



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
(СГУ)**

**Программа**  
**вступительного испытания в магистратуру на направление**  
**подготовки 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»**  
**(«Полупроводниковая электроника и молекулярные нанотехнологии»,**  
***«Диагностика нано- и биомедицинских систем»*)**

**Саратов – 2021**

## Пояснительная записка

Вступительное испытание направлено на выявление степени готовности абитуриентов к освоению магистерских программ «Полупроводниковая электроника и молекулярные нанотехнологии», «Диагностика нано- и биомедицинских систем» направления подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», реализуемой в институте физики. В ходе вступительного испытания оцениваются обобщенные знания и умения по дисциплинам указанного направления; выявляется степень сформированности компетенций, значимых для успешного освоения соответствующих магистерских программ.

Вступительное испытание проводится в форме устного междисциплинарного экзамена по дисциплинам направления «Электроника и наноэлектроника».

## Содержание программы

### Раздел 1. Кристаллография и кристаллофизика.

1. **Элементы симметрии** кристаллических многогранников. Точечные группы симметрии. Символы узлов (точек), рядов (направлений) и граней (плоскостей) в кристаллическом многограннике. Индексы Миллера для плоскости.

2. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Типы ячеек Бравэ. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии. Обратная решетка, её значение для кристаллографии и физики твердого тела.

3. **Физические свойства кристаллов и их симметрия.** Основной закон кристаллофизики (принцип Неймана). Принцип суперпозиции симметрий (принцип Кюри). Прямой и обратный пьезоэлектрические эффекты в кристаллах. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты в кристаллах, их использование. Линейный и квадратичный электрооптические эффекты, их использование.

4. **Дифракция рентгеновских лучей в кристалле.** Уравнение Вульфа - Брегга. Условия Лауэ для дифракции. Основные методы рентгеноструктурного анализа структуры кристаллов.

**Раздел 2. Физика конденсированного состояния: Электронные свойства кристаллов. Физика полупроводников. Квантовая теория твёрдого тела. Физика квантово-размерных структур.**

5. **Основы квантовой теории твердого тела.** Постановка задачи. Адиабатическое приближение. Сведение задачи к одноэлектронной (метод Хартри-Фока). Волновая функция (функция Блоха) для электрона в кристалле. Решение задачи о спектре энергии электрона в кристалле. Уравнение Кронига-Пенни. Понятие о зонах Бриллюэна. Понятие эффективной массы носителей.

6. **Статистика электронов и дырок в полупроводниках.** Распределение Ферми. Уровни Ферми. Фазовый объем. Число состояний.

Равновесная концентрация носителей в невырожденном полупроводнике. Уровень Ферми для невырожденного случая. Температурная зависимость положения уровня Ферми в собственном и примесных полупроводниках.

**7. Колебания кристаллической решетки.** Колебания одноатомной линейной цепочки. Закон дисперсии. Колебания двухатомной линейной цепочки. Акустические и оптические колебания. Понятие о фононах. Статистика фононов.

**8. Кинетическое уравнение Больцмана и рассеяние электронов.** Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Время релаксации.

**9. Электропроводность полупроводников.** Дрейфовая подвижность и ее температурная зависимость при различных механизмах рассеяния. Температурная зависимость электропроводности. Электропроводность в сильных полях. Зависимость подвижности от поля. Механизмы увеличения концентрации носителей в сильных полях.

**10. Гальваномагнитные и термомагнитные явления в полупроводниках.** Эффект Холла. Температурная зависимость коэффициента Холла. Изменение сопротивления в магнитном поле.

**11. Генерация и рекомбинация неравновесных носителей тока в полупроводниках.** Способы генерации неравновесных носителей. Квазиуровни Ферми. Рекомбинация неравновесных носителей. Время жизни. Уравнение непрерывности.

**12. Оптические свойства полупроводников.** Спектры отражения и поглощения. Собственное поглощение. Прямые и непрямые переходы. Зависимость коэффициента поглощения от энергии фотонов вблизи края собственного поглощения. Экситоны и экситонное поглощение. Примесное поглощение. Поглощение свободными носителями заряда.

**13. Фотоэлектрические явления в полупроводниках.** Фотопроводимость при линейной рекомбинации. Диффузия и дрейф неравновесных носителей. Длина диффузии. Соотношение Эйнштейна. Фото ЭДС. Эффект Дэмбера.

**14. Контактные явления в полупроводниках.** Контакт металла с полупроводником. Энергетическая диаграмма контакта. Распределение потенциала. Условие образования запирающих и антизапирающих слоев на контактах. P—n-переход в полупроводниках. Теория выпрямления.

