



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СПбГУ)

ПРИКАЗ

28.11.2023

№ 15141/1

О методическом обеспечении государственной итоговой аттестации в 2024 году (МК.3008.*)

В соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры реализуемыми в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями), приказом от 03.07.2018 № 6616/1 «Об утверждении форм программ государственной итоговой аттестации» (с последующими изменениями и дополнениями) и в целях методического обеспечения государственной итоговой аттестации по основным образовательным программам в 2024 году

ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме государственного экзамена по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3008.* «Физика» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (Приложение № 1).

2. Утвердить программу государственной итоговой аттестации в форме выпускной квалификационной работы по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре МК.3008.* «Физика» по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (Приложение № 2).

3. Начальнику Управления маркетинга и медиакоммуникаций Шишмакову Д. Э. обеспечить размещение настоящего приказа на сайте СПбГУ в разделе «Методическое обеспечение государственной итоговой аттестации в 2024 году» (<https://edu.spbu.ru/gia/16-normativnye-akty/414-metodicheskoe-obespechenie-gosudarstvennoj-itogovoj-attestatsii-v-2024-godu.html>) не позднее одного рабочего дня с даты издания настоящего приказа.

4. За разъяснением содержания настоящего приказа обращаться посредством сервиса «Виртуальная приемная» на портале СПбГУ к проректору по учебно-методической работе.

5. Предложения по изменению и/или дополнению настоящего приказа направлять на адрес электронной почты org@spbu.ru.

6. Контроль за исполнением настоящего приказа оставляю за собой.
Основание: протокол заседания учебно-методической комиссии по УГСН 03.00.00
Физика и астрономия и 14.00.00 Ядерная энергетика и технологии от 13.10.2023
№ 05/2.1/03-03-10.

И.о. проректора по
учебно-методической работе



М. А. Соловьева
28.11.2023

Приложение № 1

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 28.11.2023 № 15141/1

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме государственного экзамена
по основной образовательной программе МК.3008.* «Физика»
по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»
уровень образования подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения

1.1. Государственный экзамен в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта проводится для проверки выполнения государственных требований к уровню и содержанию подготовки выпускников и уровня их подготовленности к решению как теоретических, так и практических профессиональных задач.

1.2. Целью государственного экзамена является определение уровня подготовленности выпускников и проверка сформированности компетенций, предусмотренных учебным планом основной образовательной программы в соответствии с требованиями действующего образовательного стандарта.

1.3. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.4. Язык проведения государственного экзамена: русский.

2. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен, оценочные средства (виды и примеры контрольных заданий)

2.1. Перечень примерных вопросов, выносимых на государственный экзамен:

Физика

Физика Солнца

1. Плазменная частота; Дебаевский радиус и потенциалы Дебая-Хюккеля.
2. Солнечная активность и ее цикличность. Диаграмма Маундера, закон Хейла.
3. Понятие о магнитосферной суббуре. Признаки суббури в сияниях, магнитных возмущениях, токовых системах.
4. Строение нейтральной атмосферы, шкала высот.
5. Регулярные слои ионосферы, вариации их параметров со временем суток и с сезоном.
6. Дипольное магнитное поле и связанные с ним системы координат.
7. Теорема Пойнтинга, работа электромагнитного поля над плазмой.
8. Фракталы, фрактальная размерность, примеры фракталов в геофизике.

Теоретическая физика

Блок «Квантовая механика»

1. Принцип наименьшего действия (принцип Гамильтона–Остроградского), вывод уравнений Лагранжа 2-го рода из этого принципа.
2. Релятивистски-ковариантная формулировка уравнений Максвелла для потенциалов и напряженностей.

3. Гильбертово пространство. Операторы в Гильбертовом пространстве и соотношения между ними (равенство, сумма, произведение, коммутатор, антикоммутатор). Свойства линейного самосопряженного оператора.
4. Момент количества движения. Орбитальный момент количества движения. Спиновый момент количества движения. Матрицы Паули.
5. Стационарная теория возмущений.
6. Квантовая теория рассеяния. Эффективное сечение рассеяния. Амплитуда рассеяния. Борновское приближение.
7. Метод Хартри-Фока.
8. Распределения Ферми и Бозе.

Блок «Физика высоких энергий и элементарных частиц»

1. Симметрии действия для теории поля. Теорема Нётер.
2. Нормальное упорядочивание. Теоремы Вика.
3. Функции Грина свободной теории.
4. Взаимодействующие поля. Представления Гейзенберга и Шредингера, представление взаимодействия.
5. Теория возмущений для функций Грина. Фейнмановская диаграммная техника.
6. Квантовая электродинамика как теория взаимодействия электромагнитного и спинорного полей. Принцип локальной калибровочной инвариантности. Принцип минимальности взаимодействия.
7. Классический лагранжиан квантовой хромодинамики. Квантование КХД.
8. Производящий функционал для функций Грина. Духи Фаддеева-Попова.

Блок «Вычислительная физика»

1. Нестационарная постановка задачи рассеяния, волновые операторы. Свойства волнового оператора: изометричность, сплетающее свойство, полнота. Оператор рассеяния и его свойства.
2. Стационарная постановка задачи рассеяния, резольвента и волновые операторы в стационарной постановке.
3. Метод Хольцмарка-Факсена для решения задачи рассеяния на центральном потенциале. Парциальные волны, парциальное уравнение Шредингера, диагональность представления для парциальной S-матрицы.
4. Многоканальная задача рассеяния для парциальных волн, S-матрица и асимптотические состояния рассеяния, преобразование Кэли и K-матрица.
5. Метод интегральных уравнений в теории рассеяния. Интегральные уравнения для состояний рассеяния и T-матрицы.
6. Квантовая задача рассеяния для системы трех частиц. Уравнения Фаддеева для компонент T-матрицы. Уравнения для компонент волновых функций в интегральной и дифференциальной форме.
7. Кулоновская задача рассеяния. Волновые операторы Долларда. Метод расщепления дальнедействующих потенциалов.
8. Вычислительные подходы к решению задачи рассеяния: метод сепарабельных потенциалов (квазичастиц), метод штурмовских базисов для интегральных уравнений. Метод комплексных вращений для нахождения резонансов и состояний рассеяния. Метод тензорных представлений для дискретизованных дифференциальных уравнений Фаддеева для системы трех частиц.

