

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-организационной
деятельности

Ю.С. Ключков

«14» апрель 2022 г.

ПРОГРАММА

**вступительного испытания
по специальной дисциплине**

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

**научная специальность
1.3.5. Физическая электроника**

Санкт-Петербург

2022

Руководитель ОП

Д.ф.-м.н., доцент

Н.К.Краснова

Составители:

Д.ф.-м.н., профессор

А.Э.Фотиади

Д.ф.-м.н., доцент

Н.К.Краснова

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

1. Область применения и нормативные ссылки

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

2. Структура вступительного экзамена

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

Программа содержит перечень тем (вопросов) по специальной дисциплине соответствующей научной специальности **1.3.5 – Физическая электроника**.

Вступительное испытание по специальной дисциплине состоит из двух блоков:

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

- портфолио (максимальный балл – 100).

Минимальное количество баллов для теоретического экзамена составляет 50 баллов.

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

2.1. Оценка индивидуальных достижений. Структура портфолио

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

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

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

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

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

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

Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

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

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

Оценка индивидуальных достижений проводится на собеседовании.

2.2. Структура и процедура проведения теоретического экзамена

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

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

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

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

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

2.3. Перечень тем для теоретического экзамена

2.3.1. КОРПУСКУЛЯРНАЯ ОПТИКА

Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике. Оптический и механический подходы при решении задач корпускулярной оптики. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей. Теорема Буша и закон сохранения углового момента. Теорема Лагранжа-Гельмгольца и ее следствия.

Основные типы электростатических линз. Тонкие линзы. Линза-диафрагма. Одиночная линза, иммерсионный объектив и иммерсионная линза. Магнитные линзы. Расчет фокусных расстояний. Аберрации линз.

Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Конструкции электронных микроскопов. Особенности электронно-оптических систем. Корпускулярные микроскопы.

2.3.2. ЭМИССИОННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ. Вакуумный диод с термокатодом и его вольт-амперная характеристика.

Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция.

Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордское рассеяние. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия. Ионно-фотонная эмиссия.

Фотоэлектронная эмиссия. Трехступенчатый механизм эмиссии.

Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссия.

2.3.3. ВАКУУМНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Формирование электронных пучков большой плотности. Пушка Пирса. Ограничение тока пространственным зарядом. Предельный ток нейтрализованных пучков – ток Пирса. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве.

Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц. Черенковское, циклотронное (синхротронное) и ондуляторное излучения. Нормальный и аномальный эффекты Доплера. Томсоновское рассеяние.

Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

Релятивистские эффекты, умножение частоты, параметрические усилители и генераторы.

Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источников излучения.

2.3.4. ЭЛЕКТРОНИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Физические основы электроники твердого тела. Особенности динамики электрона в идеальном твердом теле. Волновая функция, квазиимпульс, зоны Бриллюэна, зонный энергетический спектр, закон дисперсии. Энергетический спектр электрона в кристалле во внешних полях (электрическом и магнитном). Полуклассическая модель динамики электрона в кристалле, границы применимости. Дырки как способ описания ансамбля электронов, свойства и законы движения дырок.

Энергетический спектр электрона в ограниченном кристалле. Условия локализации. Локализованные состояния Гамма. Поверхностные состояния Шокли.

Особенности энергетического спектра электронов в тонких пленках (квантовый размерный эффект).

Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках. Водородоподобная модель примесного центра.

Неупорядоченные системы – аморфные полупроводники. Понятие идеального аморфного твердого тела (идеального стекла). Случайная структура и случайное поле. Энергетический спектр неупорядоченных систем (без случайного поля и со случайным полем). Дефекты в аморфных материалах.

Статистика носителей заряда в полупроводниках. Обоснование применения статистики Ферми—Дирака к электронам в твердом теле (идеальном). Статистика примесных состояний. Невырожденные и вырожденные полупроводники. Уровень электрохимического потенциала и концентрация свободных и связанных носителей в вырожденных полупроводниках: в собственном, с одним типом примеси, в частично компенсированном. Явление компенсации.

Явления переноса заряда в твердом теле. Интеграл столкновений. Механизмы рассеяния носителей заряда. Электропроводность полупроводников и металлов. Электропроводность в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Классический и квантовый размерный эффекты в электропроводности.

Электропроводность в неупорядоченных системах. Прыжковая проводимость по локализованным состояниям вблизи уровня Ферми (закон Мотта) и хвостах плотности состояний вблизи краев щели подвижности.

