



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

Саранин А.А.
(Ф.И.О. рук. ОП)

«28» февраля _____ 2023 г. _____



«УТВЕРЖДАЮ»

и.о. директора департамента
Общей и экспериментальной физики

Короченцев А.А.
(Ф.И.О.)

«28» февраля _____ 2023 г. _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и технологии создания наноструктур
Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника
Профиль: Электроника и наноэлектроника (совместно с ИАПУ ДВО РАН)
Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями *Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, утвержденного приказом Минобрнауки России*

от 22 сентября 2017 г. № 959 / ОС ДВФУ, утвержденного _____ от _____ 20 г. № _____.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол № 5 от «28» февраля 2023 г.

и.о. директора департамента общей и экспериментальной физики: канд. хим. наук, доцент Короченцев В.В.

Составители: к.ф.-м.н. Козлов А.Г.

Владивосток
2023

1. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
2. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
3. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
4. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№
5. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «» _____202г.№

Аннотация дисциплины

Физика и технологии создания наноструктур

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётных единицы / 72 академических часа. Является дисциплиной обязательной части ОП, изучается на 1 курсе и завершается *зачетом*. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 8 часов, практических 26. часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента - 38 часов.

Язык реализации: русский

Цель:

углубленное изучение физических основ технологий создания наноструктурированных материалов и устройств на их основе.

Задачи:

- изучение физики явлений, лежащих в основе технологических процессов получения наноструктур;
- получение знаний о требованиях, предъявляемых к технологическим процессам и современному научному оборудованию;
- приобретение навыков комплексного рассмотрения технологических процессов;
- формирование представления о перспективах развития технологических процессов и о новых физико-химических явлениях, которые могут быть использованы для создания новых технологических процессов;
- формирование представления о принципах, методах и оборудовании для управления и контроля технологических процессов и свойств материалов, технологических и конструкционных особенностях получения требуемых наноструктур;
- получения знаний и навыков применения получаемых наноструктур. *Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:*

ОПК-1 Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности

ОПК-2 Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных, полученные в результате изучения дисциплин (перечислить), обучающийся должен быть готов к изучению таких дисциплин, как Строение и свойства материалов, Современные методы формирования тонких пленок, формирующих компетенции

ПК-5 Способен к сервисному обслуживанию измерительного, диагностического, технологического оборудования.,

ОПК-2.1 находит и критически анализирует информацию, необходимую для решения поставленной задачи

ОПК-2.2 рассматривает возможные варианты решения задачи, оценивая их достоинства и недостатки, определяет ожидаемые результаты решения

ОПК-2.3 применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и измерений

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют формирование следующих компетенций, индикаторов достижения компетенций:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	ОПК-1 Способен представлять современную научную картину мира,	ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	<u>Знает</u> понятийный аппарат электроники и нанoeлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в

	<p>выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора</p>		<p>профессиональной деятельности; <u>Умеет</u> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике; <u>Владеет</u> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и нанoeлектроники</p>
		<p>ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий</p>	<p><u>Знает</u> методы и способы систематизации научно-технической информации по исследуемой проблеме; <u>Умеет</u> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации; <u>Владеет</u> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения путей их решения и оценки эффективности сделанного выбора</p>
		<p>ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p>	<p><u>Знает</u> методы теоретического и экспериментального исследования; <u>Умеет</u> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте; <u>Владеет</u> навыками теоретического и экспериментального исследования и оценки эффективности выбранного метода</p>
ОПК-3		ОПК-3.1 демонстрирует знание	<u>Знает</u> принципы, методы и