Радиофизика

1. Прохождение сигнала через линейную систему. Спектральный и временной методы анализа.
2. Обнаружение и выделение сигнала на фоне помех. Оптимальные фильтры для выделения детерминированного сигнала.

3. Общие свойства диэлектрической проницаемости в частотно-диспергирующей среде. Соотношения Крамерса-Кронига.
4. Распространение волнового пакета в среде с частотной дисперсией. Первое и второе приближения теории дисперсии.
5. Общая теория регулярных волноводов. Волны поперечно-электрического и поперечно-магнитного типа.
6. Приближенные граничные условия Леонтовича. Влияние конечной проводимости стенок на затухание поля в волноводах и резонаторах.
7. Нелинейные системы второго порядка. Фазовые траектории и типы особых точек на фазовой плоскости.
8. Совместное влияние нелинейности и дисперсии. Уравнение Кортевега-де Фриза, его стационарные решения, свойства солитонов.
9. Основные понятия теории случайных процессов. Случайные величины и случайные функции. Стационарные и нестационарные случайные процессы.
10. Рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. Борновское приближение, метод плавных возмущений.

Оптика

1. Уравнения Максвелла. Вектор Умова—Пойнтинга. Волновое уравнение. Плоские и сферические волны. Фазовая и групповая скорости света.
2. Асимптотическое решение волнового уравнения. Геометро-оптическое приближение. Уравнение эйконала. Область применения лучевого приближения. Принцип Ферма. Гомоцентрические пучки.
3. Интерференция частично-когерентного излучения. Комплексная степень когерентности. Теорема Ван—Циттерта—Цернике.
4. Полуклассическая теория взаимодействия света с квантовой системой в терминах волновой функции. Вероятность перехода в поле монохроматической волны. Приближение вращающейся волны. Феноменологический учет спонтанных переходов. Квантовые биения.
5. Принцип работы лазера. Методы создания инверсных сред, усиление и генерация излучения в оптическом диапазоне.
6. Оптические резонаторы: устойчивые, неустойчивые, точечно-отображающие. Различные типы оптических квантовых генераторов.
7. Понятие реконструкции волнового фронта. Схемы получения голограмм, их достоинства и недостатки.
8. Спектральные приборы. Классические монохроматоры и спектрографы с призмой и дифракционной решеткой. Связь между истинным и измеряемым спектром. Аппаратная функция и ее аподизация.

Физика конденсированного состояния

Блок «Оптическая спектроскопия твердого тела и наногетероструктур»

1. Размерное квантование. Двумерные и квазидвумерные электронные системы и структуры, в которых они реализуются. Контра- и ковариантные композиционные сверхрешетки, легированные сверхрешетки легирования.
2. Электронные состояния и вертикальный транспорт в короткопериодных полупроводниковых сверхрешетках.
3. Одномерные квантовые системы (квантовые нити) – способы изготовления, энергетический спектр, оптические свойства.
4. Квантовые точки, способы их приготовления. Самоорганизованный рост нанокристаллов (квантовых точек).
5. Спиновые состояния в наноструктурах. Спины в магнитном поле. Релаксация спиновой поляризации.
6. Оптические методы исследования спиновых состояний.

7. Спиновые расщепления и тонкая структура экситонных состояний. Экситонная спиновая динамика в квантовых ямах и квантовых точках.
8. Взаимодействие между электронной и ядерной спиновыми системами. Подстройка частот электронной спиновой прецессии, обусловленная взаимодействием с ядерными спинами.
9. Понятие фотонного кристалла. Фотонный кристалл как пространственно-периодическая твердотельная структура. Отличие фотонного кристалла от обычного кристалла. Классификация и типы фотонных кристаллов.
10. Опалоподобные фотоннокристаллические системы как трехмерные фотонные кристаллы. Кристаллическая решетка опала в прямом и обратном пространствах, классификация кристаллографических направлений. Брэгговская дифракция света на узловых плоскостях. Многоволновая брэгговская дифракция.

Блок «Оптическая спектроскопия поверхности»

1. Природа межмолекулярных сил и химической связи на поверхности. Адсорбционные и латеральные взаимодействия. Водородная и координационная связь.
2. Методы приготовления дисперсных адсорбентов и катализаторов. Цеолиты. Металл-органические каркасные структуры (MOF). Разорванные связи и центры адсорбции металлов и диэлектриков. Кислотные и основные, окислительные и восстановительные свойства поверхностных центров оксидных адсорбентов. Активные центры каталитических реакций.
3. ИК-спектроскопия поглощения на просвет и в диффузно-рассеянном свете. Метод НПВО. Спектроскопия отражения-поглощения. Поверхностное правило отбора для молекул.
4. Неоптические методы получения колебательных спектров: неупругое рассеяние нейтронов и атомов, неупругое туннелирование электронов, спектроскопия потерь энергии электронов высокого разрешения.
5. Спектроскопия в условиях каталитической реакции. Нестабильные промежуточные продукты и возможность их спектрального наблюдения. Десорбция и реакции, индуцированные резонансным поглощением лазерного ИК-излучения.
6. Оптическая спектроскопия адсорбированных молекул в видимой и ультрафиолетовой области спектра. Сдвиги частот в спектрах поглощения. Спектры люминесценции. Влияние адсорбции на положение уровней и время жизни возбужденного состояния молекул.
7. Определение природы и силы поверхностных центров с использованием молекул-тестов. Влияние адсорбции на колебательные частоты молекул.
8. Строение гидроксильного покрова и его связь с кристаллической структурой оксидов. Зависимость частоты валентного колебания ОН от свойств элемента. Гидроксильные группы как центры адсорбции.
9. Латеральные взаимодействия между адсорбированными молекулами и их спектральные проявления. Метод изотопного разбавления. Динамическое и статическое взаимодействие.
10. Квантовая химия и компьютерное моделирование спектров и строения поверхностных соединений. Кластерные модели поверхности.

Блок «Фотопроцессы в конденсированных (гетерогенных) системах»

1. Три поколения фотоактивных твердых тел. Структурные свойства микро- и наноразмерных твердых тел. Электронная структура микро- и наноразмерных материалов.
2. Оптические свойства микро- и наноразмерных твердых тел. Особенности поглощения света и переноса электронных возбуждений в дефектных дисперсных микро- и наноразмерных оксидах металлов.

