

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники**

Авторы-составители: **Спивак Лев Волькович**  
**Волынцев Анатолий Борисович**

Рабочая программа дисциплины

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ МИКРО- И  
НАНОТЕХНОЛОГИИ**

Код УМК 93717

Утверждено  
Протокол №9  
от «13» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника  
направленность Материалы микро- и наносистемной техники

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**28.03.01** Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность : Материалы микро- и наносистемной техники)

**ПК.2** Способен контролировать и прогнозировать физические свойства материалов с помощью различных инструментальных методов и компьютерного моделирования

#### **Индикаторы**

**ПК.2.1** Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники

**ПК.2.2** Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов

**ПК.4** Способен проектировать и сопровождать изготовление опытных партий новых объектов нанотехнологий и элементов микросистемной техники

#### **Индикаторы**

**ПК.4.1** Применяет численные методы конструирования новых объектов нанотехнологий и микросистемной техники

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (3)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Раздел 1. Наночастицы, наноструктуры, наноматериалы.**

Классификация нанообъектов. Нульмерные, одномерные, двумерные, трехмерные структуры. Квантовые точки, квантовые проволоки и квантовые ямы. Нанообъекты в твердом веществе, в жидкостях и газах. Металлические и молекулярные кластеры. Супрамолекулярные структуры. Коллоидные кластеры и наноструктуры. Нанокристаллы. Тонкие пленки. Углеродные наноматериалы. Нанокompозитные материалы. Биологические наноматериалы.

### **Раздел 2. Общая характеристика наносостояния**

Принципы структурной организации нанообъектов:

Метрический принцип. Принцип допустимости некристаллографических осей симметрии. Неевклидовы наноструктуры и живая материя. Модулярный принцип структурной иерархии. Принцип структурной неоднородности сложноорганизованных наночастиц.

Особенности наноструктуры:

Основные особенности наноструктур. Границы раздела фаз. Структура поверхности и межфазных границ. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Микроструктура компактных нанокристаллических материалов. Особенности структуры субмикрокристаллических металлов. Наноструктура неупорядоченных систем.

Особенности проявления размерных эффектов в наносистемах:

Физические причины специфики наноматериалов. Общая характеристика. Размерные эффекты квантовых наноструктур.

Равновесие в наносистемах:

Квазиравновесие в наносистемах. Устойчивость нанообъектов. Кинетика процессов в наносистемах.

### **Раздел 3. Физико-химические свойства наночастиц, наноматериалов**

Электронные свойства кластеров: Электронное строение. Атомные и молекулярные орбитали.

Электронные состояния для трехмерных, двумерных, одномерных и нульмерных структур. Магические числа. Модель желе.

Свойства наночастиц: Структурные и фазовые превращения. Период решетки. Фононный спектр, температура плавления и теплоемкость. Магнитные свойства наночастиц. Суперпарамагнетизм. Оптические свойства металлических и полупроводниковых наночастиц. Плазмонный резонанс. Реакционная способность наночастиц. Биологические свойства наночастиц.

Фотонные кристаллы: Размерность фотонных кристаллов. Фотонные запрещенные зоны. Основы теории фотонных кристаллов. Материалы для фотонных кристаллов.

Свойства тонких пленок и поверхностных слоев: Полупроводниковые и сенсорные свойства. Оптические свойства. Физико-механические свойства.

Свойства углеродных и неорганических нанотрубок, нанопроволок: Одностенные и многостенные нанотрубки. Физические свойства углеродных нанотрубок: механические, электрические, эмиссионные, магнитные, термические и другие. Химические свойства углеродных нанотрубок: реакции окисления, присоединения и замещения, заполнение внутренних полостей, адсорбционные свойства. Свойства неорганических нанотрубок и нанопроволок.

Свойства супрамолекулярных ансамблей и устройств: Электронное строение и модели описания. Понятие о связности. Молекулярные и супрамолекулярные переключатели. Дендримеры и супрамолекулярные дендримеры.

#### **Раздел 4. Области применения наноматериалов**

Применение материалов в промышленности: Конструкционные и инструментальные наноматериалы. Наноматериалы триботехнического назначения.

