

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета нано- и биомедицинских  
технологий, профессор  
С.Б. Вениг  
«09» \_\_\_\_\_ 2021 г.



**Рабочая программа дисциплины**  
Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники

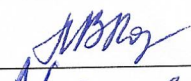

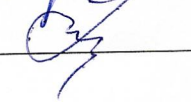
Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Физика и технология твердотельных электронных»  
микро- и наноструктур»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Ломова М.В.		20.10.2021
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		22.10.2021
Заведующий кафедрой	Михайлов А.И.		20.10.2021
Специалист Учебно-го управления			

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний, умений и владений и усвоение материала о физико-химических основах технологии электроники и наноэлектроники, которые необходимы для выполнения работ по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП бакалавриата и изучается студентами дневного отделения факультета нано- и биомедицинских технологий СГУ, обучающимися по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника» по профилю «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур» в течение 7 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, квантовой механике, кристаллографии и кристаллофизике, термодинамике, электродинамике, физике конденсированного состояния, физике полупроводников, подготавливает студентов к изучению в том же и последующем семестрах таких дисциплин как «Основы молекулярной электроники», «Технология материалов и структур электроники», «Методы исследования материалов и структур электроники и наноэлектроники».

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>1.1_Б.ОПК-1.</b> Понимает важность применения фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов <b>2.1_Б.ОПК-1.</b> Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера <b>3.1_Б.ОПК-1.</b> Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности	<b>Знать:</b> физические и химические процессы, которые используются в технологии создания приборов электроники и наноэлектроники <b>Уметь:</b> теоретически анализировать, рассчитывать и экспериментально исследовать параметры и характеристики физико-химических процессов, которые используются в технологии создания приборов электроники и наноэлектроники <b>Владеть:</b> методиками экспериментального исследования физико-химических процессов, которые используются в

<p>ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных</p>	<p><b>1.1_Б.ОПК-2.</b> Находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи.</p> <p><b>2.1_Б.ОПК-2.</b> Рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки</p> <p><b>3.1_Б.ОПК-2.</b> Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения выделенных задач.</p> <p><b>4.1_Б.ОПК-2.</b> Аргументированно выбирает способы и средства измерений и проведения экспериментальных исследований</p> <p><b>5.1_Б.ОПК-2.</b> Владеет приемами обработки и представления полученных данных и оценки погрешности результатов измерений</p>	<p>технологии создания приборов электроники и наноэлектроники, а также методами и основными подходами к их теоретическому описанию и анализу.</p> <p><b>Знать:</b> основные методы и средства измерений, источники возникновения погрешностей измерений, основы организации поверки средств измерений, методы оценки и расчета погрешностей измерений.</p> <p><b>Уметь:</b> осуществлять мероприятия по организации измерений, эффективно использовать современные аналоговые и цифровые средства измерительной техники, квалифицированно выбирать наиболее эффективные методы и средства при организации измерений и испытаний, выбирать тип и класс точности прибора в зависимости от поставленных измерительных задач, определять погрешность средств измерений и результатов измерений.</p> <p><b>Владеть:</b> методиками организации измерений, методами эффективного использования современных аналоговых и цифровых средств измерительной техники, методиками квалифицированного выбора наиболее эффективных методов и средств при организации измерений и испытаний, методиками выбора типов и классов точности приборов в зависимости от поставленных измерительных задач,</p>
<p>ПК-2 Способен реализовывать на практике контроль соблюдения параметров и режимов</p>	<p><b>1.1_Б.ПК-2.</b></p>	