**15. Квантовые состояния в системах пониженной размерности.** Распределение плотности состояний в двумерных системах (квантовых ямах). Положение уровня Ферми в двумерных системах. Распределение плотности состояний в одномерных системах (квантовых проволоках). Распределение плотности состояний в нульмерных системах (квантовых точках). Энергетический спектр мелких примесных состояний в системах пониженной размерности. Энергетический спектр экситонов Ванье-Мотта в квантово-размерных полупроводниковых кристаллах.

**Раздел 3. Физические основы твердотельной электроники. Твердотельная электроника.**

**16. Варикап.** Принцип действия варикапа. Основные параметры и характеристики. Параметрическое усиление сигнала.

**17. Стабилитрон.** Пробой р-п-перехода. Основные параметры и характеристики стабилитронов. Примеры применения.

**18. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы.** Воздействие света на р-п-переход. Фотодиоды, полупроводниковые светодиоды и лазеры.

**19. Туннельный диод.** Принцип действия туннельного диода. Примеры применения.

**20. Лавинно-пролетный диод (ЛПД).** Принцип работы ЛПД в IMPATT и TRAPATT режимах.

**21. Диод Ганна.** Эффект Ганна. Модель Ридли-Уоткинса-Хилсума. Режимы работы генераторов Ганна.

**22. Биполярные транзисторы (БТ).** Структура и основные режимы работы. Энергетическая зонная диаграмма. Дрейфовый транзистор. Статические характеристики БТ. Физика работы транзистора на малом переменном сигнале. Эквивалентная схема БТ.

**23. Динисторы и тиристоры.** Структура и принцип действия динистора. Параметры и ВАХ

динистора. Принцип действия тиристора. Характеристики и параметры. Условия переключения. Применение.

**24. Полевые транзисторы (ПТ).** ПТ с управляющим р-п-переходом, барьером Шоттки, изолированным затвором. Принцип действия. Статические характеристики ПТ. Эквивалентная схема ПТ. Полевые транзисторы со структурой металл-диэлектрик-полупроводник в качестве затвора (МДП транзисторы).

**Раздел 4. Материалы электронной техники.**

**25. Пассивные диэлектрики.** Поляризация диэлектриков в постоянном и переменном электрическом поле. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула.

**26. Активные диэлектрики.** Сегнетоэлектричество. Феноменологическая теория сегнето- электричества. Фазовые переходы первого и второго рода. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода. Микроскопическая теория сегнетоэлектричества (динамика кристаллической решетки). Жидкие кристаллы. Типы жидких кристаллов. Термохромный эффект. Электрооптические эффекты. Полевой "твист"- эффект.

**27. Магнитные свойства твердых тел.** Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Ферромагнитное состояние. Особенности ферримагнетиков. Природа магнитного упорядочения. Спиновые волны. Электронный парамагнитный резонанс.

## **Раздел 5. Квантовая и оптическая электроника.**

**28. Поглощение света в полупроводниках, основные механизмы поглощения.**

**29. Виды генерации света в твердых телах.** Спонтанное излучение. Фото -, электро- и катодoluminescence. Инжекционная люминесценция. Полупроводниковые светодиоды.

**30. Стимулированное излучение в полупроводниках.** Системы с инверсной населенностью. Полупроводниковые лазеры.

**Раздел 6. Методы исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники.**

**31. Основные методы определения параметров зонной структуры в полупроводниковых материалах.**

**32. Дисперсия проводящей среды и бесконтактные методы определения свойств полупроводниковых материалов и структур.**

**33. Дисперсия проводящей среды в магнитном поле и методы определения свойств материалов и структур на основе циклотронного и магнитоплазменного резонансов и эффекта Фарадея.**

**34. Сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия.**  
Принципы, возможности, ограничения

**Раздел 7. Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники.**

**35. Термодинамика поверхности,** процессы на поверхности и в приповерхностных слоях; адсорбция и десорбция; поверхностная энергия и ее анизотропия. Адсорбция на границе жидкий раствор-газ. Поверхностно-активные вещества. Адсорбция на границе твердое тело - жидкий раствор Адгезия и смачивание. Свойства наноструктурированных поверхностей

**Раздел 8. Физические основы технологии материалов и структур электроники.**

**36. Основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах,** массо- и теплопередача в неподвижной среде, конвективный массо- и теплообмен; явления на границе раздела фаз.