3. Полная и неполная релаксации электронных возбуждений в объеме и на поверхности твердых тел. Фотостимулированное дефектообразование. Образование активных поверхностных центров по механизму захвата фотоносителей структурными дефектами. Образование структурных дефектов при распаде экситонных возбуждений.
4. Гетерогенный фотокатализ. Коллективные фотостимулированные процессы – фотоиндуцированная супергидрофильность и гидрофобность поверхности.
5. Скорость фотокаталитической реакции. Циклическая скорость, циклическая частота и число оборотов фотокаталитической реакции. Зависимость скорости фотостимулированных поверхностных реакций от давления газа и интенсивности возбуждающего света со временем жизни активных состояний поверхностных центров.
6. Механизмы фотокаталитических реакций Или-Ридила и Лэнгмюра-Хиншельвуда.
7. Фотокаталитическая конверсия солнечной энергии. Энергетические критерии конверсии солнечной энергии (электронная структура фотокатализатора и ред-окс потенциалы реакций). Фотолиз воды и углекислого газа.
8. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Типы солнечных элементов, способы формирования и механизмы действия.
9. Стационарная и нестационарная теория функционала плотности в применении к задачам прикладной нанопотоники. Особенности электронного строения нанокластеров в зависимости от их размеров, от степени аморфности геометрической структуры, от их допирования (на примере кластера TiO_2).

Блок «Электроника твердого тела»

1. Кристаллические и аморфные тела. Трансляционная симметрия. Элементарная ячейка.
2. Дефекты в кристаллах. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии. Атомы внедрения. Комбинации атомных дефектов.
3. Типы химической связи. Структурные и физические особенности ионных, ковалентных, металлических кристаллов. Основные типы межмолекулярного взаимодействия в молекулярных кристаллах: Ван-дер-Ваальсово, донорно-акцепторное, водородная связь.
4. Атомная структура поверхности. Дефекты. Релаксация, реконструкция. Связь физических свойств поверхности с ее структурой.
5. Электронные состояния в кристаллах. Одноэлектронная модель. Приближение сильной и слабой связи. Зонная схема и типы твердых тел.
6. Зонная структура твердого тела и методы ее расчета. Влияние симметрии на зонную структуру твердого тела.
7. Исследование зонной структуры твердого тела методами рентгеновской и фотоэлектронной спектроскопии.
8. Автоэлектронная эмиссия. Распределение электронов по энергиям. Особенности автоэлектронной эмиссии полупроводников.
9. Вторично-электронная эмиссия. Механизмы взаимодействия электронов с твердым телом. Упругое и неупругое рассеяние, длина свободного пробега. Распределение вторичных электронов по энергии.
10. Методы исследования поверхности. Дифракция медленных электронов. Фотоэлектронная и Оже-электронная спектроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия.

Блок «Нейтронная и синхротронная физика»

1. Сравнение нейтронного и рентгеновского/синхротронного излучений. Преимущества и недостатки обоих методов рассеяния для исследования

материалов. Важность и особенности комплементарного использования рентгеновского/синхротронного излучения и нейтронов.

2. Понятие дифракции рентгеновского излучения. Взаимосвязь амплитуды рассеянного излучения с электронной плотностью системы-рассеивателя. Кинематическая теория дифракции. Дифракция на кристалле как на системе атомов. Структурная амплитуда.

3. Дифракция на поликристаллическом образце. Формирование порошковой дифрактограммы. Методы решения структур по порошковым дифракционным данным. Метод Ритвельда. Математические основы. Структурная информация, содержащаяся в дифрактограмме.

4. Магнитное брэгговское рассеяние неполяризованных нейтронов. Стадии определения магнитной структуры по данным порошковой дифракции.

5. Основные принципы малоуглового рассеяния. Рассеяние плоской волны простыми телами. Преобразование Фурье. Рассеяние объектами различной упорядоченности (растворы частиц, изолированная частица, бесчастичные системы, изотропные монодисперсные системы).

6. Малоугловые исследования полимеров, дисперсных систем, фрактальных систем, малоугловая дифракция на наноструктурах.

7. Типы экспериментальных установок малоуглового рассеяния нейтронов и синхротронного излучения. Принципы построения малоугловых установок. Метод спин-эхо малоуглового рассеяния нейтронов. Двух-кристальный дифрактометр.

8. Основные принципы рефлектометрии нейтронов и синхротронного излучения. Рассеяние плоской волны на поверхности, на 1 слое и на многослойной системе.

9. Зеркальное и незеркальное отражение. Малоугловое рассеяние в скользящей геометрии.

10. Рефлектометры на поляризованных нейтронах. Особенности исследования магнитных многослойных наноструктур. Три вклада в интенсивность нейтронного рассеяния: ядерный, магнитный, ядерно-магнитная интерференция.

Блок «Молекулярная фотоника»

1. Молекулярные электронные спектры поглощения и испускания. Молекулярные орбитали, переходный момент, правила отбора. Требования к симметрии, перекрытию орбиталей и спину. Принцип Франка-Кондона. Флуоресценция и фосфоресценция. Квантовый выход. Время жизни электронно-возбужденных состояний. Безызлучательные переходы. Внутренняя и интеркомбинационная конверсия. Хромофоры биомолекул: хлорофилл, нуклеиновые основания, ароматические аминокислоты.

2. Влияние среды на спектры поглощения и испускания. Специфическое и неспецифическое взаимодействие. Спектры поглощения и испускания адсорбированных молекул.

3. Качественная картина межмолекулярных взаимодействий. Процессы образования молекулярных комплексов. Влияние водородной связи на спектры люминесценции кристаллов азотсодержащих гетероароматических молекул.

4. Агрегация молекул. Природа сил взаимодействия. Экситонное расщепление возбужденных уровней, делокализация возбуждения. Проявление агрегации в спектрах поглощения и люминесценции. Эксимеры, экситоны. Проявление агрегации оснований в спектрах нуклеиновых кислот. Агрегаты хлорофилла.

