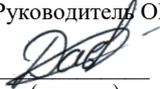




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

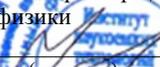
СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП

  
(подпись)

Давыденко А.В.  
(ФИО)

УТВЕРЖДАЮ

и.о. директора Департамента общей и экспериментальной  
физики

  
(подпись)

Короченцев В.В.  
(И.О. Фамилия)

«28» февраля 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физико-химия нанокластеров и наноструктур**  
Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника  
Профиль: нанотехнологии в электронике  
Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и наноэлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

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.

Составитель, д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Галкин Н.Г.

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании Департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «28» февраля 2023 г. № 5.

2. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_\_

3. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_\_

4. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента общей и экспериментальной физики и утверждена на заседании департамента департамента общей и экспериментальной физики, протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202 г. № \_\_\_\_\_

## АННОТАЦИЯ

### Физико-химия нанокластеров и наноструктур

Учебная дисциплина разработана для студентов 4 курса направления подготовки 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», профиль «Нанотехнологии в электронике» в соответствии с требованиями образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого ДВФУ.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 ЗЕ (108 час.). Учебным планом предусмотрены лекции (30 часов), практика (30 часа), самостоятельная работа студента - 48 часов. Дисциплина «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» входит в вариативную часть цикла дисциплин образовательной программы (раздел – дисциплины по выбору), реализуется на 4 курсе, в 7 семестре, завершается зачетом.

*Язык реализации: русский.*

**Цель:** изучение принципов формирования и свойств нанокластеров и наноструктур на основе термодинамики, молекулярной динамики и квантовой механики.

#### **Задачи:**

- сформировать целостное представление о физико-химических механизмах образования нанокластеров и наноструктур;
- ознакомить с понятийным аппаратом квантовой механики для понимания атомной и электронной структуры нанокластеров;
- изучить физические модели кластеров на основе классических и квантовых представлений;
- дать навыки анализа физических и химических свойств нанокластеров, наноструктур и нанокомпозитов на основе неорганических и органических молекул и макромолекул.

Для успешного изучения дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции с индикаторами достижения компетенций:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК -1.1 Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники
Производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-3.3 Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

- дискуссия;
- анализ современной научной литературы по тематике дисциплины на английском языке;
- обзорные доклады по предлагаемым тематикам и обсуждение их со студентами и преподавателем.

## **I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель:** изучение принципов формирования и свойств нанокластеров и наноструктур на основе термодинамики, молекулярной динамики и квантовой механики.

**Задачи:**

- сформировать целостное представление о физико-химических механизмах образования нанокластеров и наноструктур;
- ознакомить с понятийным аппаратом квантовой механики для понимания атомной и электронной структуры нанокластеров;
- изучить физические модели кластеров на основе классических и квантовых представлений;
- дать навыки анализа физических и химических свойств нанокластеров, наноструктур и нанокомпозитов на основе неорганических и органических молекул и макромолекул.

Обучающийся должен был изучить такие дисциплины, как «Физические основы электроники», «Материалы электронной техники», «Физика конденсированного состояния» и «Физика полупроводников» «Наноэлектроника», которые способствуют формированию следующих предварительных компетенций:

ОПК-1 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

ОПК-7 способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.

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)
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПК -1.1 Использует методики построения физических и математических моделей устройств и установок электроники и наноэлектроники	<i>Знает</i> новые научные результаты по электронике и наноэлектронике
			<i>Умеет</i> правильно ставить задачи по направлению электроники и наноэлектроники, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости
			<i>Владеет</i> навыками применения выбранных методов к решению научных задач по электронике и наноэлектронике
Производственно-технологический	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и наноэлектроники	ПК-3.3 Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	<i>Знает</i> принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур.
			<i>Умеет</i> осуществлять подготовку к процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур
			<i>Владеет</i> навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 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						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР	Конт роль	
1	Раздел 1. Базовые концепции нанотехнологии и классификация нанокластеров и наноструктур	7	2	0	2	0	48	0	Зачет
2	Раздел 2. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты	7	2	0	2				
3	Раздел 3. Термодинамика поверхностей и границ раздела	7	6	0	6				
4	Раздел 4. Кластерные модели	7	6	0	6				
5	Раздел 5. Углеродные нанокластеры и наноструктуры	7	4	0	4				
6	Раздел 6. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур	7	6	0	6				
7	Раздел 7. Магнитные свойства наноструктур	7	4	0	4				
Итого:			30	0	30	0	48	0	