**37. Процессы разделения и очистки веществ** (сорбционные, жидкостной экстракции, кристаллизационные, перегонки через газовую фазу). Методы удаления вещества с поверхности  
(механические, химические, электрохимические, физические).

**38. Процесс кристаллизации.** Термодинамические условия гомогенного и гетерогенного зародышеобразования. Механизмы роста кристаллов и пленок. Методы выращивания кристаллов и получения пленок (из жидкой, паровой и твердой фаз).

**39. Процессы и методы окисления, диффузии, легирования, термического и корпускулярно-лучевого отжига.** Методы литографии. Интеграция процессов микро- и нанотехнологии.

## **Раздел 9. Микроэлектроника и наноэлектроника**

**40. Микроэлектроника.** Предельные задачи микроэлектроники. Основные случайные факторы и их влияние на размеры элементов.

**41. Предельные задачи микроэлектроники.** Основные регулярные факторы. Минимальные энергопотребление и время переключения. Скейлинг. Функциональное быстродействие и производительность ИМС.

**42. Интегральные микросхемы.** Биполярные транзисторы в полупроводниковых интегральных микросхемах. Конструктивно-технологические направления исключения и снижения влияния основных паразитных элементов.

**43. Интегральные микросхемы.** МДП-транзисторы в ИМС. Основные связи параметров транзисторов с физическими свойствами структур в ИМС. Основные области применения в ИМС. Конструктивно-технологические направления развития.

**44. Наноэлектроника.** Методы формирования квантово-размерных структур. Формирование квантово-размерных структур «традиционными» методами (молекулярно-лучевая эпитаксия, ионно-лучевое травление, электронно-лучевая и рентгеновская литография).

**45. Наноэлектроника.** Спонтанное упорядочение полупроводниковых наноструктур. Концентрационные упругие домены в твердых растворах полупроводников. Периодически фасетированные поверхности. Поверхностные структуры плоских упругих доменов.

**46. Наноэлектроника.** Упорядоченные массивы трехмерных когерентно напряженных островков. Массивы вертикально связанных квантовых точек.

## **Раздел 10. Зондовые методы диагностики структур микро-и наноэлектроники**

**47. Электронно-зондовая микроскопия.** Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая (сканирующая) электронная микроскопия: в режиме отражённых электронов, в режиме вторичных электронов. Оже-электронная спектроскопия

**48. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.** Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Нелинейность, крип, гистерезис пьезокерамики.

**49. Принципы сканирующей туннельной микроскопии.** Туннельный ток. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение локальной работы выхода. Измерение ВАХ туннельного контакта. Туннельная спектроскопия.

**50. Принципы сканирующей атомно-силовой микроскопии.** Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Контактная атомно-силовая микроскопия. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Колебательные методики атомно-силовой микроскопии. Вынужденные колебания кантилеверов. Бесконтактный режим колебаний кантилеверов. «Полуконтактный» режим колебаний кантилеверов.

## **Список литературы**

### **к разделу 1:**

#### **Основная**

1. Чупрунов Е.В., Хохлов А.Ф., Фаддеев М.А. Основы кристаллографии. -М: Изд-во физ.- мат. лит-ры, 2006.
2. Ньунхем Р.Э. Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура. - М.-Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2007. - 652с.

#### **Дополнительная**

3. Васильев Д. М. Кристаллография: учебник-4-е изд., испр. - СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003,-475с.
4. Названов В.Ф. Введение в кристаллофизику. Изд-во Саратов. ун-та, г.Саратов, 1993 г. 44 с.

### **к разделу 2:**

#### **Основная**

5. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. СПб. ; М. ; Краснодар: Изд-во Лань, 2008. 618 с. (41 экз.)
6. Зегря Г.Г., Перель В.И. Основы физики полупроводников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 335 с. (30 экз.)
7. Гуревич А. Г. Физика твёрдого тела: учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов и техн. ун-тов; Физ.-техн. ин-т им. А. Ф. Иоффе РАН. - СПб.: Нев. Диалект: БХВ-Петербург, 2004. - 318 с. (15 экз)
8. Драгунов В.П., Неизвестный ИГ., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. М.: Физмат- книга, 2006. 496 с.
- 6 Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2005. 336 с.
7. Погосов В В. Введение в физику зарядовых и размерных эффектов. Поверхность, кластеры, низкоразмерные системы. - М.: Физматлит, 2006. - 328 с.
8. Д. А.Усанов, С.Г.Сучков. Многочастичные квантовые эффекты в физике твердого тела (экситон, квантовые эффекты Холла, сверхпроводимость). Учеб. пособие с грифом УМО для студ. физич.. фак-та, изд-во СГУ, 2007, 112 с.