<p>Способен приобретать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению инженерных задач</p>	<p>принципов, методов и средств анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области, этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ</p>	<p>средства анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области; <i>Умеет</i> использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы; <i>Владеет</i> навыками построения этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ при решении профессиональных задач</p>
	<p>ОПК-3.2 применяет Интернет-технологии, проблемно-ориентированные прикладные программные средства в профессиональной сфере деятельности</p>	<p><i>Знает</i> основные Интернет-технологии, а так же проблемно-ориентированные прикладные программные средства; <i>Умеет</i> выбирать и использовать проблемно-ориентированные прикладные программы и пакеты для решения исследовательских, и инженерных задач; <i>Владеет</i> методами решения задач обработки и представления информации используя Интернет-технологии и прочие программные источники</p>
	<p>ОПК-3.3 предлагает новые идеи, совершенствует подходы к решению инженерных задач, устанавливает научные контакты с целью проведения совместных исследований</p>	<p><i>Знает</i> принципы деловой этики для установления научных контактов способствующих совместным исследованиям и сотрудничеству; <i>Умеет</i> совершенствовать подходы для решения инженерных задач, устанавливать научные контакты; <i>Владеет</i> навыками применения инновационных подходов при проведении совместных исследований</p>

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физика и технологии создания наноструктур» применяются следующие дистанционные образовательные технологии и методы / активного / интерактивного обучения: работа в малых группах

I. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: углубленное изучение физических основ технологий создания наноструктурированных материалов и устройств на их основе.

Задачи:

- изучение физики явлений, лежащих в основе технологических процессов получения наноструктур;
- получение знаний о требованиях, предъявляемых к технологическим процессам и современному научному оборудованию;
- приобретение навыков комплексного рассмотрения технологических процессов;
- формирование представления о перспективах развития технологических процессов и о новых физико-химических явлениях, которые могут быть использованы для создания новых технологических процессов;
- формирование представления о принципах, методах и оборудовании для управления и контроля технологических процессов и свойств материалов, технологических и конструктивных особенностях получения требуемых наноструктур;
- получения знаний и навыков применения получаемых наноструктур.

Место дисциплины в структуре ОПОП (учебном плане) (пререквизиты дисциплины, дисциплины, следующие после изучения данной дисциплины)

Общепрофессиональные компетенции студентов, индикаторы их достижения и результаты обучения по дисциплине

Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-1	ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	<i>Знает</i> понятийный аппарат электроники и нанoeлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности; <i>Умеет</i> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике; <i>Владеет</i> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и нанoeлектроники
	ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по	<i>Знает</i> методы и способы систематизации научно-технической информации по

	<p>исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий</p>	<p>исследуемой проблеме; <i>Умеет</i> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации; <i>Владеет</i> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения путей их решения и оценки эффективности сделанного выбора</p>
	<p>ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинар-ном контексте</p>	<p><i>Знает</i> методы теоретического и экспериментального исследования; <i>Умеет</i> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте; <i>Владеет</i> навыками теоретического и экспериментального исследования и оценки эффективности выбранного метода</p>
<p>ОПК -3</p>	<p>ОПК-3.1 демонстрирует знание принципов, методов и средств анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области, этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ</p>	<p><i>Знает</i> принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области; <i>Умеет</i> использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы; <i>Владеет</i> навыками построения этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ при решении профессиональных задач</p>
	<p>ОПК-3.2 применяет Интернет-технологии, проблемно-ориентированные прикладные программные средства в профессиональной сфере деятельности</p>	<p><i>Знает</i> основные Интернет-технологии, а так же проблемно-ориентированные прикладные программные средства; <i>Умеет</i> выбирать и использовать проблемно-ориентированные прикладные программы и пакеты для решения исследовательских, и инженерных задач; <i>Владеет</i> методами решения задач обработки и представления информации используя Интернет-технологии и прочие программные источники</p>
	<p>ОПК-3.3 предлагает новые идеи, совершенствует подходы к решению инженерных задач, устанавливает научные контакты с целью проведения совместных</p>	<p><i>Знает</i> принципы деловой этики для установления научных контактов способствующих совместным исследованиям и сотрудничеству;</p>

