

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



**ПОЛИТЕХ**  
Санкт-Петербургский  
политехнический университет  
Петра Великого

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

Ю.В. Фомин



**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания  
по специальной дисциплине**

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

**научная специальность  
1.3.11. Физика полупроводников**

Санкт-Петербург

2026

1.3.11

Ответственный по аспирантуре

от института

К.т.н.

Составители:

Д.ф.-м.н., профессор

Д.ф.-м.н., профессор

О.А. Головань

Д.А. Фирсов

В.Э. Гасумянц

Программа рассмотрена и рекомендована к изданию Научно-техническим советом  
(протокол № 4 от «18» 03 2026 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 **1.3.11 – Физика полупроводников**.

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**  
**Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение**

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		25
	категория К2;		15
	категория К3.		10
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	5
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, 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, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	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
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов, DOI, URL (при наличии)	
	за конференцию, индексируемую в международных базах данных		5
	за конференцию, индексируемую в российских базах данных		3

5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра(специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

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

#### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР И СТАТИСТИКА НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

Энергетический спектр твердых тел, разрешенные и запрещенные зоны. Диэлектрики, металлы, полупроводники с точки зрения строения энергетического спектра. Модель свободных электронов. Влияние периодического потенциала на свойства электронов. Теорема Блоха, блоховские волны. Методы нахождения энергетического спектра полупроводников. Модели слабой и сильной связи, модель Кронига-Пенни. Понятие эффективной массы электронов. Эффективная масса плотности состояний и ее вычисление в случаях различных особенностей строения энергетического спектра. Понятие о дырке и ее параметры.  $k$ -метод расчета энергетического спектра полупроводников. Эффект непараболичности зон в узкозонных полупроводниках.

Собственные и примесные полупроводники. Электронные состояния дефектов в полупроводниках. Мелкие примесные центры водородоподобного типа. Донорные и акцепторные примеси. Функции распределения электронов и дырок в полупроводниках и их особенности. Случаи сильного и слабого вырождения. Различные критерии вырождения и их взаимосвязь. Функции заполнения примесных уровней. Концентрация электронов и дырок в полупроводнике. Интегралы Ферми. Выражения для концентрации носителей заряда в предельных случаях классической статистики и сильного вырождения. Статистика носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках. Температурная зависимость химического потенциала и концентрации электронов и дырок в полупроводниках различного типа. Определение энергетических характеристик зонного спектра и параметров носителей заряда по экспериментальным данным о концентрации.

#### **КИНЕТИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКАХ**

Феноменологический подход к описанию кинетических явлений. Уравнения переноса в изотропной среде в отсутствие магнитного поля и их анализ. Физический смысл коэффициентов в этих уравнениях. Классификация кинетических коэффициентов. Коэффициенты удельного сопротивления, изотермической диффузии, Пельтье, Зеебека и теплопроводности. Уравнения переноса в слабом магнитном поле. Гальвано- и термомагнитные эффекты. Эффекты и коэффициенты магнетосопротивления и магнетопроводимости, Холла и Нернста-Эттингсгаузена.

Микроскопическая теория электронных явлений переноса. Время свободного пробега, дрейфовый и диффузионный потоки. Кинетические явления Больцмана. Приближение времени релаксации. Обобщенные кинетические коэффициенты в микроскопической теории. Основные механизмы рассеяния носителей заряда. Параметр рассеяния и его значение для различных механизмов рассеяния. Удельная электропроводимость, подвижность. Эффекты Пельтье и Зеебека. Решение уравнения Больцмана при наличии слабого магнитного поля. Критерий силы магнитного поля. Эффекты и коэффициенты Холла, магнетосопротивления и Нернста-Эттингсгаузена. Определение параметров системы носителей заряда в полупроводниках на основе экспериментальных данных о значениях кинетических коэффициентов.

