

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКО-ХИМИЯ НАНОЧАСТИЦ И НАНОМАТЕРИАЛОВ**


|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>   | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                 | <b>Б1.Ч.14</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>               | <b>8 семестр - 3;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                | <b>108 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>  | <b>8 семестр - 28 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>                            | <b>8 семестр - 14 часов;</b>                                    |
| <b>Лабораторные работы</b>                             | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>                                    | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                          | <b>8 семестр - 65,7 часа;</b>                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>                            | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>                          | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b><br><b>Реферат</b><br><b>Коллоквиум</b> |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                       |   |
| <b>Зачет с оценкой</b>                                 | <b>8 семестр - 0,3 часа;</b>                                    |

**Москва 2022**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|   | Владелец   | Михайлова И.А.                  |
|   | Идентификатор                                      | R6487a0ab-MikhailovaIA-f37cba00 |

(подпись)


И.А. Михайлова

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |  |                                |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|   | Владелец   | Дмитриев А.С.                  |
|   | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29 |


(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                           |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                           |
|   | Владелец   | Пузина Ю.Ю.               |
|   | Идентификатор                                      | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физико-химических особенностей строения и свойств наночастиц и наноматериалов, методов их исследования, формирование представлений об областях применения нанообъектов

### Задачи дисциплины

- изучение физико-химических свойств наночастиц и композитов на их основе;
- ознакомление с методами получения нанокластеров и наноструктур, свойствами и применением наноматериалов и устройств для нанотехнологий;
- освоение методов исследования состава и свойств наночастиц и композитов на их основе;
- приобретение навыков применения этих методов при работе на современном нанотехнологическом оборудовании в научной и инженерной практике.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|--|---|---|
| ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах | ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов                                  | знать:<br>- основные методы исследования наночастиц и наноматериалов;<br>- основные физико-химические особенности строения и свойств наночастиц и их отличие от компактных материалов;<br>- основные физико-химические свойства наночастиц и наноструктур, размерные эффекты.<br><br>уметь:<br>- работать с современным нанотехнологическим оборудованием;<br>- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию об исследовании нанообъектов;<br>- самостоятельно разбираться в методиках исследования наночастиц и нанокompозитов и применять их для решения поставленной задачи. |
| ПК-4 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств                                  | ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Способен анализировать процессы тепломассопереноса, возникающие в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях | знать:<br>- особенности свойств наноструктур и наноматериалов;<br>- методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем.<br><br>уметь:<br>- проводить исследования и контролировать процессы тепломассопереноса в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях;<br>- находить подходы к решению  |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения   |
|--------------------------------|--|---|
|                                |  | фундаментальных и прикладных задач физико-химии наночастиц с применением современных методов исследования и анализа современной научной литературы. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Химия
- знать Технология материалов
- знать Физика конденсированного состояния
- знать Физика твердого тела
- знать Математика

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации         | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания  |  |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|--|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |  |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |  |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |  |
| 1     | Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах | 14                    | 8       | 4  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 5-55<br/>[2], 20-44<br/>[4], 13-31<br/>[6], 40-52<br/>[7], 12-33</p> |  |
| 1.1   | Что такое нанонаука/наука о наноструктуре                      | 7                     |         | 2  | -   | 1  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |  |
| 1.2   | Особенности физических и химических свойств                    | 7                     |         | 2  | -   | 1  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |  |
| 2     | Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур      | 20                    |         | 6  | -   | 2  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 |   | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 142-186<br/>[2], 5-19<br/>[3], 58-75<br/>[5], 16-37, 396-414</p> |
| 2.1   | Технологический подход «сверху-вниз»                           | 7                     |         | 2  | -   | 1  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |  |
| 2.2   | Технологии «снизу вверх»                                       | 7                     |         | 2  | -   | 1  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |  |
| 2.3   | Методы определения устойчивости дисперсных систем              | 6                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 4                 | -                                 |   |  |
| 3     | Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов       | 20                    |         | 6  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 10                | -                                 |   | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов"</p>   |
| 3.1   | Фундаментальная  | 4                     | 2       | -  | -   | -  | -            | - | -   | -  | 2  | -                 |                                   |   |  |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|     | связь: химический состав–атомная структура–микроструктура–макро-свойства                    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 56-140<br>[5], 396-435   |
| 3.2 | Оптические свойства наночастиц и наноструктур: нанофотоника                                 | 5  | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - |   |
| 3.3 | Тепловые свойства наночастиц  | 5  | 1 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - |   |
| 3.4 | Магнитные свойства и их природа   | 3  | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |   |
| 3.5 | Методы исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности | 3  | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - |   |
| 4   | Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур                                    | 12 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур" |
| 4.1 | Общие механизмы гомогенной и гетерогенной нуклеации   | 2  | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 141-186  |
| 4.2 | Модели роста объемных структур (кристаллов)   | 4  | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - | [2], 45-57<br>[3], 22-39<br>[4], 95-139   |
| 4.3 | Самосборка нуль-мерных структур в упорядоченные массивы                                     | 2  | 1 | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - |   |
| 4.4 | Углеродные наноструктуры  | 4  | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | 2 | - |   |
| 5   | Физико-химия разрушения наноструктур  | 12 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 6 | - | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу  |