5. Межмолекулярный перенос энергии. Тушение возбужденных состояний. Индуктивно-резонансный и обменно-резонансный механизмы. Перенос энергии в биологических системах: фотосинтез, нуклеиновые кислоты, белки.
6. Комплексы с переносом заряда. Доноры и акцепторы электрона. Собственные функции основного и возбужденного состояния. Полосы переноса заряда, зависимость от потенциала ионизации донора. Перенос заряда в биосистемах.
7. Фотохимические процессы и их законы. Фотодиссоциация и фотоприсоединение. Фотоперенос электрона и протона. Двухвантовые фотохимические процессы.

Блок «Физика растворов и расплавов наночастиц, жидких кристаллов и полимеров»

1. Поступательное и вращательное трение жестких сплошных частиц. Влияние размеров и асимметрии формы частиц на коэффициенты трения.
2. Ориентация асимметричных частиц в потоке. Функция распределения. Угол преимущественной ориентации в потоке.
3. Явление Керра. Методы наблюдения. Эффект Керра в молекулярных растворах. Эффект Керра в растворе аксиально-симметричных кинетически жестких молекул в слабых и сильных электрических полях. Дипольный и деформационный механизм ориентации молекул во внешнем поле.
4. Классификации жидких кристаллов. Параметры порядка (ориентационного и координационного) и методы их определения. Анизотропия свойств жидких кристаллов: магнитных, оптических, диэлектрических, вязкоупругих.
5. Ориентационная упругость жидких кристаллов. Типы ориентационных деформаций. Ориентационные переходы Фредерикса.
6. Метод избытков Гиббса. Абсолютная адсорбция. Поверхностные заряд и электропроводность. Термодинамические функции равновесного пограничного слоя. Уравнение Гиббса - Дюгема для пограничного слоя.
7. Аминокислоты. Ионизация аминокислот. Кривые титрования. Пост синтетические модификации. Пептидные связи и группы. Ионизация полипептидов. Хроматографическое разделение белков.
8. Четыре уровня структурной организации белковых молекул. Конформация пептидной группы. Диаграмма Рамачандрана. Третичная структура белков. Структурные домены. Нативная структура белков. Денатурация и ренатурация. Фолдинг и стабильность белковых молекул.
9. Методы исследования НК и белков: вискозиметрия, двойное лучепреломление в потоке, динамическое светорассеяние, электрофоретическое разделение, УФ спектроскопия, круговой дихроизм, ИК спектроскопия, центрифугирование, гель-электрофорез.
10. Метод Монте-Карло для моделирования микросистем (периодические граничные условия). Проблема учета дальних взаимодействий. Величины, вычисляемые методом МК (канонический и другие ансамбли).
11. Многомасштабное компьютерное моделирование: особенности перехода от атомистических к мезоскопическим моделям при моделировании биологических систем. Сравнительный анализ методов Монте-Карло и молекулярной динамики применительно к биомолекулярным системам. Эргодическая гипотеза.

Блок «Ядерный магнитный резонанс»

1. Спин и магнитный дипольный момент ядра. Проекция, операторы повышения и понижения. Понятие квадрупольного электрического момента ядра.

2. Взаимодействие магнитного дипольного момента с постоянным магнитным полем. Зеемановское расщепление.
3. Намагниченность системы спинов. Больцмановское распределение по уровням.
4. Спин-спиновая и спин-решеточная релаксация. Механизмы релаксации в различных средах, основные экспериментальные методы измерения времен релаксации.
5. Диполь-дипольное взаимодействие. Химический сдвиг. Найтовский сдвиг в металлах.
6. Спиновое эхо. Эхо Хана. Описание на основе векторной модели. Квадрупольное эхо. Солид-эхо.
7. Вращение под магическим углом. Повышение разрешающей способности спектров ЯМР в твердых телах. Центральные и боковые линии в спектре ЯМР.
8. Импульсное сужение линии ЯМР в твердых телах. Теория среднего гамильтониана. Примеры импульсных последовательностей.
9. Исследование диффузии методом ЯМР (методики с использованием импульсного и стационарного градиентов). Ограниченная диффузия. Методы молекулярной динамики и квантовой химии для расчета свойств молекул и твердых тел. Их применение для расчетов параметров спектров ЯМР.

Блок «Статистическая физика конденсированного состояния»

1. Фазовые переходы I рода. Правило фаз. Бинодаль и спиноподаль. Метастабильные состояния. Фазовые переходы II рода. Теория Ландау. Влияние внешнего поля на фазовый переход II рода. Восприимчивость. Флуктуации параметра порядка.
2. Задача о распространении и рассеянии электромагнитных волн в среде с флуктуирующей диэлектрической проницаемостью. Функция Грина в среде без флуктуаций в случае монохроматического источника. Поле точечного монохроматического источника с учетом флуктуаций: переход к интегральному уравнению, итерационное решение уравнения, его диаграммная интерпретация.
3. Интенсивность рассеяния в борновском приближении (однократное рассеяние). Основные свойства однократного рассеяния, связь интенсивности рассеяния с длиной экстинкции. Эйконоальное приближение, сверхэкспоненциальное затухание: постановка задачи, получение явного решения в заданном поле флуктуаций. Спектр рассеянного света в приближении идеальной жидкости, дублет Мандельштама – Бриллюэна. Соотношение Ландау – Плачека.
4. Условия применимости макроскопического подхода для описания конденсированных систем. Гидродинамическое описание. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Уравнение движения вязкой жидкости. Формула Стокса. Поток импульса. Поток энергии. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости. Общее уравнение переноса тепла. Поверхностные и внутренние гравитационные волны.
5. Теплопроводность в несжимаемой жидкости. Условие отсутствия конвекции. Звуковые волны. Энергия звуковых волн. Поглощение звука. Вязкость суспензий. Феноменологическая релаксационная теория. Вторая вязкость. Уравнения гидродинамики жидкой смеси. Уравнение диффузии. Диффузия взвешенных частиц в жидкости. Уравнения движения жидкости в магнитном поле. Магнитогидродинамические волны.
6. Основные параметры твердотельной плазмы. Условия малости эффектов неидеальности для вырожденной и максвелловской плазмы. Статическое экранирование в максвелловской плазме. Статическое экранирование в вырожденной плазме, приближение Томаса – Ферми. Рассеяние электронов равновесной плазмой. Динамический структурный фактор. Отклик на внешнее

поле. Функции реакции. Динамическая диэлектрическая проницаемость, ее связь с функциями реакции. Связь динамического структурного фактора с функциями реакции.