#### **Дополнительная**

9. Физика твёрдого тела: учеб. для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1993. - 490 с. (В НБ СГУ 13 экз)
10. Физика твердого тела: учеб. пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2010. – 218 с. (В НБ СГУ 2 экз)
11. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: учеб. пособие - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2007. - 406 с. Гриф (В НБ СГУ 2 экз)
12. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М.: Физматлит, 2001. - 336 с. (В НБ СГУ 5 экз)
13. Основы физики полупроводников = Fundamentals of Semiconductors / П. Ю, М. Кардона ; . - 3-е изд. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 560 с. (В НБ СГУ 2 экз)

14. Физика твердого тела для инженеров: учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М.: Техносфера, 2007. - 518 с. (Гриф) (В НБ СГУ 2 экз)
15. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению "Физика" и др. / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с. (В НБ СГУ 1 экз)
16. Физика твердого тела: учеб. пособие для техн. ун-тов / И. К. Верещагин, С. М. Кокин, В. А. Никитенко. - М. : Издат. дом Моск. физ. о-ва, 1998. – 237 с. (В НБ СГУ 1 экз)
17. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов /В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М. : Физматлит, 2001. - 336 с.
18. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов/ П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с.
19. Физика твёрдого тела для инженеров : учеб. пособие / В. А. Гуртов, Р. Н. Осауленко ; науч. ред. Л. А. Алешина. - М. : Техносфера, 2007. - 518 с.
20. Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985.
21. Демиховский В.Я., Вугальтер Г А. Физика квантовых низкоразмерных структур. М.: Логос, 2000. 248 с.
22. Физика низкоразмерных систем: учеб. пособие для студентов вузов / А. Я. Шик [и др.]; Под общ. ред. Ильина В И., Шика А. Я. - СПб. : Наука, 2001. - 154 с.
23. Электронные процессы в твердотельных системах пониженной размерности / А. Ф. Кравченко, В. Н. Овсянко. - Новосибирск : Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. - 448 с.

### **к разделу 3:**

#### **Основная**

24. Гуртов В. А. Твердотельная электроника: Учеб. пособие. - 2-е изд., доп. -М.: Техносфера, 2007. - 406 с.
25. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.
26. Лебедев А. И. Физика полупроводниковых приборов: учеб. пособие. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 487 с.

#### **Дополнительная**

27. Михайлов А.И., Сергеев С. А. Физические основы твердотельной электроники: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007.- 164 с.
28. Основы полупроводниковой электроники: учеб. пособие / Г. П. Яровой [и др.]; М-во образования Рос. Федерации, Самар. гос. ун-т. - Самара : Самар. ун-т, 2003. - 153 с.
29. Михайлов А.И., Сергеев С. А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий: Учебное пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий / Под общ.



ред. проф. А.И. Михайлова. - Саратов: ООО «Редакция журнала «Промышленность Поволжья», 2008. - 116 с.

**к разделу 4:**

**Основная**

30. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2007. 375 с.

31. Материалы и элементы электронной техники: учебник : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М. : Академия, 2006. - Т. 1 : Проводники, полупроводники, диэлектрики. - М. : Академия, 2006. - 439 с.

32. Материалы и элементы электронной техники: учебник : в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - М. : Академия, 2006. - Т. 2 : Проводники, полупроводники, диэлек Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. - М. : Академия, 2006. - 372 с.

**Дополнительная**

33. Основы физики твердого тела: учеб. пособ. по физике твердого тела для студентов вузов / В. И. Зиненко, Б. П. Сорокин, П. П. Турчин. - М. : Физматлит, 2001. - 336 с.

34. Физика твёрдого тела: учеб. для студентов вузов/ П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - 3-е изд. стер. - М. : Высш. шк., 2000. - 496 с.

35. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники. М.: Высш. школа, 2003. 367 с.

**к разделу 5:**

**Основная**

36. Розеншер Э., Винтер Б. Оптоэлектроника. 2-е изд. - М.: Техносфера, 2006. - 588 с.

37. Игнатов А. Н. Оптоэлектронные приборы и устройства: учеб. пособие. -М.: Эко-Трендз, 2006.-269 с.

38. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники / Дж. М. Мартинес-Дуарт, Р. Дж. Мар- тин-Палма, Ф. Агулло-Руеда; пер. с англ. -М.: Техносфера, 2007. - 367 с.

