

**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**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Физико-химия наночастиц и наноматериалов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михайлова И.А.
	Идентификатор	R6487a0ab-MikhailovaI-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-aaaaeae29

(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)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах

ИД-3 Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов

2. ПК-4 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств

ИД-1 Способен анализировать процессы теплопереноса, возникающие в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

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)

## БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Основные понятия о наночастицах, наноматериалах и их свойствах					
Что такое нанонаука/наука о наноструктуре	+				

Особенности физических и химических свойств	+			
Методы получения и стабилизации наночастиц и наноструктур				
Технологический подход «сверху-вниз»		+		
Технологии «снизу вверх»		+		
Методы определения устойчивости дисперсных систем	+	+		
Физико-химические свойства наноструктур и наноматериалов				
Фундаментальная связь: химический состав–атомная структура–микроструктура– макро-свойства			+	
Оптические свойства наночастиц и наноструктур: нанофотоника				+
Тепловые свойства наночастиц			+	+
Магнитные свойства и их природа				+
Методы исследования структурных, электронных и магнитных свойств нанообъектов и поверхности				+
Рост, морфология и архитектура наночастиц и наноструктур				
Общие механизмы гомогенной и гетерогенной нуклеации		+		
Модели роста объемных структур (кристаллов)		+		
Самосборка нуль-мерных структур в упорядоченные массивы		+		
Углеродные наноструктуры		+		
Физико-химия разрушения наноструктур				
Особенности устойчивости нанодисперсных систем			+	+
Существующие и перспективные направления применения наноструктур и наноматериалов				
Применение полупроводящих наноструктур				+
Влияние нанотехнологий на традиционную электронику			+	
Вес КМ:	20	20	30	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-3	ИД-3ПК-3 Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов	<p>Знать:</p> <p>основные методы исследования наночастиц и наноматериалов</p> <p>основные физико-химические особенности строения и свойств наночастиц и их отличие от компактных материалов</p> <p>основные физико-химические свойства наночастиц и наноструктур, размерные эффекты</p> <p>Уметь:</p> <p>работать с современным нанотехнологическим оборудованием</p> <p>осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию об исследовании нанообъектов</p> <p>самостоятельно разбираться в методиках</p>	<p>Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров.</p> <p>Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов для исследования. (Реферат)</p> <p>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)</p> <p>Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата (Реферат)</p> <p>Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов.</p> <p>Определение состава вакуума в аналитической камере (Коллоквиум)</p>

		исследования наночастиц и нанокompозитов и применять их для решения поставленной задачи	
ПК-4	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Способен анализировать процессы теплопереноса, возникающие в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях	<p>Знать:</p> <p>особенности свойств наноструктур и наноматериалов</p> <p>методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем</p> <p>Уметь:</p> <p>проводить исследования и контролировать процессы теплопереноса в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях</p> <p>находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач физико-химии наночастиц с применением современных методов исследования и анализа современной научной литературы</p>	<p>Подготовка реферата по теме вакуумных насосов и вакуумметров. Тестирование по теме: Электронная микроскопия (просвечивающая и сканирующая). Особенности приготовления образцов для исследования. (Реферат)</p> <p>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)</p> <p>Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата (Реферат)</p> <p>Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов.</p> <p>Определение состава вакуума в аналитической камере (Коллоквиум)</p>

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

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

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает тему реферата для подготовки. В качестве дополнительных могут быть заданы следующие вопросы

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на контрольные вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные физико-химические свойства наночастиц и наноструктур, размерные эффекты	1.Основные элементы и приборы экспериментальных установок для исследований физико-химических свойств наночастиц методами электронной и ионной спектроскопии, функциональное назначение
Знать: методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем	1.Принцип работы полусферического энергоанализатора 2.Основные узлы установки Нанофаб 25 (Нт-МДТ)

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**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 нанообъектов и поверхности**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита выполненной лабораторной работы. Устный опрос студентов по контрольным вопросам