7. Дисперсионные уравнения для собственных колебаний в изотропной плазме. Кинетическое уравнение с самосогласованным полем. Плазма в магнитном поле. Диэлектрическая проницаемость в локальном приближении и спектр плазменных возбуждений. Взаимодействие низкочастотной электромагнитной волны в магнитном поле с колебаниями решетки. Циклотронные волны. Плазменные волны в слоистых структурах.

8. Экспериментальные методы исследования наносистем. Гигантское магнитосопротивление. Метод модельных гамильтонианов. Приближение среднего поля. Самосогласованные расчеты в модели Андерсона. Неколлинearный магнетизм коллективизированных электронов. Магнитные фазовые переходы. Теория переходного состояния для магнитных степеней свободы.

9. Энергетическая поверхность магнитных наносистем. Уравнение Ландау – Лифшица для магнитных моментов. Методы расчета путей с минимальным перепадом энергии. Магнитные пружины.

Физика плазмы

1. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма.

2. Упругие столкновения частиц в плазме, эффективное сечение рассеяния, дифференциальное сечение рассеяния. Полное и транспортное сечения. Частота столкновений, длина свободного пробега в случае столкновений нейтральных частиц друг с другом и заряженных частиц с нейтральными частицами.

3. Столкновения заряженных частиц, дальное действие, эффективные сечения столкновений, частоты столкновений, длины пробега в случае упругих столкновений заряженных частиц с заряженными частицами.

4. Процессы возбуждения и ионизации атомов и молекул при столкновениях с электронами. Эффективные сечения возбуждения и ионизации. Константы скорости процессов возбуждения и ионизации.

5. Уширение спектральных линий. Естественная ширина линии. Доплеровское уширение. Зависимость формы контура спектральной линии от распределения атомов (или молекул) по скоростям. Столкновительное уширение спектральных линий. Лоренцевский контур, доплеровский контур, фойгтовский контур.

6. Функция распределения. Кинетическое уравнение Больцмана и Власова. Столкновительный член кинетического уравнения.

7. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ- и СВЧ-разряды. Оптический разряд.

8. Основные принципы метода диагностики плазмы с помощью зондов.

9. СВЧ-диагностика плазмы: метод отсечки, интерферометрия плазмы в СВЧ-диапазоне, резонаторные методы диагностики плазмы.

10. Управляемый термоядерный синтез, условия протекания реакция синтеза легких ядер. Критерий Лоусона. Магнитное удержание плазмы. Открытые и замкнутые магнитные ловушки.

Физика полупроводников

1. Электронная конфигурация внешних оболочек атомов и типы сил связи в твердых телах. Ван-дер-Ваальсова, ионная и ковалентная связь.

2. Примеси и структурные дефекты в кристаллических и аморфных полупроводниках. Химическая природа и электронные свойства примесей. Точечные, линейные и двумерные дефекты.

3. Уровни энергии, создаваемые примесными центрами в полупроводниках. Доноры и акцепторы. Мелкие и глубокие уровни. Водородоподобные примесные центры.
4. Положение уровня Ферми и равновесная концентрация электронов и дырок и собственных и примесных (некомпенсированных и компенсированных) полупроводниках. Многозарядные примесные центры.
5. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей заряда. Квазиравновесие, квазиуровни Ферми. Уравнение кинетики рекомбинации. Времена жизни.
6. Механизмы рекомбинации. Излучательная и безызлучательная рекомбинация. Межзонная рекомбинация. Рекомбинация через уровни примесей и дефектов. Центры прилипания. Оже-рекомбинация.
7. Дрейфовый и диффузионный ток. Соотношение Эйнштейна.
8. Схема энергетических зон в контакте металл-полупроводник. Обогащенные, обедненные и инверсионные слои пространственного заряда вблизи контакта.
9. Энергетическая диаграмма p-n перехода. Инжекция неосновных носителей заряда в p-n переходе. Физика поверхности полупроводников. Зависимость полного электрического заряда от поверхностного потенциала в отсутствие и при наличии ПС.

Физика магнитных явлений

1. Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура. Магнитная подрешетка. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура. Слабый ферромагнетизм. Ферримагнитная структура.
2. Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие.
3. Магнитное дипольное взаимодействие. Сверхтонкое взаимодействие.
4. Энергия магнитной анизотропии. Оси магнитной анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропии типа “легкая ось”, “легкая плоскость”. Наведенная магнитная анизотропия.
5. Основные характеристики ЯМР и их связь со структурой и динамическими параметрами исследуемого вещества.
6. Особенности спектров ЯМР в жидкостях и твердых телах.
7. ЯМР-релаксация в жидком состоянии: основы теории, связь с молекулярными параметрами.
8. Квадрупольное взаимодействие. Уровни энергии ЯКР в отсутствие и в присутствии внешнего магнитного поля.

Электрофизика, электрофизические установки

1. Несамостоятельная проводимость газов. Ионизация и рекомбинация. Линейный участок ВАХ, участок насыщения.
2. Ионизация молекул электронным ударом. Лавинный механизм газового разряда.
3. Электролиты. Степень диссоциации. Сильные и слабые электролиты.
4. Конвективный механизм проводимости и его роль в высоковольтной проводимости жидких диэлектриков.
5. Основные результаты экспериментального исследования ЭГД-течений и описание зонной структуры распределения скорости.
6. Критическая напряжённость поля. Пределы применимости метода критической напряженности для расчёта напряжения пробоя.
7. Метод визуализирующих частиц и его частный случай — метод траекторий (РТV-метод): основные принципы его применения/реализации,

специфика измерений в области сильных электрических полей, требования к частицам.

8. Объяснение зонной структуры ЭГД-течений на основе распределения действующих сил (по данным компьютерного моделирования).