<p>технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники</p> <p>ПК-3 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения</p>	<p>Проводит критический анализ основных параметров реализуемых технологических процессов производства изделий микроэлектроники  <b>2.1_Б. ПК-2.</b>  Оперативно решает технологические проблемы в процессе производства изделий микроэлектроники  <b>3.1_Б. ПК-2.</b>  Выявляет технологические факторы, вызывающие погрешности изготовления изделий микроэлектроники  <b>1.1_Б. ПК-3.</b>  Аргументированно применяет методики проведения теоретических и экспериментальных исследований параметров и характеристик узлов и блоков установок электроники и наноэлектроники  <b>2.1_Б. ПК-3.</b>  Решает конкретные задачи по проведению исследований характеристик электронных приборов различного функционального назначения  <b>3.1_Б. ПК-3.</b>  Обрабатывает и анализирует результаты теоретических и экспериментальных исследований, определяет элементы новизны в разработке</p>	<p>методами определения погрешности средств измерений и результатов измерений.  <b>Знать:</b> параметры и режимы технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники  <b>Уметь:</b> реализовывать на практике контроль соблюдения параметров и режимов технологических операций процессов производства изделий микроэлектроники  <b>Владеть:</b> навыками работы с различным аналитическим оборудованием для реализации научно-исследовательских работ</p> <p><b>Знать:</b> эффективные методики теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения  <b>Уметь:</b> выбирать и реализовывать на практике эффективную методику теоретического и экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения  <b>Владеть:</b> навыками обработки и анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований.</p>
---	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семес тр	Недел я семес тра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточн ой аттестации (по семестрам)
				5	6	7	8	
1	2	3	4	Лек	Лаб	Пр	КСР	
1.	Роль физико-химических основ технологии в развитии электроники и нанoeлектроники.	7	1-2	2	2	2	4	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
2.	Химическая термодинамика.	7	3-4	2	2	2	4	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
3.	Химическая кинетика и управление химическими превращениями.	7	5-6	2	2	2	4	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
4.	Электрохимия.	7	7-8	2	2	2	4	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
5.	Управление точечными дефектами.	7	9-10	2	2	2	4	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
6.	Поверхностные явления и межфазные взаимодействия.	7	11-12	2	2	2	5	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений
7.	Нуклеация и рост кластеров.	7	13-14 1/6	2	2	2	5	Устный опрос по пройденной теме, подготовка заданных упражнений. Контрольная работа.
	<b>Итого:</b>	<b>7</b>	14 1/6	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>30</b>	
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>			<b>72</b>				<b>Зачет</b>

## Содержание дисциплины

**1. Роль физико-химических основ технологии в развитии электроники и наноэлектроники.** История и предмет изучения физико-химических основ технологии электроники и наноэлектроники. Современные достижения и задачи будущего.

**2. Химическая термодинамика.** Закон Гесса и его применение. Закон Кирхгофа. Характеристические функции. Химический потенциал. Модели и термодинамические свойства растворов. Термодинамика образования жидких и твердых растворов. Управление фазовыми превращениями. Условия фазового и химического равновесия. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Давление насыщенного пара чистого вещества, раствора и смесями веществ в конденсированном состоянии. Закон Рауля. Двухкомпонентные системы и физико-химический анализ. Диаграммы плавкости с простой эвтектикой. Диаграммы плавкости веществ, образующих химическое соединение. Диаграмма состояния двухкомпонентной системы с ограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии. Диаграммы плавкости веществ, образующих твердые растворы с неограниченной и ограниченной растворимостью

**3. Химическая кинетика и управление химическими превращениями.** Закон действия масс и константа химического равновесия. Температурная зависимость констант химического равновесия. Уравнение изохоры и изобары Вант – Гоффа. Управление химическими реакциями. Принцип Ле-Шателье. Газотранспортные химические реакции. Термоактивационные процессы. Закон Аррениуса. Механизм кинетика химической реакции. Уравнение Аррениуса.

**4. Электрохимия.** Ионное равновесие и термодинамические свойства растворов электролитов. Термодинамика электрохимического равновесия. Электродные процессы в электрохимии. Управление ионными процессами в водных растворах электролитов.