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **Тема 1. Базовые концепции нанотехнологии и классификация нанокластеров и наноструктур**

Миниатюризация в окружающем мире. Подходы к созданию теоретической основы нанотехнологии. Предмет и содержание курса физико-химия нанокластеров и наноструктур. Выход нанотехнологий на государственный уровень. Молекулярные кластеры. Газовые безлигандные кластеры. Источники получения кластеров. Масс-спектрометры и детектирование кластеров. Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры и супрамолекулярные наноструктуры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и наноккомпозиты. Тонкие наноструктурированные пленки. Углеродные нанотрубки.

#### **Тема 2. Поверхность твердых тел. Микроскопические аспекты**

Атомные и молекулярные орбитали. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Примесные атомы на поверхности. Поверхностные центры кислотного и основного типа. Адсорбция. Примеры адсорбции. Катализ. Примеры каталитических превращений с участием поверхности твердого тела и нанокластеров.

#### **Тема 3. Термодинамика поверхностей и границ раздела**

Химический потенциал. Свободная энергия Гиббса и свободная энергия Гемгольца. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела. Структура поверхности и межфазных границ. Нуклеация и рост нанокластеров в нанопорах вещества. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций. Роль границ раздела фаз в формировании свойств наноматериалов.

#### **Тема 4. Кластерные модели**

Микроскопическая модель внутрикластерной атомной динамики. Термодинамическая модель кластера. Квантово-статистическая модель. Компьютерные модели кластеров. Фрактальные модели кластеров. Оболочечные модели кластера. Структурная модель кластера.

#### **Тема 5. Углеродные нанокластеры и наноструктуры**

Углеродные молекулы: природа углеродной связи, новые углеродные структуры. Углеродные кластеры: малые углеродные кластеры и их свойства. Фуллерены: формирование, фрагментация, энергии ионизации и энергия сродства к электрону. Эндоэдральные и экзоэдральные фуллерены. Фуллерены замещения. Фуллериты. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок. Электронные, колебательные и механические свойства нанотрубок. Наноразстройства на основе углеродных нанотрубок.

#### **Тема 6. Физические и химические свойства неорганических нанокластеров и наноструктур**

Молекулярные лигандные кластеры металлов. Свойства металлических молекулярных кластеров. Кластеры на основе оксидов металлов. Свойства оксометаллических молекулярных кластеров. Безлигандные металлические кластеры: кластеры щелочных металлов и серебра, кластеры алюминия, кластеры переходных металлов. Оптические и электрические свойства наноструктур: оптические свойства наносистем, электропроводность наноструктур. Магнитные свойства наноструктур: суперпарамагнетизм, намагниченность нанокластеров и наноструктур, квантовое магнитное туннелирование. Гигантское магнитосопротивление. Магнитные фазовые переходы в наносистемах с изолированными кластерами и в наноструктурах.

#### **Тема 7. Магнитные свойства наноструктур**

Суперпарамагнетизм. Намагниченность нанокластеров и наноструктур, квантовое магнитное туннелирование. Гигантское магнетосопротивление. Магнитные фазовые переходы: наносистемы с изолированными кластерами, наноструктуры.

### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

Каждое занятие подразумевает собой проработку теоретических аспектов темы задания, работу над моментами, которые не понятны студентам и решение практических задач у доски.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Классификация нанокластеров и наноструктур. Термодинамика поверхности.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Поверхность твердых тел.

Микроскопические аспекты.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3 Термодинамика поверхностей и границ раздела.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Кластерные модели.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Углеродные нанокластеры и наноструктуры.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Формирование и свойства коллоидных кластеров и наноструктур.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Магнитные свойства наноструктур.