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Блок «Физика высоких энергий и элементарных частиц»

1. Основные свойства элементарных частиц и законы сохранения.
2. Симметрии действия для теории поля. Теорема Нётер.
3. Теория возмущений для функций Грина. Фейнмановская диаграммная техника.
4. Квантовая электродинамика. Принцип локальной калибровочной инвариантности.
5. Слабое взаимодействие. Механизм Хиггса возникновения массы калибровочных бозонов.
6. Квантовая хромодинамика. Духи Фаддеева-Попова.
7. Стандартная модель элементарных частиц и поиски выхода за ее рамки.
8. Описание процессов множественного рождения частиц в pp, pA и AA столкновениях при сверхвысоких энергиях на коллайдерах RHIC и LHC.

Блок «Ядерная физика»

1. Общие свойства атомных ядер. Модели атомных ядер.
2. Альфа, бета и гамма распады атомных ядер.
3. Деление атомных ядер.
4. Основные модели ядерных реакций.
5. Реакции с медленными нейтронами.
6. Космические лучи и ядерная астрофизика. Нуклеосинтез во Вселенной.
7. Взаимодействие ядерных излучений с веществом.
8. Экспериментальные методы ядерно-физических исследований. Основные виды детекторов и методы идентификации частиц.

Лазерная физика

1. Квантование поля.
2. Фоковское, когерентное и сжатое состояния поля.
3. Перепутанные состояния света. Оптическая реализация кубитов и их преобразования.
4. Неравенства Белла. Квантовая криптография. Квантовая телепортация.
5. Основные характеристики естественных флуктуаций излучения лазера: диффузия фазы, ширина линии генерации; флуктуация амплитуды, дробовой шум; флуктуация частоты.
6. Сжатые состояния когерентного излучения: соотношение неопределенности для напряженности светового поля, уменьшение флуктуации амплитуды и фазы.
7. Субпуассоновский лазер: основные статистические свойства субпуассоновского лазерного излучения, их влияние на шумы оптических измерений.

2.2. Контрольные задания государственного экзамена представляют собой письменные задания в рамках тем, изложенных в п.2.1. Билет состоит из двух вопросов, выбранных из раздела, соответствующего научной специальности и блоку, по которым специализируется обучающийся. На каждый из двух вопросов обучающимся должны быть даны развернутые письменные ответы.

2.3. Примеры контрольных заданий:

Физика. Специальность – Теоретическая физика. Блок «Квантовая механика»

Билет 1.

1. Релятивистски-ковариантная формулировка уравнений Максвелла для потенциалов и напряженностей.
2. Гильбертово пространство. Операторы в Гильбертовом пространстве и соотношения между ними (равенство, сумма, произведение, коммутатор, антикоммутатор).

3. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену, перечень литературы для подготовки к государственному экзамену

3.1. Рекомендации обучающимся по подготовке к государственному экзамену:

- Обучающийся самостоятельно готовится к экзамену, используя для подготовки материалы, приведенные в списке литературы.
- Взаимодействие между научным руководителем и аспирантом осуществляется в форме консультаций.

3.2. Перечень литературы и электронных библиотечно-информационных ресурсов для подготовки к государственному экзамену:

Физика

1. Бопп, Ф. Введение в физику ядра, адронов и элементарных частиц / Ф. Бопп. – М.: Мир, 1999.
2. Бор, О. Структура атомного ядра. Т. 1–2 / О. Бор, Б. Моттelson. – М.: Мир, 1971, 1977.
3. Квантовая радиофизика. Магнитный резонанс и его приложения/ Под ред. В.И. Чижики. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2009.
4. Стишков Ю.К., Остапенко А.А. Электрогидродинамические течения в жидких диэлектриках. Л.: Изд-во ЛГУ, 1989.
5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6: Гидродинамика — 2001. — 736 с Электронный ресурс - ЭБС Лань
6. Карлов, Н. В. Колебания, волны, структуры / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 498 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
7. Брандт, Н. Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния: учебное пособие / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский. — 3-е изд. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 632 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
8. 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, 2011. — 448 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
9. Очкин, В. Н. Спектроскопия низкотемпературной плазмы : учебное пособие / В. Н. Очкин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 592 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
10. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 4-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 8 : Электродинамика сплошных сред — 2005. Электронный ресурс - ЭБС Лань
11. Шалимова К.В. Физика полупроводников. СПб: Лань, 2010.-400 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
12. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 448 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
13. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур: учебное пособие / В. Б. Тимофеев. - Санкт-Петербург: Лань, 2015. - 512 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
14. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие / Г. В. Фетисов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 672 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань

15. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под редакцией Б. Д. Третьякова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 456 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
16. Калитеевский, Н. И. Волновая оптика : учебное пособие / Н. И. Калитеевский. — 5-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2008. — 480с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
17. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) — 2001. — 808 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
18. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика.: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — Том 5 : Статистическая физика. Часть 1. - 616 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
19. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 6 : Гидродинамика — 2001. — 736 с. Электронный ресурс - ЭБС Лань
20. Плазменная Гелиогеофизика: в 2т./ Под ред. Л.М.Зеленого, И.С.Веселовского. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, 560с.
21. Б.П. Филлипов. Эруптивные процессы на Солнце. М.: Физматлит, 2007, 216с. Электронный ресурс - ЭБС Лань

- Перечень ресурсов и баз данных по тематике Физика
<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?subject=6>
- Сайт Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:
<https://library.spbu.ru/ru/>
- Электронный каталог Научной библиотеки им. М. Горького СПбГУ:
http://www.library.spbu.ru/cgi-bin/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS
- Перечень электронных ресурсов, находящихся в доступе СПбГУ:
<http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/>
- Перечень ЭБС, на платформах которых представлены российские учебники, находящиеся в доступе СПбГУ:
http://cufts.library.spbu.ru/CRDB/SPBGU/browse?resource_type=8

4. Методика и критерии оценки государственного экзамена

4.1. Форма проведения государственного экзамена:

- Устная Письменная Устно-письменная С применением компьютера

4.2. Продолжительность государственного экзамена:

На подготовку ответа аспиранту дается не более 2 часов (астрономических).

4.3. Методика и критерии оценки государственного экзамена:

4.3.1. Критерии оценивания экзамена:

- знание определений, математических понятий, формулировок и доказательств утверждений;
- знание фактического материала;
- владение необходимым математическим аппаратом;
- умение применять имеющиеся теоретические знания при решении задач;
- критическое и самостоятельное изложение материала;
- способность отвечать на дополнительные вопросы по программе экзамена.

