

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нанотехнологий и микросистемной техники

Авторы-составители: **Спивак Лев Волькович**
Волинцев 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

| | |
|---|--|
| Направления подготовки | 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника (направленность: Материалы микро- и наносистемной техники) |
| форма обучения | очная |
| №№ триместров, выделенных для изучения дисциплины | 10 |
| Объем дисциплины (з.е.) | 3 |
| Объем дисциплины (ак.час.) | 108 |
| Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе: | 42 |
| Проведение лекционных занятий | 14 |
| Проведение практических занятий, семинаров | 28 |
| Самостоятельная работа (ак.час.) | 66 |
| Формы текущего контроля | Защищаемое контрольное мероприятие (3) |
| Формы промежуточной аттестации | 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 подготовке 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.

Практические занятия 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

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|---|--|---|
| <p>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</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">Неудовлетворител</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">Удовлетворительн</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;">Удовлетворительн</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;">Хорошо</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;">Хорошо</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;">Отлично</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;">Отлично</p> <p>информационных технологий. навыками проведения исследования наночастиц, наноматериалов и других нанообъектов с учетом размерного фактора.</p> |
| <p>ПК.2.2 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;">Неудовлетворител</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;">Удовлетворительн</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;">Удовлетворительн</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;">Хорошо</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;">Хорошо</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;">Отлично</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">Отлично</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>ПК.4.1 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">Неудовлетворител</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">Удовлетворительн</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;">Удовлетворительн</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;">Хорошо</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;">Хорошо</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;">Отлично</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> |

| Компетенция (индикатор) | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения |
|------------------------------------|--|--|
| | | Отлично 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 : Базовая

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 |
|---|--|---|
| 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 | Раздел 2. Общая характеристика наносостояния Защищаемое контрольное мероприятие | 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. |
| ПК.2.2 Применяет современные, как инструментальные, так и компьютерные методы изучения и прогнозирования свойств материалов | Раздел 3. Физико-химические свойства наночастиц, наноматериалов Защищаемое контрольное мероприятие | Электронные свойства кластеров. Свойства наночастиц. Фотонные кристаллы. Свойства тонких пленок и поверхностных слоев. Свойства супрамолекулярных ансамблей и устройств |
| ПК.4.1 Применяет численные методы конструирования новых объектов нанотехнологий и микросистемной техники | Раздел 4. Области применения наноматериалов Защищаемое контрольное мероприятие | 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**

| Показатели оценивания | Баллы |
|---|-------|
| Знает особые физические, химические и биологические свойства нанообъектов | 13 |
| Знает классификацию нанообъектов 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**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| Знание физических, химических, биологические свойства нанообъектов: 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 нанообъектов 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**

| Показатели оценивания | Баллы |
|--|-------|
| 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 |