Неравновесные носители заряда в полупроводниках и диэлектриках. Генерация и рекомбинация. Механизмы рекомбинации.

Диффузия и дрейф неравновесных носителей, соотношение Эйнштейна. Плотность тока и градиент уровня Ферми. Уравнение непрерывности, анализ частных случаев локального возбуждения и инжекции.

Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт твердое тело – вакуум.

Контакт металл – полупроводник. Диоды Шоттки. Диодная и диффузионная теории выпрямления.

Электронно-дырочный переход. Количественная теория инжекции и экстракции неосновных носителей. Выпрямление и усиление с помощью p - n переходов. Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) p - n перехода. Туннельный эффект в p - n переходах.

Основные представления о полупроводниковых гетеропереходах, их применение.

Оптические и фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Поглощение и испускание света полупроводниками. Механизмы поглощения. Поглощение и отражение электромагнитных волн свободными носителями заряда. Поглощение и излучение при оптических переходах зона—зона. Прямые и не прямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения кристаллами.

Спонтанное и вынужденное излучение. Полупроводниковые лазеры. Оптические свойства аморфных полупроводников. Фотоэффект в p-n переходах. Солнечные батареи. Преобразование электрических сигналов в световые.

Наноэлектроника. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах. Транспортные явления в низкоразмерных системах. Оптические свойства наноструктур. Одноэлектронные явления в наноэлектронных устройствах. Нанотехнология. Приборы наноэлектроники.

2.3.5. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ ПОВЕРХНОСТИ И ПЛЕНОЧНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость. Полевые транзисторы.

Проблема микроминиатюризации элементов микроэлектроники. Полупроводниковые, пленочные и гибридные интегральные схемы. Фотолитография, рентгеновская и электронная литографии.

Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения.

Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства.

Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках.

Тонкие диэлектрические и полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери.

Токопрохождение через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ).

Пленочные активные элементы. Использование неравновесных (горячих) электронов в металлических пленках. Активные элементы, основанные на использовании характеристик с отрицательным сопротивлением. Аналоговые триоды на основе ТОПЗ в диэлектриках. Пленочный полевой триод.

2.3.6. МЕТОДЫ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТИ И ТОНКИХ ПЛЕНОК

Методики определения плотности поверхностных состояний, основанные на эффекте поля ($C-V$ метод и метод, основанный на изменении поверхностной проводимости).

Основы энергоанализа заряженных частиц. Основные типы энергоанализаторов. Методы регистрации частиц. Вторичный электронный умножитель. Детекторы для быстрых частиц (поверхностно-барьерный детектор).

Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение) как методы исследования структуры поверхности.

Электронная Оже-спектроскопия. Основное уравнение. Методы количественной Оже-спектроскопии.

Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС или ЭСХА – электронная спектроскопия для химического анализа) и конструкции приборов. Химические сдвиги уровней. Количественная РФЭС.

Спектроскопия характеристических потерь энергии (СХПЭЭ). Конструкции приборов. Одночастичные и многочастичные возбуждения электронов в твердом теле. Количественная СХПЭЭ.

Растровая электронная микроскопия. Режимы работы. Особенности формирования контраста. Рентгеновский микроанализ. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов.

Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов. Применения.

Методы ионной спектроскопии. Масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ). Стигматический и растровый режим МСВИ. Ионно-нейтрализационная спектроскопия. Обратное резерфордское рассеяние. Спектроскопия рассеяния ионов низких и средних энергий.

2.3.7. ГАЗОРАЗРЯДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Элементарные процессы. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма. Столкновения заряженных частиц, дальное действие, частоты столкновений, столкновения электронов с атомами (упругие и неупругие), столкновения тяжелых частиц. Ионизация, рекомбинация, перезарядка и прилипание. Возбуждение и диссоциация молекул электронным ударом.

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

Электрический разряд в газах. Явление пробоя. Теория Таунсенда. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда.

2.3.8. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Молекулярная электроника. Основные принципы молекулярной электроники. Электронные возбуждения, используемые для передачи и хранения информации в молекулярных системах. Фотопроводимость.

Криоэлектроника. Электронные свойства твердых тел (металлы, диэлектрики, полупроводники) при низких температурах. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейснера. Особенности туннелирования в условиях сверхпроводимости.

Высокотемпературная сверхпроводимость. Свойства и параметры сверхпроводников с высокой T_k .