39. Твердотельная фотоэлектроника. Физические основы./А.М. Филачев, ИИ. Таубкин, М.А. Тришенков. -М.: Физматкнига, 2007. - 384 с

**Дополнительная**

40. Ермаков О. Прикладная оптоэлектроника,- М. :Техносфера, 2004.

**к разделу 6:**

**Основная**

41. Пул Ч., Оуэне Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И. Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.

**Дополнительная:**

34. Зондовые нанотехнологии в электронике учеб. пособие / В. К. Неволин. - 2-е изд., испри доп. - М. : Техносфера, 2006. - 159 с.

**к разделу 7:**

**Основная**

35. Зондовые нанотехнологии в электронике : учеб. пособие / В. К. Неволин. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Техносфера, 2006. - 159 с.

36. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454 с.

37. Наноматериалы : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 365 с.

#### **Дополнительная**

38. Усанов Д.А., Яфаров Р.К. Исследование самоорганизации нанокристаллитов в плазме СВЧ газового разряда низкого давления: Учеб. пособие для студ. фак. нано- и биомедицинских технологий. - Изд-во Сарат. ун-та, 2006. 23 с.

39. Леденцов Н.Н. Наноструктуры как это делает природа (Лекторий Научно- Образовательного Центра ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 13 октября 2000 г. <http://edu.ioffe.ru/lectures/leden/>)

#### **к разделу 8:**

##### **Основная**

40. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 134 с.

41. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431 с.

42. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы /Г. С. Константинова [и др.]; науч. ред. В. Н. Лозовский. - Ростов н/Д : ТЕРРА-ПРИНТ, 2008. - 112 с.

43. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руенда Ф. Нанотехнологии для микро и оптоэлектроники. Пер с англ. Хачояна А.В. под ред. Якимова Е.Б. М.: Техносфера, 2007,367 с.

44. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М. : Техносфера, 2008. - 430 с.

#### **Дополнительная**

45. Андриевский Р. А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005, 178 с.

46. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, М.: Физматлит, 2005, 410 с.

47. Кремний - материал наноэлектроники : учеб. пособие / Н. Н. Герасименко, Ю. Н. Пархоменко. - М. : Техносфера, 2007. - 351 с.

48. Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности. - М.: Техносфера, 2008. - 349 с.

49. Нанотехнология. Простое объяснение очередной гениальной идеи = Nanotechnology. A Gentle Introduction to the Next Big Idea / М. Ратнер, Д. Ратнер ; пер. с англ. и ред. А. В. Назаренко. - М. ; СПб. ; Киев : Вильяме, 2007. - 234 с.

#### **к разделу 9:**

##### **Основная**

50. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии / Пер. с англ. под ред. Ю.И Головина и с доп. В В. Лу- чинина. - 2-е доп. изд. - М.: Техносфера, 2007. - 375 с.

51. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси ; пер. с яп. А. В. Хачояна ; под ред. Л. Н. Патрикеева. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 134 с.

52. Материалы и методы нанотехнологии : учеб. пособие / В В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. - 431 с.

53. Методы нанолитографии. Достижения и перспективы / Г. С. Константинова [и др.]; науч. ред. В. Н. Лозовский. - Ростов н/Д : ТЕРРА-ПРИНТ, 2008. - 112 с.

54. Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руенда Ф. Нанотехнологии для микро и оптоэлектроники. Пер с англ. Хачояна А.В. под ред. Якимова Е.Б. М.: Техносфера, 2007, 367 с.

55. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. - М. : Техносфера, 2008. - 430 с.

#### **Дополнительная**

56. Андриевский Р. А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Академия, 2005, 178 с.

57. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, М.: Физматлит, 2005, 410 с.

#### **к разделу 10:**

#### **основная**

58. Нанотехнологии: учеб. пособие / Ч. П. Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2005. - 334 с.

59. Д.А.Усанов Ближнеполевая сканирующая СВЧ-микроскопия и области её применения . - Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2010. - 100 с.

60. Неволин В.К. Зондовые нанотехнологии в электронике. М.: Изд-во «Техносфера», 2005. 152 с.

#### **Дополнительная**

61. Щука А.А. Наноэлектроника. М.: Физматкнига, 2007. 464 с.

62. Нанотехнология: физика, процессы, диагностика, приборы/ Под ред. Лучинина В.В., Таирова Ю.М. М.: Физматлит, 2006. 552 с.

Программа утверждена Ученым советом института физики и согласована с Отделом по организации приема на основные образовательные программы СГУ

Начальник отдела по организации приема  
на основные образовательные программы,  
ответственный секретарь Центральной  
приемной комиссии СГУ



С.С. Хмелев