4.3.2. Система оценивания государственного экзамена:

Оценка «отлично» выставляется в том случае, если:

- дан исчерпывающий ответ на поставленные вопросы билета;
- даны ответы на дополнительные вопросы;

- продемонстрировано наличие глубоких знаний в рамках программы экзамена;
- безошибочно использован математический аппарат;
- решены поставленные задачи.

Оценка «хорошо»:

- дан достаточно полный ответ на поставленные вопросы билета;
- даны ответы на большую часть дополнительных вопросов;
- продемонстрировано наличие полных знаний в рамках программы экзамена;
- в целом верно использован математический аппарат;
- поставленные задачи решены частично.

Оценка «удовлетворительно»:

- дан ответ на поставленные вопросы билета;
- даны ответы на отдельные дополнительные вопросы;
- продемонстрировано наличие знаний в рамках программы экзамена;
- использование математического аппарата содержит неточности;
- поставленные задачи решены лишь в целом.

Оценка «неудовлетворительно»:

- не дан ответ на поставленные вопросы билета;
- не даны ответы ни на один дополнительный вопрос;
- продемонстрирована недостаточность знаний в рамках программы экзамена;
- использование математического аппарата содержит грубые ошибки;
- поставленные задачи не решены.

Общая оценка за экзамен выставляется по следующим правилам. Оценка «отлично» выставляется в случае, если ответы на все вопросы оценены на отлично, либо один вопрос оценен на «хорошо». Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если имеется хотя бы одна оценка «неудовлетворительно» за ответ на один из вопросов. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если имеется более двух оценок удовлетворительно. В остальных случаях выставляется оценка «хорошо».

5. Процедура проведения государственного экзамена

5.1. Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.2. Проведение государственного экзамена осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.3. В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проведена исключительно с применением дистанционных технологий.

Приложение № 2

УТВЕРЖДЕНА

приказом от 28.11.2023 № 15141/1

**Программа государственной итоговой аттестации
в форме выпускной квалификационной работы
по основной образовательной программе МК.3008.* «Физика»
по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия»
уровень образования подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре**

1. Общие положения

1.1. Выпускная квалификационная работа (далее – ВКР) представляет собой научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний, либо в которой изложены научно-обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение.

1.2. ВКР является самостоятельным исследованием обучающегося, выполненным под руководством назначенного ему научного руководителя, в соответствии с установленными требованиями. ВКР может быть представлена в виде научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

1.3. Требования к научному докладу, порядок его подготовки и представления и критерии его оценки определяются программой государственной итоговой аттестации с учетом «ГОСТ Р 7.0.11-2011. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 13.12.2011 № 811-ст).

1.4. Объем государственной итоговой аттестации, учебный период и сроки государственной итоговой аттестации указаны в актуальном учебном плане и календарном учебном графике.

1.5. Язык подготовки и защиты ВКР: язык реализации образовательной программы.

2. Требования к структуре и содержанию ВКР

2.1. Выпускная квалификационная работа должна соответствовать требованиям, содержащимся в Правилах обучения в аспирантуре и ординатуре СПбГУ, утвержденных приказом от 30.08.2018 №8577/1 «Об утверждении Правил обучения по программам высшего образования — программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете».

2.2. Выпускная квалификационная работа должна быть написана автором самостоятельно, обладать внутренним смысловым единством, содержать новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствовать о личном вкладе автора в науку.

2.3. Предложенные автором решения должны быть аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

2.4. В ВКР должно быть отмечено использование в ВКР идей или разработок, принадлежащих соавторам, коллективно с которыми были написаны научные работы.

2.5. В ВКР, имеющей прикладной характер, должны приводиться сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, а в ВКР, имеющей теоретический характер, рекомендации по использованию научных выводов.

2.6. ВКР может быть основана на сданной в печать или опубликованной статье. Опубликованные работы могут быть включены в текст ВКР.

2.7. Выпускная квалификационная работа должна иметь титульный лист, оглавление, введение, содержание, заключение и список использованной литературы, оформленный в соответствии с правилами, принятыми в научной литературе по специальности.

2.8. Введение к ВКР включает в себя актуальность избранной темы, степень ее разработанности, цели и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы научного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробацию результатов.

2.9. В случае если работа была выполнена с использованием Ресурсных Центров СПбГУ, эти центры должны быть перечислены в конце основного текста ВКР перед списком использованной литературы.

2.10. В случае использования заимствованного материала без ссылки на автора и источник заимствования ВКР снимается с рассмотрения вне зависимости от стадии ее рассмотрения без права повторной защиты.

3. Требования к порядку выполнения и оформления ВКР

3.1. Требованием при подготовке ВКР в соответствии с общепринятыми этическими и правовыми нормами является добросовестное цитирование. Выполнение данного требования отражается в отзыве научного руководителя ВКР на основании результатов проверки ВКР на объем заимствования, в т.ч. содержательного выявления неправомерных заимствований.

3.2. Аспиранту для выполнения ВКР назначается научный руководитель.

3.3. Работа над ВКР проводится согласно учебному плану соответствующей образовательной программы.

3.4. Выполнение ВКР может проводиться с привлечением мощностей Научного парка СПбГУ и сторонних организаций.

3.5. При оформлении ВКР рекомендуется соблюдать следующие требования:

3.5.1. Титульный лист ВКР оформляется в соответствии с формой титульного листа утвержденной приказом проректора по учебно-методической работе от 03.07.2018 №6616/1 (в ред. приказа от 04.09.2019 № 8715/1) «Об утверждении формы программы государственной итоговой аттестации».

3.5.2. Основной текст набирается шрифтом Times New Roman или Computer Modern кеглем 12-14, строчным, без выделения, с выравниванием по ширине.

3.5.3. Строки разделяются полуторным интервалом.

3.5.4. Поля страницы: верхнее и нижнее - 20 мм, левое - 30 мм, правое - 10 мм.

3.5.5. Разрешается использовать компьютерные возможности акцентирования внимания на разделах, подразделах, пунктах и подпунктах, применяя шрифты разной гарнитуры.

3.5.6. Страницы работ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работ.