2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена

Корпускулярная оптика

1. Законы движения заряженных частиц в статических электрических и магнитных полях. Показатель преломления в корпускулярной оптике.
2. Законы подобия. Параксиальные пучки. Основные свойства аксиально симметричных электростатических и магнитных полей.
3. Основные типы электростатических линз.
4. Магнитные линзы.
5. Расчет фокусных расстояний. Аберрации линз.
6. Электронные микроскопы. Общие принципы работы. Особенности электронно-оптических систем.
7. Конструкции электронных микроскопов.
8. Корпускулярные микроскопы.

Эмиссионная электроника

9. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ). Работа выхода. Основное уравнение ТЭЭ.
10. Эмиссия под воздействием частиц. Взаимодействие электронов подпороговых энергий с твердым телом. Упругие взаимодействия, сечения процессов. Спектры вторичных электронов. Оже-электроны. Электронно-стимулированная десорбция.
11. Взаимодействие атомных частиц с твердым телом. Распыление. Механизмы распыления.
12. Вторичная ионная эмиссия. Коэффициент вторичной ионной эмиссии.
13. Рассеяние ионов низких и средних энергий. Обратное резерфордовское рассеяние.
14. Ионно-электронная эмиссия. Потенциальная и кинетическая эмиссия.
15. Ионно-фотонная эмиссия.
16. Фотоэлектронная эмиссия. Трехступенчатый механизм эмиссии.
17. Автоэлектронная, экзоэлектронная и взрывная эмиссия.

Вакуумная электроника

18. Формирование электронных пучков большой плотности. Ограничение тока пространственным зарядом.
19. Устойчивость пучков в дрейфовом пространстве.
20. Спонтанное и вынужденное излучение потоков заряженных частиц.
21. Черенковское, циклотронное (синхротронное) и ондуляторное излучения.
22. Волны пространственного заряда. Пространственная и энергетическая группировки потоков частиц. Нелинейные механизмы насыщения излучения – захват частиц в волнах пространственного заряда, сдвиг резонансной частоты излучения. КПД СВЧ-источников излучения.
23. Источники СВЧ-излучения, основанные на вынужденном излучении потоков заряженных частиц: лампа бегущей волны (ЛБВ), магнетроны, гиратроны, убитроны, виркаторы, лазеры на свободных электронах.

Электроника твердого тела

24. Физические основы электроники твердого тела. Особенности динамики электрона в идеальном твердом теле. Волновая функция, квазиимпульс, зоны Бриллюэна, зонный энергетический спектр, закон дисперсии.

25. Энергетический спектр электрона в кристалле во внешних полях (электрическом и магнитном). Полуклассическая модель динамики электрона в кристалле, границы применимости.
26. Полуклассическая модель динамики электрона в кристалле, границы применимости. Дырки как способ описания ансамбля электронов, свойства и законы движения дырок.
27. Энергетический спектр электрона в ограниченном кристалле. Условия локализации.
28. Типы точечных дефектов в кристаллах. Акцепторные и донорные примеси в полупроводниках. Водородоподобная модель примесного центра.
29. Статистика носителей заряда в полупроводниках. Обоснование применения статистики Ферми—Дирака к электронам в твердом теле (идеальном). Статистика примесных состояний.
30. Невырожденные и вырожденные полупроводники. Уровень электрохимического потенциала и концентрация свободных и связанных носителей в вырожденных полупроводниках.
31. Явления переноса заряда в твердом теле.
32. Электропроводность в неупорядоченных системах. Прыжковая проводимость по локализованным состояниям вблизи уровня Ферми (закон Мотта) и хвостах плотности состояний
33. Контактные явления. Различные типы контактов. Контакт металл – полупроводник. Диоды Шоттки. Диодная и диффузионная теории выпрямления.
34. Электронно-дырочный переход. Количественная теория инжекции и экстракции неосновных носителей. Выпрямление и усиление с помощью $p-n$ переходов. Статическая вольт-амперная характеристика (ВАХ) $p-n$ перехода. Туннельный эффект в $p-n$ переходах.
35. Поглощение и испускание света полупроводниками. Механизмы поглощения. Прямые и непрямые переходы. Разрешенные и запрещенные переходы. Спектральные характеристики поглощения.
36. Квантовые ямы и сверхрешетки. Квантовые нити и квантовые точки. Электронные состояния в наноструктурах.
37. Транспортные явления в низкоразмерных системах. Оптические свойства наноструктур.