## 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	Разделы 1-4	ПК-1 Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные	<i>Знает</i> новые научные результаты по электронике и нанoeлектронике  <i>Умеет</i> правильно ставить задачи по направлению электроники и нанoeлектроники, выбирать для исследования необходимые методы, оценивать значимость результатов с точки зрения их результативности и применимости  <i>Владеет</i> навыками применения выбранных методов к решению научных задач по электронике и	УО-3 ПР-2	-

		средства их компьютерного моделирования	нанoeлектронике		
	Разделы 5-7	ПК-3 Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электроники и нанoeлектроники	<p><i>Знает</i> принципы модификации свойств наноматериалов и наноструктур.</p> <p><i>Умеет</i> осуществлять подготовку к процессу модификации свойств наноматериалов и наноструктур</p> <p><i>Владеет</i> навыками проведения процессов модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией.</p>	УО-3 ПР-2	
2	Зачет			-	ПР-2

## **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, оригинальными научными статьями на английском языке и подготовка резюме по ним;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- подготовка к экзамену.

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физико-химия нанокластеров и наноструктур» представлено ниже и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

**План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1-3 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 1 и 2	4 час.	резюме статей по теме
2	4-5 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 3	4 час.	контрольная работа
3	6-7 неделя семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 4	4 час.	резюме статей по теме
4	8-9 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 5	4 час.	контрольная работа
5	10-11 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 6	4 час.	резюме статей по теме
6	12-13 недели семестра	Подготовка к семинарскому занятию по теме 7	5 час.	контрольная работа
7	15-17 неделя семестра	Подготовка устных докладов в виде презентации с рисунками и выводами на основе подготовленных резюме	5 час.	контрольная работа и обзорные доклады по тематике курса
Итого			30 часов	

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

Задания и методические рекомендации для самостоятельной работы обеспечивают подготовку резюме по прочитанным оригинальным статьям, контрольным работам и обзорному докладу по всем статьям в рамках тематике курса лекций «Физико-химия нанокластеров и наноструктур».

Задания выдаются в виде оригинальных статей по курсу читаемых лекций, которые необходимо разобрать к семинарскому занятию и подготовить короткое резюме (2-3) страницы машинописного текста. В семестре каждому обучающемуся выдается 2 научные статьи для освоения материала и подготовки резюме по ним.

## Требования к представлению резюме

Резюме по оригинальным статьям представляет краткую письменную работу с изложением сути рассматриваемой в статье проблемы. Обучаемый самостоятельно проводит анализ этой проблемы и кратко излагает их в резюме в виде выводов и сопоставляет с разобранным в ходе лекций материалами.

Резюме составляется по тематике определенных теоретических вопросов изучаемой дисциплины при использовании научной литературы. Резюме оформляется в соответствии с требованиями Правил оформления письменных работ студентами ДВФУ.

По форме резюме представляет краткое письменное сообщение, имеющее ссылки на источники литературы и краткий терминологический словарь, включающий основные термины и их расшифровку (толкование) по раскрываемой теме (вопросу).

Резюме представляется на проверку в электронном виде, исходя из условий:

- ✓ текстовый документ в формат MS Word;
- ✓ объем – 2-3 компьютерные страницы 1 статье;
- ✓ объем словаря – не менее 7-10 терминов на одно резюме;
- ✓ набор текста с параметрами - шрифт 14, межстрочный интервал 1,5;
- ✓ формат листов текстового документа - А4;
- ✓ *титульный лист* (первый лист документа, без номера страницы) – по заданной форме;
- ✓ *список литературы* по использованным при подготовке резюме источникам, наличие ссылок в тексте резюме на источники по списку.

## **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы**

*Оценивание резюме проводится по критериям:*

- использование данных отечественной и зарубежной литературы, источников Интернет и курса лекций;
- владение методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области;
- отсутствие фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы.