|     |   |              |           |          |           |          |          |          |          |            |             |             |  |
|-----|---|--------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------------|-------------|--|
| 5.1 | Особенности устойчивости нанодисперсных систем                                    | 12           | 4         | -        | 2         | -        | -        | -        | -        | -          | 6           | -           | "Физико-химия разрушения наноструктур"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 200-226<br>[2], 58-72<br>[3], 43-53   |
| 6   | Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов | 12           | 4         | -        | 2         | -        | -        | -        | -        | -          | 6           | -           | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов" |
| 6.1 | Применение полупроводящих наноструктур  | 6            | 2         | -        | 1         | -        | -        | -        | -        | -          | 3           | -           | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], 58-75   |
| 6.2 | Влияние нанотехнологий на традиционную электронику                                | 6            | 2         | -        | 1         | -        | -        | -        | -        | -          | 3           | -           | [4], 263-322<br>[6], 228-244, 335-337, 514-526<br>[7], 150-174   |
|     | Зачет с оценкой   | 18.0         | -         | -        | -         | -        | -        | -        | -        | 0.3        | -           | 17.7        |  |
|     | <b>Всего за семестр</b>   | <b>108.0</b> | <b>28</b> | <b>-</b> | <b>14</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>48</b>   | <b>17.7</b> |  |
|     | <b>Итого за семестр</b>   | <b>108.0</b> | <b>28</b> | <b>-</b> | <b>14</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>0.3</b> | <b>65.7</b> |             |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах

##### 1.1. Что такое наноука/наука о наноструктуре

Цели и задачи дисциплины. Развитие представлений о наносостоянии вещества. Основные характеристики и классификация наночастиц и наноструктур. Особенности строения нанообъектов – нанометровая архитектура. Измерение размера частицы.

##### 1.2. Особенности физических и химических свойств

Характеристики наносистем. Примеры наноструктур и наноматериалов. Особенности физических, химических и биологических свойств нанообъектов и наноструктурированных материалов. Классические и квантовые размерные эффекты. Классификация физико-химических методов исследования.

#### 2. Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур

##### 2.1. Технологический подход «сверху-вниз»

Физические методы. Диспергирование твердых тел и жидкостей. Литография. Механическая обработка.

##### 2.2. Технологии «снизу вверх»

Химический синтез. Физическое осаждение из газовой фазы. Химическое осаждение из газовой фазы. Плазменное осаждение. Магнетронное напыление. Молекулярно-пучковая эпитаксия. Жидкофазные методики. Методы золь-гель. Упорядочение наносистем.

##### 2.3. Методы определения устойчивости дисперсных систем

Структурно-энергетическое состояние наночастиц, нанопорошков. Особенности устойчивости нанодисперсных систем. Обоснованность методов стабилизации наночастиц. Процессы, протекающие при стабилизации. Особенности методов стабилизации. Влияние матрицы-стабилизатора на свойства наночастиц.