Физические основы электроники поверхности

38. Энергетическая диаграмма реальной поверхности. Поверхностные состояния. Эффект поля и поверхностная проводимость. Влияние адсорбированных частиц на поверхностную проводимость.
39. Особенности структуры пленок, связанные с характером зарождения. Текстурированные и эпитаксиальные пленки. Структурные несовершенства.
40. Явления переноса в тонких металлических пленках. Дисперсные пленки. Сплошные пленки. Размерные эффекты в пленках.
41. Тонкие диэлектрические и полупроводниковые пленки. Диэлектрические потери.
42. Токопрохождение через диэлектрические слои. Туннелирование. Надбарьерная эмиссия электронов. Токи, ограниченные пространственным зарядом (ТОПЗ).

Методы анализа поверхности и тонких пленок

43. Методики определения плотности поверхностных состояний, основанные на эффекте поля ($C-V$ метод и метод, основанный на изменении поверхностной проводимости).
44. Дифракция медленных и быстрых электронов (на просвет и отражение)
45. Электронная Оже-спектроскопия. Основное уравнение. Методы количественной Оже-спектроскопии.
46. Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС и УФЭС). Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.
47. Спектроскопия характеристических потерь энергии. (СХПЭЭ).

48. Растровая электронная микроскопия. Конструкции растровых электронных микроскопов и микроанализаторов.
49. Туннельная и атомно-силовая микроскопия. Физические основы. Конструкция микроскопов.
50. Методы ионной спектроскопии. Масс-спектрометрия вторичных ионов (МСВИ).
51. Обратное резерфордское рассеяние. Спектроскопия рассеяния ионов низких и средних энергий.

Газоразрядная электроника

52. Понятие плазмы, квазинейтральность, микрополя, дебаевский радиус, идеальная и неидеальная плазма.
53. Элементарные процессы в ионизованном газе. Упругие и неупругие столкновения. Классическая теория столкновений. Сечения столкновительных процессов
54. Уравнения Больцмана, интеграл столкновений, Скорость столкновительных процессов.
55. Явления переноса в плазме, электропроводность, диффузия и теплопроводность частиц при наличии и отсутствии магнитного поля.
56. Явление пробоя. Теория Таунсенда.
57. Основные виды разряда: тлеющий разряд, искра, электрическая дуга, ВЧ-, СВЧ- и оптический разряд. Условия стационарности разряда.

2.5. Критерии оценки теоретического экзамена

Оценка знаний поступающего в аспирантуру производится по сто бальной шкале.

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

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

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

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

2.6. Список рекомендуемой литературы

1. Силады М. Электронная и ионная оптика. — М.: Мир. 1990.
2. Хокс П., Каспер Э. Основы электронной оптики. В 2-х т. — М.: Мир. 1993
3. Кельман В.М., Явор С.Я. Электронная оптика, Л.: Наука 1968.
4. Физика низкоразмерных систем / А.Я. Шик, Л.Г.Бакуева, С.Ф.Мусихин, С.А.Рыков — СПб.: Наука, 156 с., 2001.
5. Электроника / А.А. Щука — СПб: БХВ-Петербург, 2008. – 752 с.
6. Вакуумная электроника / А. Н. Диденко и др. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008

7. М.И. Рабинович, Д.И. Трубецков. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука. -1984. 432 с.
8. Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. Лекции по электронике СВЧ для физиков. В 2-х томах. — М.: Физматлит. 2003 (2004). — 496 с., 648 с.
9. Маршалл Т. Лазеры на свободных электронах. М.: Мир, 1987.
10. С.И. Молоковский, А.Д. Сушков. Интенсивные электронные и ионные пучки. 1991. М.: Энергоатомиздат. 302 с.
11. Епифанов Е.И., Мома Ю.А. Твердотельная электроника. М.: Высш. шк., 1986.
12. Гусева М.Б., Дубинина Е.М. Физические основы твердотельной электроники. М.: Изд-во МГУ, 1986.
13. Электронные процессы на поверхности полупроводников при хемосорбции. — М.: Наука, 1987. — 432 с.
14. Теория двойного слоя / Р.Р. Салем. — М.: Физматлит, 2003. — 104 с.
15. Электроны в неупорядоченных средах / В.Ф. Гантмахер. — М: Физматлит, 2003. — 176 с.

Приложение

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

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

Кандидат в аспирантуру

(подпись)

(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

(подпись)

(Ф.И.О).

Руководитель образовательных программ по аспирантуре института

(подпись)

(Ф.И.О).