## **ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛУПРОВОДНИКОВ**

Межзонные оптические переходы электронов в чистых полупроводниках: прямые и непрямые переходы. Квантовомеханическая теория и экспериментальные спектры. Экситоны в полупроводниках. Поглощение света при прямых и непрямых переходах в разные состояния экситона. Квантовая и классическая теории поглощения света свободными электронами (модель Друде). Сравнение теорий. Поглощение света свободными дырками. Расчет энергетического спектра мелких примесных уровней с помощью метода эффективной массы. Поглощение света при фотоионизации и фотодеоионизации мелкого донора и акцептора. Эффект Бурштейна–Мосса. Эффект Франца–Келдыша и влияние на него кулоновского взаимодействия. Энергетический спектр электрона и плотность состояний в однородном магнитном поле. Зоны Ландау. Циклотронный резонанс. Межзонное поглощение света в магнитном поле. Феноменологическая теория распространения света в полупроводнике, помещенном в неквантующее магнитное поле. Волновое уравнение. Дисперсионное уравнение. Уравнение Френеля. Нормальные волны в конфигурации Фарадея и в конфигурации Фойгта. Эффекты и Фойгта. Магнитоплазменное отражение.

## **ОСНОВЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ**

Необходимость применения, основные принципы и положения квантовой механики. Стационарное уравнение Шредингера и особенности его решения по сравнению с решением классической задачи о нахождении энергии частицы. Квантово-механическое описание свойств электрона в бесконечной и конечной прямоугольных потенциальных ямах. Туннельный эффект. Решение уравнения Шредингера для электрона в полупроводнике, находящемся в сильном магнитном поле. Уровни и подзоны Ландау. Стационарная теория возмущений и ее применение для нахождения энергетического спектра полупроводников. Нестационарная теория возмущений и ее применение для расчета вероятности процессов поглощения и излучения квантов света полупроводником. Золотое правило квантовой механики.

## **ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**

Уравнение плотности тока, локальная концентрация носителей заряда в электрическом поле. Уравнение непрерывности, генерация и рекомбинация носителей. Электрические поля в приборах, квазистационарный ток, слой Шоттки. Встроенное поле неоднородного полупроводника. Поле Дембера, биполярная диффузия и дрейф. Термализация электронов, квазиуровни Ферми, инжекция и экстракция носителей.

Зонная диаграмма контакта металл-полупроводник. Вольтамперная характеристика. Омический контакт. Емкость запирающего слоя Шоттки. Применение структур металл-полупроводник. Гомо- и гетеро- p-n переходы. Классификация структур, принципы построения зонной диаграммы. Расчет потенциала в гомо- и гетеропереходе. Условия Шокли, квазиуровни Ферми в p-n переходе. Теория выпрямления в диоде с полуограниченной и тонкой базой. Диффузионная емкость, переходные процессы в p-n переходе. Токи, обусловленные областью объемного заряда. Высокий уровень инжекции в p-n переходе. Пробой p-n перехода.

Приборы с p-n переходом и МДП-структуры. Диоды: выпрямительные, генерационные, фото- и светодиоды, полупроводниковые лазеры. Биполярный транзистор, тиристор. Потенциал и заряд поверхности полупроводника, эффект поля. Приповерхностная проводимость полупроводника. Квазистационарная вольт-фарадная характеристика. Нестационарное обеднение. Приборы с зарядовой связью.

## **ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУР**

Спектр энергии и волновые функции электрона в квантовых ямах, квантовых точках и квантовых нитях. Типы оптических переходов. Оператор энергии взаимодействия электрона с электромагнитной волной. Выражение для коэффициента поглощения света. Вид оптического матричного элемента для различных типов оптических переходов (межзонные, внутривозонные, межвозонные переходы).

Правила отбора для межзонных оптических переходов электронов в квантовых ямах. Спектр коэффициента поглощения. Экситоны в квантовых ямах. Особенности, связанные с наличием легких и тяжелых дырок. Влияние электрического поля на межзонное поглощение света. Поляризационная зависимость межзонного поглощения света. Правила отбора по поляризации для оптических переходов легких и тяжелых дырок. Оптическая ориентация спина. Эффект Ханле.

