура ФР и пространственное распределение параметров в плазме гелиевого ННР.
9. Формирование анизотропной ФР в пучковой плазме.
10. Возможности восстановления параметров аксиально-симметричной плазмы с использованием лежандровых компонент ФР.

### **6.7. Критерии и процедура оценивания результатов дифференцированного зачета**

Оценки за задание выставляются, исходя из следующих критериев:

— **«отлично» (5)**: если обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал лекций и демонстрирует это в задании, все документы выполнены без ошибок, последовательно, грамотно и логически построены, излагает свои решения, хорошо их объясняя и обосновывая;

— **«хорошо» (4)**: если обучающийся твердо знает программный материал, не допускает существенных неточностей в его изложении, использует ограниченный круг источников, вместо своего решения в задании излагает одно из стандартных.

— **«удовлетворительно» (3)**: если обучающийся поверхностно усвоил основной материал лекций, не знает деталей, допускает неточности, при разработке задания привлекает

мало оригинального материала, пользуясь, в основном, стандартными решениями и формулировками;

— «неудовлетворительно» (2): если обучающийся не знает значительной части программного материала, в задании допущены существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет или, по существу, не выполняет задания, не может его объяснить.

Оценки по результатам проверки индивидуального задания объявляются обучающимся и заносятся в зачетную ведомость.

## **7. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет»**

### **7.1. Обеспеченность литературой**

#### **Основная:**

1. Смирнов, Борис Михайлович. Физика атома и иона / Б.М.Смирнов. - М. : Энергоатомиздат, 1986. - 215 с.

2. Райзер, Юрий Петрович. Физика газового разряда / Ю.П.Райзер. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. - 591 с.

3. Зельдович, Яков Борисович. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений / Я.Б.Зельдович, Ю.П.Райзер. - Изд. 2-е, доп. - М. : Наука. 1966. - 686 с.

4. Кадомцев, Борис Борисович. Коллективные явления в плазме / Б.Б.Кадомцев. - изд. 2-е, испр. и доп. - М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 303 с.

5. Мустафаев, Александр Сеит-Умерович. Функция распределения электронов в анизотропной плазме / А.С.Мустафаев ; Нац. минер.-сырьевой ун-т "Горный". - СПб. : Горн. ун-т, 2013. - 171 с.

#### **Дополнительная:**

6. Ферми, Э. Квантовая механика Notes on Quantum Mechanics : (конспект лекций) / Э. Ферми. - М. : Мир, 1968. - 367 с.

7. Франк-Каменецкий, Д. А. Лекции по физике плазмы: учеб. пособие для вузов / Д. А. Франк-Каменецкий. - Изд. 2-е. - М. : Атомиздат, 1968. - 285 с.

8. Чен, Ф. Введение в физику плазмы: монография / Ф. Чен ; пер. с англ. Е. Н. Кручины под ред. В. И. Шевченко. - М. : Мир, 1987. - 398 с.

9. Рожанский, В. А. Теория плазмы: учеб. пособие для вузов / В. А. Рожанский. - СПб. : Лань, 2012. - 319 с.

10. Механика в СССР за 50 лет: в 4 т. / под ред. Л. И. Седова [и др.]. - М. : Наука, 1968 - 1972. Т. 2 : Механика жидкости и газа. - М. : Наука, 1970. - 880 с

### **7.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта**

— Методические указания для самостоятельной работы аспирантов;

— Индивидуальное задание по дисциплине.

### **7.3. Ресурсы сети «Интернет»**

1. Информационная справочная система «Консультант плюс».

2. Библиотека ГОСТов [www.gostrf.com](http://www.gostrf.com).

3. Сайт Российской государственной библиотеки. <http://www.rsl.ru/>

4. Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России. <http://www.gpntb.ru/>

5. Каталог образовательных интернет ресурсов <http://www.edu.ru/modules.php>

6. Электронные библиотеки: <http://www.pravoteka.ru/>, <http://www.zodchii.ws/>, <http://www.tehlit.ru/>.

7. Специализированный портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании <http://www.ict.edu.ru>

#### **7.4 Электронно-библиотечные системы:**

- ЭБС издательства «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС издательства «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/>
- ЭБС «ZNANIUM.COM» <https://znanium.com>
- ЭБС «IPRbooks» <https://iprbookshop.ru>
- ЭБС «Elibrary» <https://elibrary.ru>
- Автоматизированная информационно-библиотечная система «Mark -SQL»

<https://informsystema.ru>

- Система автоматизации библиотек «ИРБИС 64» <https://elnit.org>

#### **7.5 Современные профессиональные базы данных:**

- Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>
- «Clarivate Analytics» <https://Clarivate.com>
- «Springer Nature» <http://100k20.ru/products/journals/>

#### **7.6 Информационные справочные системы:**

- 1.Справочно-правовая информационная система Консультант Плюс

<http://www.consultant.ru/>.

2. Электронно-периодический справочник «Система Гарант» <http://www.garant.ru/>.

- 3.ООО «Современные медиа технологии в образовании и культуре».

<http://www.informio.ru/>.