#### 3. Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов

3.1. Фундаментальная связь: химический состав–атомная структура–микроструктура–макро-свойства

Роль поверхности и размерных эффектов в формировании макросвойств. Механические свойства. Упругость в нанонаномасштабах. Жесткость и прочность, пластичность и вязкость, ползучесть и суперпластичность.

##### 3.2. Оптические свойства наночастиц и наноструктур: нанофотоника

Электронные и оптические свойства наночастиц, нанопроволок и нанотрубок. Наноплазмоника и оптические свойства. Фотонные кристаллы и их электромагнитные свойства. Метаматериалы.

##### 3.3. Тепловые свойства наночастиц

Теплоперенос в нанопроволоках. Тепловые процессы в нанотрубках. Теплопроводность графена. Перенос тепла в нанокompозитах.

##### 3.4. Магнитные свойства и их природа



Магнитное упорядочение. Ферро-, антиферро- ферри-, пара-, диамагнетизм. Нанокompозитные мягкие магнитные материалы. Суперпарамагнетизм наночастиц.

3.5. Методы исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности

Примеры исследования и измерения физических свойств наночастиц и нанокompозитов.

#### 4. Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур

4.1. Общие механизмы гомогенной и гетерогенной нуклеации

Зародыши и их рост в паровой, жидкой и твердой фазе. Механизмы и термодинамические основы зародышеобразования, роста и агломерации нанокластеров металлов.

4.2. Модели роста объемных структур (кристаллов)

Механизмы роста на поверхности. Механизмы роста нуль-мерных структур (квантовых точек, нанокластеров, наночастиц, фуллеренов).

4.3. Самосборка нуль-мерных структур в упорядоченные массивы

Одномерные и квазиодномерные наноструктуры (нановискеры и нанопроволоки): механизмы и кинетика роста, морфология.

4.4. Углеродные наноструктуры

Двумерные наноструктуры: тонкие пленки, графен.

#### 5. Физико-химия разрушения наноструктур

5.1. Особенности устойчивости нанодисперсных систем

Основные виды и механизмы разрушения наноструктур. Механическое разрушение. Условия разрушения протекающим током. Химическое разрушение и деградация. Неустойчивость и разрушение регулярных наноструктур. Термогидродинамика при испарении в наноструктурах. Разрушение под влиянием электронных и ионных пучков.

#### 6. Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов

6.1. Применение полупроводящих наноструктур

Квантовые каскадные лазеры. Оптические запоминающие устройства. Фотонные структуры. Устройства на основе кулоновской блокады.

6.2. Влияние нанотехнологий на традиционную электронику

Неорганические наноматериалы: поглотители УФ-излучения, магнитные приложения, покрытия. Углеродные нанотрубки: транзисторы, автоэлектронная эмиссия, механическое упрочнение, топливные элементы. Материалы для молекулярной электроники.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Описание аппаратуры. Устройство электронных сканирующих просвечивающих микроскопов и их модификации. Возможности и ограничения методов исследования. Особенности приготовления образцов для исследования. Определение элементного состава и

- топологии поверхности нанокомпозитов с помощью сканирующей электронной микроскопии. Примеры исследования нано- и микрообъектов;
2. Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Изучение процесса роста тонких пленок, методов получения тонких пленок и метода измерения скорости напыления; измерения толщины напыленной пленки с помощью кварцевого датчика толщины;
  3. Оборудование для исследования физико-химических свойств наночастиц и наноматериалов методами электронной и ионной спектроскопии. Изучение основных элементов и приборов экспериментальных установок для выполнения исследований физико-химических свойств наночастиц и наноматериалов методами электронной и ионной спектроскопии;
  4. Исследование химического состава наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Изучение процессов взаимодействия фотонов рентгеновской длины волны с атомами поверхности наноматериалов и наночастиц; ознакомление с особенностями получения и использования рентгеновского излучения для проведения измерений методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), а также с принципом работы рентгеновского источника излучения со спаренным анодом. Приобретение практических навыков интерпретации спектров РФЭС, полученных на модуле Электронно-ионной спектроскопии НаноФаб25 НИУ МЭИ для определения химического состава исследуемых мишеней;
  5. Оже-электронная спектроскопия наночастиц и наноматериалов. Изучение устройства электронных пушек установки НаноФаб 25, изучение неизлучательных оже-процессов, получение и интерпретация спектров оже-электронов, получение данных о химическом составе наночастиц и поверхности наноматериалов;
  6. Подготовка образцов к исследованию с помощью атомно-силовой и зондовой микроскопии., проведение исследований. Обработка данных атомно-силовой и туннельной микроскопии и их интерпретация. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и нанопористых материалов. Примесные атомы на поверхности. Электронные и магнитные свойства поверхности.