**5. Управление точечными дефектами.** Точечные дефекты и физические свойства кристаллов. Квазихимический метод описания дефектов. Растворимость примесей в полупроводниках с учетом ионизации примесных атомов. Внутреннее равновесие собственных и примесных дефектов. Управление собственными дефектами путем отжига. Распределение амфотерной примеси в кристаллической решетки.

**6. Поверхностные явления и межфазные взаимодействия.** Поверхностное натяжение. Поверхностное давление. Формула Гиббса-Томсона. Физическая и химическая адсорбция на поверхности твердых тел. Кинетика процесса адсорбции. Уравнение изотермы Ленгмюра. Роль адсорбции, растворения и диффузии в газопоглощающих материалах.

**7. Нуклеация и рост кластеров.** Теория нуклеации (виды нуклеации, скорость нуклеации, нуклеационный порог). Механизмы роста пленок на реальных подложках. Зародышевый механизм роста по модели Фольмера-Хирса-Паунда. Послойный механизм роста по модели Косселя-Странского-Каишева. Спиральный (или дислокационный) механизм роста по модели Бартона-Кабреры-Франка. Эпитаксиальный рост. Особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах. Размерные эффекты и фазовые переходы.

### **Тематика практических занятий (семинаров)**

1. Растворы. Способы выражения концентраций и их взаимный пересчет.
2. Метод сухого остатка.
3. Виды растворов. Законы предельноразбавленных растворов.
4. Закон действия масс и константа химического равновесия.
5. Управление химическими реакциями. Принцип Ле-Шателье.
6. Газотранспортные химические реакции.
7. Термоактивационные процессы.
8. Ионное равновесие электролитов.
9. Квазихимический метод описания дефектов. Растворимость примесей в полупроводниках с учетом ионизации примесных атомов.
10. Кинетика процесса адсорбции. Модели адсорбции.
11. Теория нуклеации (виды нуклеации, скорость нуклеации, нуклеационный порог)

При проведении лабораторных занятий выполняются натурные эксперименты в ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ. В течение семестра студентам предлагается выполнить ряд лабораторных работ. Критериями оценки являются: уровень теоретической подготовки, правильность предварительных расчетов, самостоятельность в проведении экспериментальной части работы и т.д.

### **Перечень лабораторных работ**

1. Исследование монослоев поверхностно-активных веществ на водной поверхности.
2. Исследование стабильности монослоев поверхностно-активных веществ на водной поверхности.
3. Получение магнитной жидкости на основе наночастиц магнетита.
4. Применение метода пьезокварцевого микровзвешивания для исследования процесса адсорбции нанокompозитных систем.
5. Получение сферических микрочастиц карбоната кальция.
6. Измерение сопротивления жидких растворов электролитов

## 7. Измерение pH. Буферные растворы.

Описания всех перечисленных лабораторных работ имеются на кафедре физики полупроводников и, в том числе, изданные в книгах:

1. Физико-химия наноструктурированных материалов: рук. к лаб. практикуму : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под общ. ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова. – Саратов : [б. и.], 2008 (Отпеч. в ООО "Новый ветер"). – 98 с.
2. Физико-химия наноструктурированных материалов : учеб. пособие для студентов фак. нано- и биомед. технологий / Б. Н. Климов [и др.] ; под ред. Б. Н. Климова, С. Н. Штыкова ; ГОУ ВПО Саратов. гос. ун-т им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов: Новый ветер, 2009. – 216 с.

### **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (практические занятия (семинары), самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проблемное обучение;
- исследовательские методы в обучении;
- дискуссии.

Лекционные занятия проводятся в основном в традиционной форме. При проведении лекций занятий активно используются ПК и мультимедийный проектор.

При проведении практических занятий (семинаров) в интерактивной форме осуществляется детальный анализ вопросов физики и химии поверхности и коллоидных систем.

При проведении более 50 % практических (семинарских) занятий используется ПК и мультимедийный проектор.

Студентам предлагаются различные задания, направленные на углубленное освоение дисциплины «Физико-химические основы технологии электроники и нанoeлектроники». По итогам выполнения этих заданий проводятся дискуссии, вовлекающие всех студентов в изучение современных проблем данной области.