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные методы исследования наночастиц и наноматериалов	1. Охарактеризуйте стадии процесса роста пленки (образование островковой пленки, коалесценция островков, образование сетчатой структуры, формирование сплошной пленки)
Знать: методы измерения и контроля физических и химических свойств наносистем	1. Рассчитайте кварцевым измерителем толщину пленки (расчетное задание к лабораторной работе №1)
Знать: особенности свойств наноструктур и наноматериалов	1. Основные методы получения тонких пленок 2. Перечислите методы термического вакуумного напыления 3. Опишите методы ионного распыления 4. Что такое метод магнетронного распыления на постоянном токе? 5. Каковы основные элементы напылительной установки SPI?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

**КМ-3. Отчет по выполненному исследованию химического состава образцов наночастиц и наноматериалов с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Расчетное задание. Подготовка реферата**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает тему реферата для подготовки. В качестве дополнительных могут быть заданы следующие вопросы

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные физико-химические особенности строения и свойств наночастиц и их отличие от компактных материалов	1.Способы получения рентгеновского характеристического излучения 2.Спектр рентгеновского характеристического излучения
Уметь: работать с современным нанотехнологическим оборудованием	1.Назовите известные вам методы фотоэлектронной спектроскопии. Какие характерные энергии фотоэлектронов соответствуют каждому методу?
Уметь: находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач физико-химии наночастиц с применением современных методов исследования и анализа современной научной литературы	1.Объясните, чем обусловлен выбор Mg и Al в качестве основных материалов при изготовлении анодов в рентгеновских источниках? 2.Объясните наличие границы применимости методики РФЭС по глубине. Какова информационная глубина метода РФЭС?
Уметь: проводить исследования и контролировать процессы тепломассопереноса в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях	1.Как выглядит спектр РФЭС? Какие характерные пики присутствуют на спектре РФЭС, чем они объясняются?

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

**КМ-4. Защита исследовательской лабораторной работы: Масс-спектрометрия - метод определения физико-химических свойств наноматериалов. Определение состава вакуума в аналитической камере**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Защита выполненной лабораторной работы. Устный опрос студентов по контрольным вопросам

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию об исследовании нанообъектов	1.Опишите назначение электронного умножителя масс-спектрометра, диапазон применения 2.Приведите коэффициенты чувствительности ионизационного датчика
Уметь: самостоятельно разбираться в методиках исследования наночастиц и нанокompозитов и применять их для решения поставленной задачи	1.Описание датчика Пирани. Каков рабочий диапазон давлений? 2.В чем состоят причины появления фрагментов молекул? 3.Приведите анализ масс-спектра, расчет парциальных давлений
Уметь: находить подходы к решению фундаментальных и прикладных задач физико-химии наночастиц с применением современных методов исследования и анализа современной научной литературы	1.Для чего нужна высокая разрешающая способность масс-спектрометра?
Уметь: проводить исследования и контролировать процессы тепломассопереноса в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях	1.Принцип работы масс-спектрометра

**Описание шкалы оценивания:***Оценка: 5**Нижний порог выполнения задания в процентах: 70**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно**Оценка: 4**Нижний порог выполнения задания в процентах: 60**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач**Оценка: 3**Нижний порог выполнения задания в процентах: 50**Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 8 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Классификация наноразмерных структур. Примеры наноструктур разных размерностей. Физико-химический состав наноструктур
2. Графен. Способы получения графена. Основные физические свойства

### Процедура проведения

Студенты по очереди вытягивают билеты, расположенные на столе текстом вниз. Записывается номер билета и время начала подготовки ответа. Через определенное время (по умолчанию час) студенты с расписанными ответами подходят к преподавателю и начинают рассказывать билет своими словами

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-3 Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов

### Вопросы, задания

- 1.Классификация наноразмерных структур. Примеры наноструктур разных размерностей. Физико-химический состав наноструктур
- 2.Особенности физических взаимодействий на наномасштабах
- 3.Квантовые размерные эффекты в нанобъектах
- 4.Нульмерные наноструктуры ((квантовые)наноточки, нанокластеры и наночастицы)
- 5.Одномерные структуры (квантовые проводники, нанопроволоки, нанотрубки, нанопроволочные сверхрешетки). Материалы для одномерных структур. Формирование одномерных структур
- 6.Углеродные нанотрубки. Методы синтеза УНТ, их достоинства и недостатки. Движущие силы роста УНТ. Физические свойства УНТ
- 7.Неуглеродные нанотрубки, причины их роста и способы получения
- 8.Оптические свойства наночастиц металлов. Плазмонный резонанс
- 9.Двумерные наноструктуры (тонкие пленки, графен). Способы получения(методы осаждения) тонких пленок. Механизмы роста пленок. Получение тонких пленок методом Ленгмюра-Блоджетт
- 10.Графен. Способы получения графена. Основные физические свойства
- 11.Процессы получения нанобъектов «сверху - вниз». Измельчение. Литография
- 12.Процессы получения нанобъектов «снизу - вверх». Методы осаждения из газовой фазы. Плазменное осаждение. Молекулярно-пучковая эпитаксия. Жидкофазные методики (коллоидные методики, золь-гель метод). Методы разделения наночастиц по размеру. Процессы самосборки в наносистемах
- 13.Механические свойства наносистем. Закон Холла-Петча. Упругость на наномасштабах. Основные механические свойства нанопроволок. Механические свойства углеродных нанотрубок. Потенциал Морса
- 14.Материалы на основе фотонных кристаллов. Области применения
- 15.Метаматериалы. Общая характеристика
- 16.Токсичность веществ в нанодисперсном состоянии

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Наноматериалы - объекты, хотя бы один из размеров которых...

Ответы:

равен 1 нм

не более 10 нм

лежит в диапазоне 1-100 нм

Верный ответ: лежит в диапазоне 1-100 нм

2. Диспергирование - это...

Ответы:

мера разброса значений случайной величины относительно её математического ожидания

разложение белого света при прохождении его через призму

тонкое измельчение твёрдых тел или жидкостей с целью получения фазы меньшего размера

Верный ответ: тонкое измельчение твёрдых тел или жидкостей с целью получения фазы меньшего размера

3. Методика нанесения тонких пленок материала из мишени катодным распылением в скрещенных полях

Ответы:

механосинтез

магнетронное распыление

электродуговое нанесение

Верный ответ: магнетронное распыление

4. Какой из приведенных способов анализа поверхности связан с непосредственным контактом с ней?

Ответы:

сканирующая электронная микроскопия

Рамановская спектроскопия

атомно-силовая микроскопия

Верный ответ: атомно-силовая микроскопия

5. Металлические капли в "пар-жидкость-кристалл" методике выращивания одномерных наноструктур играют роль...

Ответы:

катализаторов роста наноструктур

подложек

ингибиторов роста

Верный ответ: катализаторов роста наноструктур

6. Очистка золь и других коллоидных растворов от растворённых в них низкомолекулярных соединений при помощи полупроницаемой мембраны называется - ...

Ответы:

диализ

фильтрация

агрегация

Верный ответ: диализ

7. Ориентированный рост кристаллов на поверхности других кристаллов называется...

Ответы:

вакуум-сублимацией

эпитаксией

золь-гель методом

Верный ответ: эпитаксией

8. Какой благородный газ наиболее востребован в технологиях получения наноматериалов?

Ответы:

неон

ксенон

аргон

Верный ответ: аргон

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1ПК-4 Способен анализировать процессы теплопереноса, возникающие в наноразмерных системах при фазовых и химических превращениях

### Вопросы, задания

1. Отличия электрических и тепловых свойств наноструктур от свойств объемных аналогов
2. Физические и химические свойства фуллеренов и фуллеритов
3. Основные физико-химические свойства наночастиц, нанопроволок и нанотрубок
4. Трехмерные наноструктуры (наноконпозиты, нанокристаллические материалы, трехмерные массивы нанообъектов, аэрогель и т.п.)
5. Оптические и электронные свойства наноструктур. Зависимость оптических свойств от размеров частицы
6. Наноплазмоника и оптические свойства. Вид дисперсионных соотношений для поверхностных волн в плазмонике
7. Фотонные кристаллы. Размерность фотонных кристаллов. Методы формирования фотонных кристаллов. Электромагнитные свойства
8. Особенности термодинамических свойств нанообъектов. Характеристики теплопроводности нанопроволок и нанотрубок

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Оптическая наноструктура, в которой показатель преломления периодически изменяется:

Ответы:

фотонный кристалл

оптоволоконный кабель

фоторезист

Верный ответ: фотонный кристалл

2. Кристаллическая структура графена построена на основе:

Ответы:

гексагональной решетки

октагональной решетки

кубической гранецентрированной решетки

Верный ответ: гексагональной решетки

### II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

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