3.5.7. Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

3.5.8. Ссылки на использованные источники следует указывать порядковым номером библиографического описания источника в списке использованных источников. Порядковый номер ссылки заключают в квадратные скобки. Нумерация ссылок ведется арабскими цифрами в порядке приведения ссылок в тексте ВКР независимо от деления текста на разделы. Сведения об источниках

следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте и нумеровать арабскими цифрами.

4. Методика и критерии оценки ВКР

4.1. Вид ВКР: научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для соответствующей отрасли знаний. Выпускная квалификационная работа выполняется на основе результатов научно-исследовательской работы и может быть представлена в форме стартапа.

4.2. Продолжительность защиты ВКР: 20 минут.

4.3. Методика и критерии оценки ВКР / научного доклада: выпускная квалификационная работа оценивается по балльной системе с учетом следующих критериев:

4.3.1. Степень понимания сущности поставленной задачи.

Обоснована актуальность темы, цель работы сформулирована четко и грамотно, проявлено понимание сущности поставленной задачи	10
Содержание работы в целом соответствует заявленной теме, но цели и задачи сформулированы недостаточно четко	7
Имеет место определенное несоответствие содержания работы заявленной теме	3
Содержание работы не соответствует поставленной задаче	0

4.3.2. Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы и различных подходов к ее решению.

Дан анализ современного состояния рассматриваемой проблемы и различных подходов к ее решению	10
Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы проведен недостаточно полно	7
Анализ современного состояния рассматриваемой проблемы проведен поверхностно	3
Содержание работы не соответствует теме	0

4.3.3 Степень раскрытия проблемы.

Проблема раскрыта глубоко и всесторонне, материал изложен структурировано и логично, для описания и решения поставленной задачи использован соответствующий физико-математический аппарат	15
Материал в целом изложен структурировано и логично, но имеются недостатки в последовательности и форме представления информации	10
Исследуемая проблема в основном раскрыта, но ее количественный анализ носит фрагментарный характер	5
Исследуемая проблема не раскрыта	0

4.3.4 Степень новизны полученных научных результатов и положений.

В работе присутствуют результаты, положения, выводы, которые впервые сформулированы и убедительно обоснованы, раскрыты ранее недостаточно исследованные вопросы	10
В работе присутствуют впервые сформулированные результаты, положения, выводы, которые	7
В работе присутствуют результаты, имеющие элементы новизны	3
Не выявлено новых результатов	0

4.3.5 Самостоятельность проведенного исследования.

В работе широко используются материалы исследования, проведенного автором самостоятельно или в составе группы	10
Работа выполнена самостоятельно, присутствует опора на вторичный	7

анализ имеющихся данных	
Работа написана самостоятельно	3
Не выявлено самостоятельной работы автора	0

4.3.6 Умение формализовать представляемые результаты, обосновать их достоверность.

В работе проведен количественный анализ рассматриваемой проблемы, приведены таблицы сравнений, графики, диаграммы, формулы, показывающие умение автора формализовать представляемые результаты, обосновать их достоверность	10
Основные положения работы раскрыты на достаточном теоретическом и методологическом уровне, представлены количественные показатели, характеризующие проблемную ситуацию, но их достоверность недостаточно обоснована	7
Нарушена логика изложения материала, задачи раскрыты не полностью	3
Логика изложения материала отсутствует, задачи не раскрыты	0

4.3.7 Умение работать с информацией, опубликованной в научных источниках.

Продемонстрированы навыки сбора и анализа информации, опубликованной в научных источниках, представлена библиография по теме работы	10
Продемонстрированы навыки работы с научной литературой, составлена библиография по теме работы	7
В работе не полностью использованы необходимые для раскрытия темы научная литература, материалы исследований	3
Отсутствует литературный обзор и библиография по теме работы	0

4.3.8 Уровень публикаций.

Автор имеет публикации в журналах, индексируемых базами данных WoS и Scopus	10
Автор имеет публикации в журналах, индексируемых базой данных РИНЦ и / или входящих в перечень ВАК	7
Автор имеет публикации в рецензируемых научных изданиях	3
Отсутствуют публикации в рецензируемых научных изданиях	0

4.3.9 Способность к участию в научной дискуссии.

В процессе защиты продемонстрирована способность к участию в научной дискуссии по результатам выполненной работы, даны аргументированные ответы на все вопросы, заданные комиссией	10
В процессе защиты были даны обоснованные ответы на большинство вопросов, заданных комиссией	7
В процессе защиты ответы на вопросы, заданные комиссией, были недостаточно обоснованы	3
В процессе защиты не были даны ответы на большинство вопросов, заданных комиссией	0

4.3.10 Соответствие содержания и оформления предъявленным требованиям.

По своему содержанию и оформлению работа соответствует всем предъявленным требованиям	5
По своему содержанию и оформлению работа частично соответствует предъявленным требованиям	3
По своему содержанию и оформлению работа не соответствует предъявленным требованиям	0

4.4. Набранный балл пересчитывается в пятибалльную шкалу оценок следующим образом:

Количество баллов в 100-балльной шкале	Оценка по пятибалльной системе
76-100	Отлично
51-75	Хорошо
21-50	Удовлетворительно
0-20	Неудовлетворительно

5. Процедура защиты ВКР

5.1. ВКР/научный доклад подлежит размещению обучающимся в системе информационной поддержки образовательного процесса в порядке, предусмотренном соответствующим регламентом, в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.2. Защита ВКР / научного доклада проводится публично в форме устного сообщения и мультимедийной презентации, должна носить характер научной дискуссии и проходить в обстановке высокой требовательности, принципиальности и соблюдения научной этики, при этом обстоятельному анализу должны подвергаться достоверность и обоснованность всех выводов и рекомендаций научного и практического характера, содержащихся в ВКР.

5.3. Государственная итоговая аттестация для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

5.4. Защита ВКР осуществляется в соответствии с Правилами обучения по программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, программам ординатуры, реализуемым в Санкт-Петербургском государственном университете, утвержденными приказом от 30.08.2018 № 8577/1 (с последующими изменениями и дополнениями).

5.5. В ситуации крайней необходимости в целях защиты жизни и здоровья обучающихся, научно-педагогических работников и сотрудников, обеспечивающих проведение государственной итоговой аттестации, по решению уполномоченного должностного лица государственная итоговая аттестация может быть проведена исключительно с применением дистанционных технологий.