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, к контрольной работе, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 50 % аудиторных занятий. Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более 50 % аудиторных занятий.

### **Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;



- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения и индивидуальных консультаций;
- использование дистанционных образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

### **Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего семестра и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям, практическим занятиям, в выполнении заданий лектора.

#### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала разбирать вопросы, обсуждаемые на каждом очередном семинаре, до следующего, по непонятым деталям консультироваться у преподавателя, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к практическим (семинарским) занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать рекомендуемую основную и дополнительную литературу;
- при подготовке к контрольным работам пользоваться конспектами и рекомендованной литературой.

Студентами в течении семестра должны быть изучены самостоятельно следующие темы:

1. Привести примеры термодинамических моделей для описания растворов.
2. Рассчитать ионную силу физиологического раствора
3. Рассказать о методике построения диаграмм состояния.
4. Рассказать о методах экспериментального исследования адсорбции газа твердыми телами

Устный опрос по этим темам проводится в рамках практических занятий. Критериями оценки являются: полнота самостоятельно изученного материала, способность аргументировать свои ответы, приводить примеры и т.д.

После завершения лекционного курса студенты должны выполнить контрольную работу, в которой необходимо дать письменный ответ на 3 вопроса. Критериями оценки являются: полнота информации, последовательность изложения материала, наличие примеров и т.д.

#### Контрольная работа:

##### Вариант А

1. Применить квазихимический метод для описания генерации носителей зарядов в полупроводниках (собственная, примесная)
2. Рассчитать давление (давление Лапласа (поверхностное давление)) для случая капли жидкости расположенной между двумя цилиндрами
3. Описать, как изменяется растворимость газов в жидкости с увеличением температуры

### Вариант В

1. Применить квазихимический метод для описания диссоциации молекул воды, а также изменения рН за счет добавления щелочи или кислоты.
2. Рассчитать давление (давление Лапласа (поверхностное давление)) для случая капли жидкости в виде цилиндра
3. Написать выражение для концентрационной зависимости растворимости в случае молекулярной растворимости и в случае атомарной растворимости

Студенты должны продемонстрировать применение теоретических знаний для решения практических задач.

Результаты выполнения контрольной работы учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета (7-й семестр).

### **Контрольные вопросы для проведения зачета по итогам освоения дисциплины**

1. Проведите классификацию жидких растворов и дайте определение твердых растворов и их классификацию
2. Сформулируйте условие фазового и химического равновесия. Правило фаз Гиббса.
3. Рассмотрите равновесие в заряженных системах
4. Давление насыщенного пара чистого вещества, раствора и смеси веществ в конденсированном состоянии. Закон Рауля.
5. Коэффициент сегрегации
6. Объясните роль физико-химического анализа и перечислите основные его свойства
7. Рассмотрите основные виды диаграмм плавкости.
8. Объясните правило рычага, приведите пример иллюстрирующий его применение.
9. Объясните, что такое точка эвтектики, приведите примеры эвтектических сплавов.
10. Сформулируйте закон действия масс и приведите пример его использования
11. Сформулируйте принцип Ле-Шателье
12. Проведите классификацию дефектов и объясните принцип применения квазихимического метода описания дефектов
13. Объясните растворимость примесей в полупроводниках
14. Примените квазихимический метод для объяснения равновесия собственных и примесных дефектов
15. Сформулируйте способы управления дефектами

16. Сформулируйте основные положения термодинамики химической реакции
17. Дайте определение поверхностного натяжения и давления
18. Объясните отличие физической и химической адсорбции
19. Сформулируйте уравнение для мономолекулярной адсорбции и проанализируйте решение
20. Рассмотрите свойства газопоглощающих материалов
21. Расскажите о теории нуклеации. Сравните виды нуклеации, с точки зрения величины нуклеационного барьера
22. Рассмотрите основные виды механизмов роста тонких пленок.
23. Расскажите о методах получения наноразмерных пленок.