Правила отбора по состояниям и поляризации излучения для межвозонных оптических переходов в квантовых ямах. Спектр межвозонного поглощения света. Фотоионизация квантовой ямы. Резонансные и нерезонансные квантовые ямы. Спектр поглощения света при фотоионизации квантовых ям. Поглощение света при межвозонных переходах дырок. Деполяризационный сдвиг пика межвозонного поглощения. Влияние непараболичности зонного спектра на межвозонное поглощение света в квантовых ямах. Влияние многочастичных эффектов на межвозонное поглощение света в квантовых ямах. Приближения Хартри и Хартри-Фока. Поглощение света при внутривозонных переходах электронов в квантовых ямах. Скорость оптических переходов в рамках второго порядка теории возмущений. Понятие о виртуальных переходах и виртуальных состояниях.

Спектр энергии электрона в сверхрешетке. Коэффициент поглощения света при переходах электронов между минимумами. приведенная плотность состояний. Соотношение сил осциллятора для переходов из разных состояний минимума.

Классическая модель тока увлечения. Эффект увлечения в квантовых ямах при межвозонном поглощении света. Резонансная и нерезонансная компоненты тока увлечения. Релаксация тока увлечения, связанная с разным временем релаксации импульса в подзонах. Спектр тока увлечения.

Фотоприемники на квантовых ямах. Поперечный транспорт в сверхрешетках. Домены сильного и слабого поля. Полупроводниковые лазеры на квантовых ямах - сравнение с лазерами на объемных слоях. Принцип работы каскадного лазера. Характерные времена туннелирования, а также излучательных и безизлучательных переходов электронов. Особенности длинноволновых каскадных лазеров.

### **2.4. Перечень вопросов для теоретического экзамена**

### ***Энергетический спектр и статистика носителей заряда в полупроводниках***

1. Функция распределения Ферми-Дирака и ее основные свойства. Химический потенциал. Импульс, скорость и температура Ферми.
2. Концентрация электронов и химический потенциал в приближении Зоммерфельда.
3. Влияние периодического потенциала решетки на энергетический спектр электронов. Блоховские волны и теорема Блоха. Физический смысл квазиимпульса.
4. Модель слабой связи. Вид зонного спектра электронов.
5. Модель сильной связи. Вид зонного спектра электронов.
6. Модель Кронига-Пенни. Зонный спектр электронов.
7. Понятие эффективной массы. Эффективная масса плотности состояний в различных случаях.
8. Понятие о дырке и ее основные свойства и параметры.
9. кр-метод расчета энергетического спектра полупроводников. Общая формула для эффективной массы и эффективная масса в узкозонных полупроводниках.
10. Функции плотности электронных и дырочных состояний в полупроводниках. Функции распределения электронов и дырок, функция заполнения примесных уровней.
11. Критерии степени вырождения электронного газа в полупроводниках и выражения для вычисления концентрации электронов в различных случаях.
12. Концентрация носителей заряда и химический потенциал в собственном полупроводнике.
13. Концентрация носителей заряда и химический потенциал в примесном полупроводнике.
14. Определение параметров полупроводников по температурной зависимости концентрации носителей заряда.

### ***Кинетические явления в полупроводниках***

1. Уравнения переноса в случае изотропной среды в отсутствие магнитного поля. Классификация кинетических коэффициентов.
2. Влияние магнитного поля на движение электронов и вид матриц кинетических коэффициентов.
3. Уравнения переноса в случае изотропной среды в магнитном поле. Классификация гальвано- и термомагнитных эффектов.
4. Дрейфовая и диффузионная составляющая потока носителей заряда.
5. Кинетическое уравнение Больцмана и его вид в приближении времени релаксации.
6. Решение кинетического уравнения Больцмана в приближении времени релаксации при отсутствии магнитного поля. Обобщенные кинетические коэффициенты в микроскопической теории.
7. Понятие о параметре рассеяния и его значения для различных механизмов рассеяния. Микроскопические выражения для удельной электропроводности и коэффициента Зеебека.
8. Решение уравнения Больцмана при наличии слабого магнитного поля. Выражения для обобщенных кинетических коэффициентов.
9. Микроскопические выражения для коэффициентов Холла и Нернста-Эттингсгаузена.
10. Определение параметров полупроводников по экспериментальным данным о значениях кинетических коэффициентов.

