

**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> <b>Реферат</b> <b>Коллоквиум</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>8 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2021**

**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: - основные методы исследования наночастиц и наноматериалов; - основные физико-химические особенности строения и свойств наночастиц и их отличие от компактных материалов; - основные физико-химические свойства наночастиц и наноструктур, размерные эффекты.  уметь: - работать с современным нанотехнологическим оборудованием; - осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию об исследовании нанообъектов; - 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: - особенности свойств наноструктур и наноматериалов; - методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем.  уметь: - проводить исследования и контролировать процессы тепломассопереноса в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях; - 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 [2], 20-44 [4], 13-31 [6], 40-52 [7], 12-33 [8], 59-75</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 [2], 5-19 [3], 58-75 [5], 16-37, 396-414 [8], 76-80</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	20	6	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу</p>		



	разрушения наноструктур												<i><b>теоретического материала:</b></i> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химия разрушения наноструктур"
5.1	Особенности устойчивости нанодисперсных систем	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<i><b>Изучение материалов литературных источников:</b></i> [1], 200-226 [2], 58-72 [3], 43-53
6	Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов	12	4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	<i><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></i> Изучение дополнительного материала по разделу "Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов"
6.1	Применение полупроводящих наноструктур	6	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	<i><b>Изучение материалов литературных источников:</b></i> [3], 58-75 [4], 263-322
6.2	Влияние нанотехнологий на традиционную электронику	6	2	-	1	-	-	-	-	-	3	-	[6], 228-244, 335-337, 514-526 [7], 150-174 [8], 453-527, 653-737
	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 нанокompозитов 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 (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)						Оценочное средство (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 нанобъектов 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 нанобъектов и поверхности  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 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.          Определение состава вакуума в аналитической камере          Реферат/Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание.          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

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

**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://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631](http://elib.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. Суздаев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев . – 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 .;
8. Дмитриев А. С.- "Введение в нанотеплофизику", (2-е изд.), Издательство: "Лаборатория знаний", Москва, 2020 - (793 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/135485>.

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

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

## **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, Аудитория каф. "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, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "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