### 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
7	4	21	30	5	-	-	40	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента

#### 1 семестр

##### **Лекции (0-4 баллов)**

Работа на лекциях, участие в обсуждениях, дискуссиях, краткие сообщения, доклады.

Критерии оценки:

не более 50% от числа занятий в семестре – 0 баллов;

от 51% до 60% - 1 балл;

от 61% до 70% - 2 балла;

от 71% до 80% - 3 балла;

от 81% до 100% - 4 балла.

##### **Лабораторные занятия (0-21 балла)**

Предусмотрено выполнение 7 лабораторных работ, каждая работа оценивается в диапазоне 0 – 3 балла. Учитывается самостоятельность при выполнении лабораторных работ, грамотность в оформлении отчетов, правильность выполнения и т.д. Таким образом, по данному виду занятий максимально возможное количество баллов – 21.

##### **Практические занятия**

(0-30 баллов)

Практические занятия посвящены освоению 10 тем, в рамках которых студентам предлагаются различные задания. Освоение каждой темы оценивается в диапазоне 0-2 балла. Критерии оценки: самостоятельность при выполнении работы, активность работы в аудитории, правильность выполнения заданий, уровень подготовки к занятиям и т.д.

По итогам освоения всех тем проводится контрольная работа, задания охватывают весь пройденный материал. Выполнение контрольной работы оценивается в диапазоне 0-10 баллов. Критерии оценки: правильность выполнения заданий, уровень знаний, демонстрируемых студентом.

**Самостоятельная работа**  
(0-5 баллов)

Решение заданий для самоконтроля. Критерии оценки: правильность решения, общий уровень знаний.

**Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

**Другие виды учебной деятельности**

Не предусмотрены.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» оценивается от 0 до 40 баллов и проводится в форме устного собеседования.

При проведении промежуточной аттестации в форме зачета:  
ответ на «зачтено» оценивается от 24 до 40 баллов;  
ответ на «не зачтено» оценивается от 0 до 23 баллов;

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта в 1 семестре составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» в зачёт осуществляется в соответствии с Таблицей 2.1.

Таблица 2.1. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине в зачет.

60 баллов и более	«зачтено»
меньше 60 баллов	«не зачтено»

**8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) литература:

1. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Игнатов. - Москва : Лань, 2019, -596с: ил. ; 22. - ISBN 978-5-8114-1136-8 ЭБС ЛАНЬ
2. Орликов Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Орликов Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012.— 98 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13990>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Физические и химические основы нанотехнологий [Текст] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 454, [2] с. : рис., табл. - Библиогр.: с. 447-454. - ISBN 978-5-9221-0988-8 (в пер.) :
4. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] / И. П. Суздалев. - М. : КомКнига, 2006. - 589, [3] с. : рис., табл. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - ISBN 5-484-00243-5 (в пер.)

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. MathCad 14.0
5. Каталог образовательных Интернет-ресурсов. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/window/>
6. Зональная научная библиотека им. В.А. Артисевич Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Физико-химические основы технологии электроники и наноэлектроники» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, плакатами, соответствующими действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом Примерной ООП ВО по направлению «Электроника и наноэлектроника» и профилю «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур».

Автор: Ломова М.В.

Программа одобрена на заседании кафедры физики полупроводников 22 мая 2019 г., протокол № 6.

Программа актуализирована на заседании кафедры физики полупроводников 20 октября 2021 г., протокол № 2.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. 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. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
2. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. – М.: Наука, 1977. – 672 с. (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
3. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учеб. пособие. – М.: Высшее образование, 2009. – 463 с. Гриф УМО (в ЗНБ СГУ 1 экз.)
4. Михайлов А.И. Твердотельные параметрические приборы сверхвысоких частот. – Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1989. – 154 с.
5. Родерик Э.Х. Контакты металл-полупроводник. – М.: Радио и связь, 1982. – 209 с.