	исследований	<i>Умеет</i> совершенствовать подходы для решения инженерных задач, устанавливать научные контакты; <i>Владеет</i> навыками применения инновационных подходов при проведении совместных исследований
--	--------------	---

II. Трудоемкость дисциплины и виды учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачётных единиц (72 академических часа)

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с т р	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Конт роль* *	Формы промежуточной аттестации***
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР		
1	Тема 1 Вакуумные методы получения наноструктур	1	2		6		38	ПР-6	
...	Тема 2 Методы получения и исследования наноструктур	1	6		20				
	Итого:						**	***	

*онлайн курс

** указать часы из УП

***зачет/экзамен

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Раздел 1. Вакуумные методы получения наноструктур

Тема 1. Термические методы получения пленок

Термическое нанесение пленок в вакууме: резистивный метод, молекулярно-лучевая эпитаксия, твердофазная эпитаксия. Получение пленок методом магнетронного распыления, электронно-лучевого испарения

Раздел 2. Методы получения и исследования наноструктур

Тема 1. Введение в литографические методы создания шаблонов наноструктур

История возникновения и развития. Фотолитография. Электронно-лучевая и ионно-лучевая литография. Ультрафиолетовая литография. Лазерная

литография. Импринт-литография. Зондовая нанолитография. Сравнение методов.

Тема 2. Физические принципы электронно-лучевой литографии

Принцип формирования шаблона на полимерной пленке электронным пучком. Физико-химические основы процесса взаимодействия электронного пучка с полимером. Этапы процесса: подготовка образца, создание цифрового шаблона, расчет параметров экспонирования, экспозиция, проявка, удаление резиста.

Тема 3. Применяемое оборудование и полимерные резисты

Обзор и сравнение нанолитографов. Физический предел разрешения. Используемые резисты и их характеристики. Проектирование шаблона наноструктур. Система Raith e-Line на базе SEM Zeiss Crossbeam. Возможности системы. Принцип работы. Подготовка подложек для экспонирования (методы очистки поверхности, центрифугирование резистов, сушка в печи).

Тема 4. Элементный и морфологический анализ наноструктур

Химический анализ в условиях сверхвысокого вакуума. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Зондовые методы исследования поверхности: атомно-силовая микроскопия, сканирующая туннельная микроскопия.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия

Занятие 1. Подготовка к началу эксперимента

Формирование подложек кристаллического кремния с заданными геометрическими размерами.

Методы очистки кристаллических подложек, подготовка к загрузке в сверхвысоковакуумную камеру.

Травление прижимных пластин для молибденовых подложкодержателей.

Занятие 2. Подготовка зондов для сканирующей туннельной микроскопии

Химическое травление зондов W для сканирующей туннельной микроскопии.

Подготовка зондов PtIr для сканирующей туннельной микроскопии

Загрузка в сверхвысоковакуумную камеру зондов различного состава для сканирующего туннельного микроскопа и их отжиг методом косвенного прогрева.

Занятие 3. Методы формирования рельефа поверхности

Электромиграция. Управление морфологическими параметрами кристаллической поверхности кремния. Алгоритмы высокотемпературного отжига постоянным током. Отжиг кристаллической подложки постоянным током с подпылением Cu.

Занятие 4. Методы контроля роста наноструктур

Знакомство с прецизионными методами контроля роста тонких металлических пленок. Дифракция быстрых электронов, осцилляции интенсивности. Кварцевый измеритель толщины пленки.

Калибровка скоростей испарения металла из эффузионных ячеек для молекулярно-лучевой эпитаксии. Определение пересчетных коэффициентов по разности скоростей осаждения.

Занятие 5. Термическое осаждение магнитных пленок

Термическое осаждение магнитных пленок Si(111)/Cu/Pd/Co и суперрешеток Si(111)/Cu/[Pd/Co]_n методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Послойный контроль роста наноструктур.