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химия разрушения наноструктур"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ** Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                         | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)   |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |   |   |   |   |   |   |  |
| основные физико-химические особенности строения и свойств наночастиц и их отличие от компактных материалов | ИД-3ПК-3         |   |   | + |   |   |   | Реферат/Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата  |
| основные методы исследования наночастиц и наноматериалов   | ИД-3ПК-3         |   | + |   |   |   |   | Коллоквиум/Отчет по исследовательской лабораторной работе: Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Выполнение расчетного задания. Коллоквиум по методам исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности   |
| основные физико-химические свойства наночастиц и наноструктур, размерные эффекты                           | ИД-3ПК-3         | +   |   |   |   |   |   | Реферат/Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров. Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов для исследования.   |
| методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем                                     | ИД-1ПК-4         |   | + |   |   |   |   | Коллоквиум/Отчет по исследовательской лабораторной работе: Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Выполнение расчетного задания. Коллоквиум по методам исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности<br><br>Реферат/Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров. Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов |

|   |          |  |  |  |  |  |   |   |
|---|----------|--|--|--|--|--|---|---|
|   |          |  |  |  |  |  |   | для исследования.   |
| особенности свойств наноструктур и наноматериалов   | ИД-1ПК-4 |  |  |  |  |  | + | Коллоквиум/Отчет по исследовательской лабораторной работе: Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Выполнение расчетного задания. Коллоквиум по методам исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанобъектов и поверхности   |
| <b>Уметь:</b>   |          |  |  |  |  |  |   |   |
| самостоятельно разбираться в методиках исследования наночастиц и нанокompозитов и применять их для решения поставленной задачи  | ИД-3ПК-3 |  |  |  |  |  | + | Коллоквиум/Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере  |
| осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию об исследовании нанобъектов  | ИД-3ПК-3 |  |  |  |  |  | + | Коллоквиум/Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере  |
| работать с современным нанотехнологическим оборудованием  | ИД-3ПК-3 |  |  |  |  |  | + | Реферат/Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата   |
| находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач физико-химии наночастиц с применением современных методов исследования и анализа современной научной литературы | ИД-1ПК-4 |  |  |  |  |  | + | Коллоквиум/Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере<br>Реферат/Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата |
| проводить исследования и контролировать процессы теплопереноса в  | ИД-1ПК-4 |  |  |  |  |  | + | Коллоквиум/Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения   |

|   |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях</p> |  |  |  |  |  |  | <p>физико-химических свойств наноматериалов.<br/>         Определение состава вакуума в аналитической камере<br/>         Реферат/Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание.<br/>         Подготовка реферата</p> |
|---|--|--|--|--|--|--|--|

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**8 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Отчет по исследовательской лабораторной работе: Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Выполнение расчетного задания. Коллоквиум по методам исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности (Коллоквиум)

Форма реализации: Проверка задания

1. Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере (Коллоквиум)  
2. Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата (Реферат)

Форма реализации: Устная форма

1. Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров. Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов для исследования. (Реферат)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №8)*

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Дмитриев, А. С. Физико-химия наноструктур : учебное пособие по курсам "Физико-химия наночастиц и наноматериалов", "Тепловые процессы в наноструктурах", "Химия наноструктур. Часть 2" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" по профилю "Нанотехнологии и наноматериалы для энергетики" / А. С. Дмитриев, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 240 с. - ISBN 978-5-7046-1356-5 .  
[http://elibr.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631](http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631);
2. Батраков, А. А. Исследование физико-химических свойств наноструктурированных материалов. Часть 1 : учебное пособие по курсу "Физико-химия наночастиц и наноматериалов" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. А. Батраков, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 76 с. - ISBN 978-5-

7046-1743-3 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8175](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8175);