### ***Оптические свойства полупроводников***

1. Поглощение света при прямых и непрямых переходах в области фундаментального поглощения.
2. Экситонное поглощение света (для прямых и непрямых переходов).
3. Поглощение света нейтральным мелким донором или акцептором при фотоионизации.
4. Поглощение света при фотодеионизации мелкого донора или акцептора.
5. Классическая теория поглощения света свободными электронами.
6. Квантовая теория поглощения света свободными электронами при внутриволновом переходе.
7. Длинноволновая ИК-дисперсия в полярных полупроводниках. Отражение и поглощение света в полосе остаточных лучей.
8. Двухфононное и многофононное поглощение света.
9. Эффект Франца-Келдыша. Роль кулоновского взаимодействия электрона и дырки в электропоглощении.
10. Энергетический спектр электрона в магнитном поле. Циклотронный резонанс. Квантовое и классическое описания.
11. Экситонные эффекты в магнитопоглощении: случаи сильного и слабого магнитного поля.
12. Эффект Бурштейна-Мосса. Межзонное поглощение света в сильнолегированных полупроводниках.
13. Волновое уравнение и уравнение Френеля. Нормальные волны в конфигурации Фарадея и в конфигурации Фойгта.
14. Эффекты Фарадея и Фойгта на свободных носителях заряда. Феноменологическая и микроскопическая теории. Магнитоплазменное отражение света.

### ***Основы квантовой механики***

1. Стационарное и нестационарное уравнения Шредингера.
2. Решение задачи о нахождении энергетических уровней и волновых функций электрона в одномерной бесконечной прямоугольной потенциальной яме.
3. Электрон в одномерной прямоугольной потенциальной яме конечной высоты: особенности нахождения энергетических уровней и общий вид волновых функций.
4. Эффект квантования энергетического спектра электрона в сильном магнитном поле.
5. Туннельный эффект: вероятность прохождения электрона сквозь конечный потенциальный барьер и вид волновой функции.
6. Метод нахождения поправок к энергии частицы в рамках стационарной теории возмущений.
7. Использование нестационарной теории возмущений для нахождения вероятности переходов электрона между состояниями дискретного спектра под действием излучения.

### ***Физика полупроводниковых приборов***

1. Соотношение Больцмана, уравнение плотности тока. Локальная концентрация носителей. Соотношение Эйнштейна. Уравнение непрерывности.
2. Время диэлектрической релаксации, радиус экранирования.
3. Биполярная диффузия и дрейф.
4. Время релаксации проводимости, длина свободного пробега, время релаксации энергии.
5. Зонная диаграмма контакта металл-полупроводник. Слой Шоттки, диффузионный потенциал.

6. Гомо- и гетеропереход. Принципы построения зонной диаграммы. Расчет потенциала в  $p$ - $n$  гетеропереходе.
7. Квазиуровни Ферми в  $p$ - $n$  переходе. Диодная теория выпрямления  $p$ - $n$  перехода с полуограниченной (длинной) базой.
8. Накопление заряда в квазинейтральной области и диффузионная емкость  $p$ - $n$  перехода.
9. Основное уравнение фотодиода. Инерционность фотодиода. Фотоэлемент. Лавинный фотодиод.
10. Светодиоды. Инжекционный полупроводниковый лазер
11. Эффект поля. Полевые транзисторы различного типа.

### ***Оптические свойства наноструктур***

1. Типы оптических переходов в квантовых ямах. Скорость оптических переходов в первом порядке теории возмущений. Оптический матричный элемент.
2. Межзонное поглощение света в квантовых ямах. Экситоны в квантовых ямах. Влияние продольного и поперечного электрического поля на межзонное поглощение света в квантовых ямах.
3. Поляризационная зависимость межзонного поглощения света в квантовых ямах для линейной и циркулярной поляризации света).
4. Оптическая ориентация. Эффект Ханле. Понятие о механизмах релаксации спина.
5. Межподзонное поглощение света электронами и дырками в квантовых ямах. Фотоионизация квантовых ям.
6. Поглощение света при внутривозонных переходах электронов в квантовых ямах. Виртуальные переходы и виртуальные состояния.
7. Деполяризационный сдвиг пика межподзонного поглощения в квантовых ямах. Влияние непараболичности зонного спектра и многочастичных эффектов на положение пика межподзонного поглощения в квантовых ямах.
8. Оптические переходы между минизонами в сверхрешетках.
9. Эффект увлечения электронов светом в квантовых ямах.
10. Фотоприемники на межподзонных переходах в квантовых ямах.
11. Полупроводниковые инжекционные лазеры на квантовых ямах - сравнение с лазерами на объемных слоях.
12. Каскадный лазер на связанных квантовых ямах.