Занятие 6. Исследование кристаллических напряжений на интерфейсах

Анализ напряжений кристаллической решетки. Построение кривых релаксации напряжений параметра решетки на границе разделов Pd/Co, на основании данных с дифракции быстрых электронов.

Занятие 7. Зондовая микроскопия в сверхвысоком вакууме

Знакомство с методами зондовой микроскопии, сканирующая туннельная микроскопия. Сканирование поверхностей полупроводниковой подложки. Сканирование электронных плотностей с атомным разрешением, исследование поверхностной реконструкции. Сканирование поверхности металлических пленок. Анализ шероховатостей.

Занятие 8. Химический анализ полученных структур

Химический анализ в условиях сверхвысокого вакуума. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Получение, обработка и анализ энергетических спектров.

Занятие 9. Зондовые методы исследования рельефа и доменной структуры

Атомно- и магнитно-силовая микроскопия. Получение изображений доменной структуры. Обработка и анализ изображений. Исследование взаимодействия Дзялошинского-Мории на основании анализа периода полосовой доменной структуры.

V. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Тема № 1. Вакуумные методы получения наноструктур	ОПК-1.1 демонстрирует знание понятийного аппарата электроники и нанoeлектроники	<u>Знает</u> понятийный аппарат электроники и нанoeлектроники, математические, естественнонаучные и социально-экономические методы для использования в профессиональной деятельности; <u>Умеет</u> представлять современную научную картину для описания наблюдаемых явлений в нанoeлектронике; <u>Владеет</u> навыками коммуникации и презентации научных исследований в области электроники и нанoeлектроники	ПР-7	-
		ОПК-1.2 осуществляет систематизацию научно-технической информации по исследуемой проблеме с использованием компьютерных технологий	<u>Знает</u> методы и способы систематизации научно-технической информации по исследуемой проблеме; <u>Умеет</u> применять компьютерные технологии для систематизации научно-технической информации; <u>Владеет</u> навыками выявления естественнонаучной сущности проблем, определения путей их решения и оценки эффективности	ПР-4, ПР-7	-

			сделанного выбора		
		ОПК-1.3 применяет навыки теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте	<u>Знает</u> методы теоретического и экспериментального исследования; <u>Умеет</u> применять методы теоретического и экспериментального анализа исследуемых объектов, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте; <u>Владеет</u> навыками теоретического и экспериментального исследования и оценки эффективности выбранного метода	ПР-7, УО-2	
3	Тема №2. Методы получения и исследования наноструктур	ОПК-3.1 демонстрирует знание принципов, методов и средств анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области, этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ	<u>Знает</u> принципы, методы и средства анализа и структурирования профессиональной информации в своей предметной области; <u>Умеет</u> использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы; <u>Владеет</u> навыками построения этапов организации научно-исследовательских и инновационных работ при решении профессиональных	ПР-7	

			х задач		
		ОПК-3.2 применяет Интернет-технологии, проблемно-ориентированные прикладные программные средства в профессиональной сфере деятельности	<u>Знает</u> основные Интернет-технологии, а также проблемно-ориентированные прикладные программные средства; <u>Умеет</u> выбирать и использовать проблемно-ориентированные прикладные программы и пакеты для решения исследовательских, и инженерных задач; <u>Владеет</u> методами решения задач обработки и представления информации используя Интернет-технологии и прочие программные источники	ПР-4, ПР-7	
		ОПК-3.3 предлагает новые идеи, совершенствует подходы к решению инженерных задач, устанавливает научные контакты с целью проведения совместных исследований	<u>Знает</u> принципы деловой этики для установления научных контактов способствующих совместным исследованиям и сотрудничеству; <u>Умеет</u> совершенствовать подходы для решения инженерных задач, устанавливать научные контакты; <u>Владеет</u> навыками применения инновационных подходов при проведении совместных исследований	УО-2, ПР-7	
3	Зачет / экзамен				

* Рекомендуемые формы оценочных средств:

1) собеседование (УО-1), коллоквиум (УО-2); доклад, сообщение (УО-3); круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты (УО-4); и т.д.