3. Батраков, А. А. Исследование физико-химических свойств наноструктурированных материалов. Часть 2 : учебное пособие по курсу "Физико-химия наночастиц и наноматериалов" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / А. А. Батраков, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-1807-2 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9501](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9501);

4. Старостин, В. В. Материалы и методы нанотехнологии : учебное пособие / В. В. Старостин ; Общ. ред. Л. Н. Патрикеев . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 . – 431 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-947747-27-0 .;

5. Суздалев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев . – 2-е изд., испр . – М. : Эдиториал УРСС, 2009 . – 592 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему) . - ISBN 978-5-397-00217-2 .;

6. Научные основы нанотехнологий и новые приборы : учебник-монография : пер. с англ. / Ред. Р. Келсалл, А. Хамли, М. Геогеган . – Долгопрудный : Интеллект, 2011 . – 528 с. - ISBN 978-5-91559-048-8 .;

7. Андриевский, Р. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / Р. А. Андриевский . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 . – 252 с. – (Нанотехнологии) . - ISBN 978-5-9963-0622-0 ..

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office;
2. Windows.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование      | Оснащение   |
|---|------------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | М-409/2,<br>Аудитория каф.<br>"НТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор                        |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ            | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | М-409/2,<br>Аудитория каф.<br>"НТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор                        |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ            | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | М-409/2,<br>Аудитория каф.<br>"НТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор                        |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ            | сервер, кондиционер   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | М-411/1,<br>Компьютерный класс     | стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный              |
| Помещения для консультирования  | М-423/1,<br>Аудитория каф.<br>"НТ" | стул, стол письменный   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | М-407/1, Кладовая                  | стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Физико-химия наночастиц и наноматериалов

(название дисциплины)

## 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров. Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов для исследования. (Реферат)
- КМ-2 Отчет по исследовательской лабораторной работе: Получение тонких пленок методом магнетронного распыления. Выполнение расчетного задания. Коллоквиум по методам исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанобъектов и поверхности (Коллоквиум)
- КМ-3 Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата (Реферат)
- КМ-4 Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---|------------|------|------|------|------|
|               |   | Неделя КМ: | 4    | 8    | 12   | 16   |
| 1             | Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах                            |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Что такое нанонаука/наука о наноструктуре   |            | +    |      |      |      |
| 1.2           | Особенности физических и химических свойств   |            | +    |      |      |      |
| 2             | Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур                                 |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Технологический подход «сверху-вниз»  |            |      | +    |      |      |
| 2.2           | Технологии «снизу вверх»  |            |      | +    |      |      |
| 2.3           | Методы определения устойчивости дисперсных систем   |            | +    | +    |      |      |
| 3             | Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов                                  |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Фундаментальная связь: химический состав–атомная структура–микроструктура– макро-свойства |            |      |      | +    |      |
| 3.2           | Оптические свойства наночастиц и наноструктур: нанофотоника                               |            |      |      |      | +    |
| 3.3           | Тепловые свойства наночастиц  |            |      |      | +    | +    |

|            |  |    |    |    |    |
|------------|--|----|----|----|----|
| 3.4        | Магнитные свойства и их природа  |    |    |    | +  |
| 3.5        | Методы исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанобъектов и поверхности |    |    |    | +  |
| 4          | Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур                                   |    |    |    |    |
| 4.1        | Общие механизмы гомогенной и гетерогенной нуклеации  |    | +  |    |    |
| 4.2        | Модели роста объемных структур (кристаллов)  |    | +  |    |    |
| 4.3        | Самосборка нуль-мерных структур в упорядоченные массивы                                    |    | +  |    |    |
| 4.4        | Углеродные наноструктуры   |    | +  |    |    |
| 5          | Физико-химия разрушения наноструктур   |    |    |    |    |
| 5.1        | Особенности устойчивости нанодисперсных систем   |    |    | +  | +  |
| 6          | Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов          |    |    |    |    |
| 6.1        | Применение полупроводящих наноструктур   |    |    |    | +  |
| 6.2        | Влияние нанотехнологий на традиционную электронику   |    |    | +  |    |
| Вес КМ, %: |  | 20 | 20 | 30 | 30 |