## **Подготовка к контрольным работам**

Подготовка к контрольным работам проводится по тематике лекций в рамках рассмотренных тем. Вопросы выносятся на контрольные работы без их предварительного обсуждения. В семестре проводится 4 контрольных работы. Преподаватель оставляет за собой право проводить короткие по времени контрольные работы (до 10 минут) с письменными ответами на 5 коротких вопросов, сформулированных в строгом соответствии с темами лекционных занятий и планом-графиком.

## **VII. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Пасынков В. В., Чиркин Л. К. Полупроводниковые приборы: учебное пособие для ВУЗов 3-е изд., стер. / В.В. Пасынков. — СПб.: издательство «Лань», 2023. — 480 с.

<https://lanbook.com/catalog/inzhenerno-tekhnicheskie-nauki/poluprovodnikovyye-pribory/>

2. Щука, А. А. Нанoeлектроника: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Щука ; под ред. А. С. Сигова. — 5-е изд., электрон. — М.:

Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — (Нанотехнологии). — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1094369> – Режим доступа: по подписке.

3. Гольдин, Л. Л. Квантовая физика. Вводный курс: учебное пособие [Электронный ресурс] / Л. Л. Гольдин, Г. И. Новикова. - 3-е изд. - Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2019. - 480 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1117881> – Режим доступа: по подписке.

4. Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника [Электронный ресурс] / А. Н. Игнатов. – М.: Издательство «Лань», 2017. — 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/95150>

5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов : в 10 т. Том 9. Статистическая физика. Теория конденсированного состояния. Часть 2 [Электронный ресурс] / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под. ред. Л. П. Питаевского. — 5-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. - 440 с. – URL: <https://znanium.com/catalog/product/1223535> – Режим доступа: по подписке.

6. Барыбин, А. А. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томилин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. – М.: Физматлит, 2011, -783 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

7. Воротынцев, В. М. Базовые технологии микро- и наноэлектроники: учебное пособие / В. М. Воротынцев, В. Д. Скупов. - М.: Проспект, 2018. — 520 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469679>

8. Суздалев И.П. Физико-химия нанокластеров, наноструктури наноматериалов. М.: КомКнига, 2006. - 592 с.

9. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004. - 328 с.

10. Рамбиди Н.Г., Березкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. М.: Физматлит, 2009. - 456 с.

11. Дубровский В.Г. Теоретические основы технологии полупроводниковых наноструктур. Учебное пособие. - СПб.: СПбГПУ, 2006. - 347 с. <http://window.edu.ru/resource/346/63346>

12. Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / Под общ. редакцией Л.Н. Патрикеева. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 431 с.: <http://window.edu.ru/resource/622/64622>

### Дополнительная литература

1. Бобылев, Ю. Н. Физические основы электроники: Учебное пособие / Ю. Н. Бобылев. - М.: Изд-во Московского государственного горного университета, 2005. — 290 с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:359536&theme=FEFU>

2. Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие [Электронный ресурс] / Э. Г. Раков. — 3-е изд., электрон. — М.: Лаборатория знаний, 2020. — 480 с. — (Нанотехнологии). — URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1094379> – Режим доступа: по подписке

3. Головин, Ю. И. Основы нанотехнологий / Ю И. Головин. – М.: Изд. "Машиностроение", 2012, – 656 с. – Режим доступа:

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5793](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5793)

4. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – М.: Физматлит, 2009. — 416 с. – Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/12979.html>

5. Драгунов, В. П. Микро- и наноэлектроника. Учебное пособие для ВУЗов / В. П. Драгунов, Д. И. Остертак — Новосибирск: НГТУ, 2012. — 38 с. – Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/45107.html>

6. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции наноиндустрии : учебное пособие [Электронный ресурс] / О. Д. Анашина, С. Е. Андрюшечкин, С. И. Аневский [и др.] ; под. ред. В. Н. Крутикова. – М.: Логос, 2020. - 592 с. – URL:

<https://znanium.com/catalog/product/1212442> – Режим доступа: по подписке.