2) тесты (ПР-1); контрольные работы (ПР-2), эссе (ПР-3), рефераты (ПР-4), курсовые работы (ПР-5), научно-учебные отчеты по практикам (ПР-6); лабораторная работа (ПР-7); портфолио (ПР-8); проект (ПР-9); деловая и/или ролевая игра (ПР-10); кейс-задача (ПР-11); рабочая тетрадь (ПР-12); и т.д.

3) тренажер (ТС-1); и т.д.

VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, Интернет ресурсами;

- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;

- подготовка реферативных обзоров источников периодической печати, опорных конспектов, заранее определенных преподавателем;

- поиск информации по теме, с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- выполнение тестовых заданий, решение задач;
- составление кроссвордов, схем;
- подготовка сообщений к выступлению на семинаре, конференции;
- заполнение рабочей тетради;
- написание эссе, курсовой работы;
- подготовка к деловым и ролевым играм;
- составление резюме;
- подготовка к зачетам и экзаменам;
- другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Морис, П. Поверхность и межфазные границы в окружающей среде. От наноуровня к глобальному масштабу / П. Морис. — 3-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2022. — 543 с. — ISBN 978-5-93208-579-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/221681>— Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Зеленин, В. А. Высокостабильные элементы и структуры для изделий наноэлектроники : монография / В. А. Зеленин. — Минск : Белорусская наука, 2022. — 290 с. — ISBN 978-985-08-2875-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/302105> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. —

- URL: <https://e.lanbook.com/book/176410> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Иванов, Н. Б. Нанотехнологии материалов и покрытий : учебное пособие / Н. Б. Иванов, Н. А. Покалюхин. — Казань : КНИТУ, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7882-2538-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166186> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
 5. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции nanoиндустрии : учебное пособие / под редакцией В. Н. Крутикова. — Москва : Логос, 2020. — 592 с. — ISBN 978-5-98704-613-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/162957> (дата обращения: 13.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Пархоменко, Ю. Н. Физика и технология приборов фотоники. Солнечная энергетика и нанотехнологии : учебное пособие / Ю. Н. Пархоменко, А. А. Полисан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : МИСИС, 2014. — 183 с. — ISBN 978-5-87623-848-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117199> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Пломодряло, Р. Л. Нанотехнологии. Получение, методы контроля и международная стандартизация наноматериалов : учебное пособие / Р. Л. Пломодряло. — Краснодар : КубГТУ, 2018. — 135 с. — ISBN 978-5-8333-0787-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/151171> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Основы нанотехнологии : учебник / Н. Т. Кузнецов, В. М. Новоторцев, В. А. Жабрев, В. И. Марголин ; художник И. Е. Марев. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 400 с. — ISBN 978-5-906828-26-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176415> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Возможности нанотехнологий - <http://kbogdanov1.narod.ru>

2. Новости о нанотехнологиях - <http://www.nanonewsnet.ru/>
3. Российские нанотехнологии - <http://nanoru.ru/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине, а также для проведения простых расчетов и построения графиков может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office).

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнении аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям на лабораторном оборудовании.

Освоение дисциплины «Физика и технологии создания наноструктур» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Физика и технологии создания наноструктур» является зачет.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Специализированная лаборатория департамента общей и экспериментальной физики: Лаборатория плёночных технологий корпус L, ауд L320	Оборудование: 1. Система электронной литографии Raith E-LINE (101400000026344) 2. Сверхвысоковакуумная установка MBE system (101400000026343) 3. Сверхвысоковакуумная установка PVD module (101400000025715) 4. Сверхвысоковакуумная установка Multiprobe (101400000025714) 5. Система измерения магнитных свойств со сверхпроводящим магнитом MPMSXL5 EVERCOOL (101400000026043, 101400000025932) 6. Установка для комплексного исследования поверхностей и наноструктур в комплекте (101400000025712)	