- 4.Программное обеспечение Норма CS «Горное дело и полезные ископаемые»

<https://softmap.ru/normacs/normacs-gornoe-delo-i-poleznye-iskopaemye/>

- 5.Информационно-справочная система «Техэксперт: Базовые нормативные документы»

<http://www.cntd.ru/>

- 6.Программное обеспечение «База знаний: гидрогеология, инженерная геология и геоэкология» <http://www.geoinfo.ru>

- 7.Электронная справочная система «Система Госфинансы» <http://www.auditc.ru/product/>

## **8. Материально-техническое обеспечение**

Перечень материально-технического обеспечения включает в себя технические средства обучения, служащие для представления информации (мультимедийные доски, проекторы, и т.д.). Имеются специальные помещения для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования, которые укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

### **8.1.Специальные помещения для проведения лекционных, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации**

1. Аудитория для проведения лекционных занятий: 128 посадочных мест. Стол – 65 шт., стул – 128 шт., кресло преподавателя – 1 шт. (128 посадочных мест + рабочее место преподавателя), доска настенная белая магнитно-маркерная – 2 шт., переносная трибуна – 1 шт., плакат- 4 шт . Мультимедийное оборудование – 1 установка, проектор – 2 шт., экран – 2 шт. (с возможностью подключения к сети «Интернет»).

2. Аудитория для проведения практических занятий, самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. 30 посадочных мест. Стол – 16 шт., стул – 30 шт., кресло преподавателя – 1 шт. (30 посадочных мест + рабочее место преподавателя), доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная – 1 шт., доска настенная белая магнитно-маркерная – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт.,

плакат - 4 шт. Лабораторные установки: 1. Комплекс Учебно-научный волновой и квантовой оптики; 2. Установка для голографической записи и воспроизведения объёмных изображений; 3. Установка для создания, настройки и юстировки гелий-неонового (He-Ne) лазера; 4. Установка по демонстрации метода лазерной доплеровской анемометрии для измерения; 5. Установка по демонстрации принципов работы оптоволоконной оптики.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года)), Microsoft Office 2007 Standard (Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)), Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17), 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

## **8.2. Помещения для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года) ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования" (обслуживание до 2020 года) Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года) ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года),

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012 (обслуживание до 2020 года), Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012 (обслуживание до 2020 года).Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места аспирантов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года)

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для аспирантов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для аспирантов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 (обслуживание до 2020 года).

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения» (обслуживание до 2020 года)

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

#### **1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### **2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

#### **3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:**

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

### **8.4. Библиотека Университета**

<b>Месторасположение</b>	<b>Оснащенность</b>	<b>Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)</b>
--------------------------	---------------------	---

<p>Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165 Читальный зал</p>	<p>Аппарат Xerox W.Centre 5230- 1 шт; Сканер K.Filem - 1 шт; Копир. Аппарат -1 шт; Кресло – 521AF-1 шт; Монитор ЖК HP22-1 шт; Монитор ЖК S.17-11 шт; Принтер HP L/Jet-1 шт; Системный блок HP6000 Pro-1 шт; Системный блок Ramec S. E4300-10 шт; Сканер Epson V350-5 шт; Сканер Epson 3490-5 шт; Стол 160*80*72-1 шт; Стул 525 BFH030-12 шт; Шкаф каталожн. -20 шт; Стул «Кодоба» - 22 шт; Стол 80*55*72-10 шт</p>	<p>MARK-SQL, Ирбис</p>
<p>Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171 Читальный зал</p>	<p>Книжный шкаф 1000*3300*400-17 шт; Стол, 400*180 Титаник «Рисо» - 1 шт; Стол письменный с тумбой - 37 шт; Кресло «Cannes» черное-42 шт; Кресло (кремовое) -37 шт; Телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT-1 шт; Монитор Benq 24-18 шт; Цифровой ИК-трансивер TAIDEN -1 шт; Пульт для презентаций R700-1 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 19 шт; Сканер Xerox 7600- 4шт;</p>	
<p>Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы</p>	<p>Компьют. Кресло 7875 A2S – 35 шт; Стол компьют. – 11 шт; Моноблок Lenovo 20 HD 16 шт; Доска настенная белая -- 1 шт; Монитор ЖК Philips - 1 шт; Монитор HP L1530 15tft - 1 шт; Сканер Epson Perf.3490 Photo - 2 шт; Системный блок HP6000 – 2 шт; Стеллаж открытый- 18 шт; Микрофон Д-880 с 071с.ч.- - 2 шт; Книжный шкаф - 15 шт; Парта- 36 шт; Стул- 40 шт</p>	

### 8.5. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»)

2. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011)

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

*Рабочая программа дисциплины «Функция распределения заряженных частиц в аксиально-симметричной плазме» рассмотрена и актуализирована на заседании кафедры общей и технической физики*

№ п/п	№ протокола заседания кафедры	Дата протокола кафедры	Основание
1	9	21.05.2020	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д033(44)-04/20 от 28.04.2020
2	10	19.05.2021	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д041(44)-04/21 от 28.04.2021
3	11	12.05.2022	Договор с Электронно-библиотечной системой «Лань» № Д063(44)-04/22 от 28.04.2022