7. Основы нано- и функциональной электроники: учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 310 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:727638&theme=FEFU>
8. Суздаев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев. – М.: Либроком, 2013. — 592 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:242083&theme=FEFU>
9. Физика полупроводников и полупроводниковые приборы: Учебное пособие / Н. Н. Панюшкин – Воронеж :ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2015. — 131 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/858616>
10. Щелкачѳв, Н. М. Электрический ток в наноструктурах: кулоновская блокада и квантовые точечные контакты: Учебно-методическое пособие / Н. М. Щелкачѳв, Я. В. Фоминов. - М.: МФТИ, 2010. — 39 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/539/73539>
11. Нанотехнологии в физике. Изучение структурных типов углеродных нанотрубок: учебно-методическое пособие / Воронеж. гос. ун-т; сост.: Л.А. Битюцкая, Е.С. Машкина, Е.Н. Бормонтов. - Воронеж : ЛОП ВГУ, 2006. - 38 с. <http://window.edu.ru/resource/528/73528>
12. Яценко О.Б., Чудотворцев И.Г., Шаров М.К. Основы физики и химии полупроводников: Учебное пособие. Ч.2. - Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2007. - 50 с. <http://window.edu.ru/resource/282/59282>
13. Цыренова С.Б., Дубинина О.Л. Устойчивость и стабилизация микрогетерогенных систем: Конспект лекций по коллоидной химии. - Улан-Удѳ: Издательство ВСГТУ, 2006. - 60 с. <http://window.edu.ru/resource/598/40598>
14. Вережников В.Н. Организованные среды на основе коллоидных поверхностно-активных веществ: Учебно-методическое пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. - 74 с. <http://window.edu.ru/resource/381/65381>
15. Ключев С.А. Макромолекулы: Монография. - Геленджик: ЮО ИО РАН, 2012. - 121 с. <http://window.edu.ru/resource/756/76756>
16. Коншина Е.А. Аморфный гидрогенизированный углерод и применение его в оптических устройствах: Монография. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. - 91 с. <http://window.edu.ru/resource/738/72738>

17. Бобыль А.В., Карманенко С.Ф. Физико-химические основы технологии полупроводников. Пучковые и плазменные процессы в планарной технологии: Учебное пособие. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. - 113 с. <http://window.edu.ru/resource/345/63345>

18. Юраков Ю.А. Получение тонких пленок сложного состава методом испарения и конденсации в вакууме: Учебно-методическое пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. - 18 с.  
<http://window.edu.ru/resource/535/65535>

19. Физическое металловедение. Под редакцией Кана. Т. 1, 2, 3. // М., Мир, 1967, 1986.

20. Чистяков Ю.Д., Райнова Ю.П. Физико-химические основы технологии микроэлектроники.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Нанотехнологии в России <http://www.nanonewsnet.ru>
2. Российский электронный наножурнал <http://www.nanorf.ru>
3. Проект о современной фундаментальной науке «ПостНаука»  
<http://postnauka.ru>
4. Нанотехнологическое общество «Нанометр»  
<http://www.nanometer.ru>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение: Microsoft Teams, Microsoft Office (Power Point, Word), Blackboard Learn, программное обеспечение сервисов сайта ДВФУ, включая ЭБС ДВФУ.

Информационно справочные системы и профессиональные базы данных:

1. ЭБС ДВФУ - <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

2. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Консультант студента»: <http://www.studentlibrary.ru>
4. Электронная библиотечная система «eLIBRARY.RU»: <http://www.elibrary.ru/>
5. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <http://www.urait.ru/ebs>
6. Электронная библиотечная система «Znanium»: <http://znanium.com/>
7. Электронная библиотечная система IPRbooks: <http://iprbookshop.ru/>
8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>
9. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.ur01>
10. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
11. Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам" - <http://window.edu.ru/>
12. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ - <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

## **VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных работ и резюме по научным статьям в рамках тематики лекций.

Освоение дисциплины «Физико-химия нанокластеров и 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 «Физико-химия нанокластеров и 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
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус А, ауд. – 1042. Аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ppt.; - лицензия на право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право

	<p>PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскочечатных текстов PEarl; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, аудитории для лекционных и практических занятий.</p>	<p>Лекционные аудитории, оснащенные проектором, экраном для проецирования изображения проектора, двусторонней доской для маркеров и мела.</p>	