Функциональные наноматериалы: Пористые материалы и материалы со специальными физико-химическими свойствами. Наносенсоры. Фотоника. Устройства на квантовых точках. Материалы для наноэлектроники. Электронные механические системы (MEMS). Водородные аккумуляторы. Магнитные наноматериалы.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Спивак Л. В., Щепина Н. Е. Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии. учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению по подготовки бакалавров и магистров "Нанотехнологии и микросистемная техника" Ч. 1/Л. В. Спивак, Н. Е. Щепина ; М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3230-5.-200.- Библиогр.: с. 199 <https://elis.psu.ru/node/563284>
2. Спивак Л. В. Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии. учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2/Л. В. Спивак, Н. Е. Щепина ; М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т.- Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3393-7 (Ч. 2).-185.-Библиогр.: с. 182 <https://elis.psu.ru/node/593277>

### Дополнительная:

1. Нанотехнологии в электронике/под ред. Ю. А. Чаплыгина.-Москва:Техносфера,2015.Вып.3.-2005.-479, ISBN 978-5-94836-422-3.-Библиогр. в конце глав
2. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 196 с. — ISBN 978-5-4486-0164-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/73346.html>
3. Нанотехнологии в электронике. Выпуск 2 / Е. А. Артамонова, А. Г. Балашов, А. Н. Белов [и др.] ; под редакцией Ю. А. Чаплыгин. — Москва : Техносфера, 2013. — 688 с. — ISBN 978-5-94836-353-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/32025.html>



## 9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<http://www.iprbookshop.ru/57620.html> Методические указания к практическим занятиям

<http://www.iprbookshop.ru/63530.html> Физико-химические основы нанотехнологий

<http://www.iprbookshop.ru/73346.html> Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС) ;
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

1. Операционная система "ALT Linux".
2. Приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC».
3. Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель) «WindowsMediaPlayer».
4. Программа просмотра интернет контента (браузер) «Google Chrome» или аналогичных.
5. Офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой или маркерной доской.

Лабораторные работы проходят в Лаборатории материаловедения, оснащенной специализированным оборудованием. Состав оборудования определен в Паспорте лаборатории.

Групповые (индивидуальные) консультации проводятся в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

Текущий контроль осуществляется в аудитории, оснащенной меловой (и) или маркерной доской.

К помещениям для самостоятельной работы студентов относятся:

- Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

- Операционная система ALT Linux;
- Офисный пакет Libreoffice.
- Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.2**

**Способен контролировать и прогнозировать физические свойства материалов с помощью различных инструментальных методов и компьютерного моделирования**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.2.1</b> Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники</p>	<p>Знает и использует современное состояние научных исследований и разработок в области наноматериалов в своей профессиональной деятельности. Знает влияние межфазных границ и размерного фактора на свойства нанобъектов; классификацию нанобъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает современное состояние научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанобъектов; классификацию нанобъектов и их физические, химические и биологические свойства</p> <p>Не умеет выбирать необходимые методы исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанобъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует отсутствие навыков владения современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанобъектов с учетом размерного фактора.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует общие, но не структурированные знания о современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>фактора на свойства нанобъектов; классификацию нанобъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанобъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует не полное владение основными современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно- технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.</p> <p>навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанобъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанобъектов;</p> <p>классификацию нанобъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанобъектов с</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>учетом современного представления наук о материалах. Демонстрирует хорошее, но не полное владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует сформированные систематические знания о: современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства. Демонстрирует сформированные систематические знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах. Демонстрирует полное владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p>
<p><b>ПК.2.2</b> Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов</p>	<p>Умеет выбирать необходимые методы исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования. Интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает современное состояние научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства Не умеет выбирать необходимые методы исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует отсутствие навыков владения современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует общие, но не структурированные знания о современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует не полное владение основными современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.</p> <p>навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов;</p> <p>классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует хорошее, но не полное</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;  навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.  навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует сформированные систематические знания о: современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов;  классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.  Демонстрирует сформированные систематические знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования;  интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.  Демонстрирует полное владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;  навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.  навыками проведения исследования</p>



Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p>

#### ПК.4

#### Способен проектировать и сопровождать изготовление опытных партий новых объектов нанотехнологий и элементов микросистемной техники

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.4.1</b> Применяет численные методы конструирования новых объектов нанотехнологий и микросистемной техники</p>	<p>Владеет современными методами обработки полученных результатов, их анализом и осмыслением с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает современное состояние научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства Не умеет выбирать необходимые методы исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует отсутствие навыков владения современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Демонстрирует общие, но не структурированные знания о современном состоянии научных исследований и</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует частично сформированное знание о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует не полное владение основными современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.</p> <p>навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов; классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования; интерпретировать результаты, полученные в</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует хорошее, но не полное владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;</p> <p>навыками составления обзоров научно-технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий.</p> <p>навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Демонстрирует сформированные систематические знания о: современном состоянии научных исследований и разработок в области наноматериалов, о влиянии межфазных границ и размерного фактора на свойства нанообъектов;</p> <p>классификацию нанообъектов и их физические, химические и биологические свойства.</p> <p>Демонстрирует сформированные систематические знания о выборе необходимых методов исследования наноструктурных материалов, исходя из задач конкретного исследования;</p> <p>интерпретировать результаты, полученные в результате изучения наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом современного представления наук о материалах.</p> <p>Демонстрирует полное владение современными методами обработки полученных результатов, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;</p> <p>навыками составления обзоров научно-</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> технической литературы по наноматериалам с привлечением современных информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС 2020

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.2.1</b> Использует в своей профессиональной деятельности соотношения и взаимосвязи между структурой материалов и их физическими свойствами для достижения требуемых рабочих параметров объектов микро- и наносистемной техники	Раздел 2. Общая характеристика наносостояния <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Классификация нанобъектов. Нанобъекты в твердом веществе, в жидкостях и газах. Особые физические, химические и биологические свойства нанобъектов и наноструктурированных систем. Границы раздела фаз. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Зависимость свойств от размера частиц. Поведение наночастиц при спекании.
<b>ПК.2.2</b> Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов	Раздел 3. Физико-химические свойства наночастиц, наноматериалов <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Электронные свойства кластеров. Свойства наночастиц. Фотонные кристаллы. Свойства тонких пленок и поверхностных слоев. Свойства супрамолекулярных ансамблей и устройств
<b>ПК.4.1</b> Применяет численные методы конструирования новых объектов нанотехнологий и микросистемной техники	Раздел 4. Области применения наноматериалов <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в различных отраслях промышленности. Микросистемная техника. Медицина. Материаловедение. Биология. Сельское хозяйство. Военная техника. Авиакосмические разработки.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Раздел 2. Общая характеристика наносостояния

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**  
 Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает особые физические, химические и биологические свойства нанобъектов	13
Знает классификацию нанобъектов в твердом веществе, в жидкостях и газах.	10
Знает роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов.	10
Знает зависимость свойств от размера частиц. Поведение наночастиц при спекании.	7

### **Раздел 3. Физико-химические свойства наночастиц, наноматериалов**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**  
 Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знание физических, химических, биологические свойства нанобъектов: наночастиц, фуллеренов, нанотрубок и нанопроволок, аморфных неорганических наноструктур; неорганических и органических композиционных материалов, нанопористых тел, молекулярных сит, супрамолекулярных ансамблей и устройств, тонких пленок и поверхностных слоев, мицеллярных систем и микроэмульсий, жидких кристаллов, аэрозолей, золь, гелей, липосом, биомембран и другие нанобъектов биологического происхождения.	13
Знание свойств тонких пленок и поверхностных слоев	10
Знание свойств фотонных кристаллов: размерность, запрещенные зоны. Материалы.	10
Знание свойств углеродных материалов (физических, электрических, механических, оптических, магнитных и др.)	7

### **Раздел 4. Области применения наноматериалов**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**  
 Проходной балл: **9**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знает сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в микросистемной технике.	6
Знает сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в военной технике и авиакосмических разработках.	5
Знает сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в медицине и биологии.	5
Знает сложившиеся и перспективные области применения наноматериалов в материаловедении и сельском хозяйстве.	4