## **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. Оптические свойства наноструктур / Воробьев Л.Е., Ивченко Е.Л., Фирсов Д.А., Шальгин В.А.– СПб., Наука, 2001.
2. Основы нанoeлектроники / Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. – М., Логос, 2006.
3. Физика низкоразмерных систем / Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. — СПб., Наука, 2001.
4. Физика полупроводниковых приборов / Лебедев А.И. – М., Физматлит, 2008.
5. Физика полупроводниковых приборов / Зи С. – М., Мир, 1984.
6. Оптические явления в полупроводниках: Учебное пособие / Воробьев Л.Е., Фирсов Д.А., Шальгин В.А. – Л., ЛПИ, 1989.
7. Физика полупроводников / Зеегер К. – М., Мир, 1977.
8. Квантовая механика / Лыков С.Н. – СПб., Изд-во Политехн. ун-та, 2008.
9. Теоретическая физика. Т. 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. – Москва, Физматгиз, 2001.
10. Введение в физику твердого тела / Киттель Ч. – М., Наука, 1978.
11. Физика твердого тела / Блейкмор Д. – М., Мир, 1988.
12. Введение в теорию полупроводников / Ансельм А.И. – СПб., Лань, 2008.

## Приложение

### Сведения об достижениях портфолио кандидата для поступления по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре СПбПУ Перечень достижений портфолио, учитываемых при приеме на обучение

№ п/п	Научные (научно-исследовательские) достижения	Подтверждающий документ	Количество баллов за каждое достижение
1.	Научные публикации (тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе), в журналах перечня ВАК и приравненных к ним журналах, по категориям:	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	
	категория К1;		<b>25</b>
	категория К2;		<b>15</b>
	категория К3.		<b>10</b>
	Публикации, рецензируемые в РИНЦ	Копия статьи с выходными данными журнала, DOI, URL	<b>5</b>
2.	Гранты, проекты по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, тематика которых соответствует научной специальности, по которому участвует поступающий, и в которых он являлся:	Копия подписанного соглашения с грантодателем	
	руководителем		<b>10</b>
	исполнителем		<b>5</b>
3.	Наличие документа, удостоверяющего авторство (соавторство) поступающего на достигнутый им научный (научно-методический, научно-технический, научно-творческий) результат интеллектуальной деятельности, тематика которых соответствует направлению подготовки в конкурсе, по которому участвует поступающий:	Копия патента или свидетельства	
	– патент на изобретение;		<b>10</b>
	– патент на полезную модель;		<b>7</b>
	– свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ;		<b>5</b>
	– свидетельство о государственной регистрации базы данных;		<b>5</b>
	– свидетельство о государственной регистрации топологии интегральных микросхем.		<b>5</b>
4.	Публикация в материалах международных и всероссийских научно-технических конференций, включая публикации в выпусках научных журналов, публикующих статьи по итогам конференций (изданиях типа Conference series и(или) Proceedings), проводимых не ранее чем за 2 года, предшествующих приему. Тематика публикации должна соответствовать научной специальности, по которой поступающий участвует в конкурсе:	Копии материалов конференций (тезисов докладов) с приложением титульных листов,	

	за конференцию, индексируемую в международных базах данных	DOI, URL (при наличии)	5
	за конференцию, индексируемую в российских базах данных		3
5.	Наличие дипломов победителей мероприятий международного и всероссийского значения, подтверждающие успехи в профессиональной подготовке кандидата для поступления в аспирантуру.	Копия диплома	3
6.	Заверенная копия протокола ГЭК по защите выпускной квалификационной работы магистра(специалиста) с рекомендацией к продолжению обучения в аспирантуре	Протокол	5

Кандидат в аспирантуру

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).

Предполагаемый научный руководитель

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).

Ответственный по аспирантуре  
от института

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О).