

**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  
Процессы получения наночастиц и наноматериалов**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Макаров П.Г.
	Идентификатор	R9a51899a-MakarovPG-4f257daf

(подпись)

П.Г. Макаров

(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)

## 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-4 Способен анализировать механические, электромагнитные и теплофизические свойства в низкоразмерных материалах и устройствах

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Процессы получения наноматериалов (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Классификация способов получения наноматериалов (Перекрестный опрос)

2. Методы механического и химического диспергирования (Перекрестный опрос)

3. Методы физического диспергирования (Перекрестный опрос)

## 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
Классификация методов получения наноматериалов					
Знакомство с методами нанотехнологического синтеза	+	+	+	+	
Принципы классификации	+	+	+	+	
Физическое диспергирование					
Методы физического диспергирования	+	+	+	+	
Методы распыления	+	+	+	+	
Методы, основанные на процессах испарения-конденсации	+	+	+	+	

Вакуум-сублимационные методы	+	+	+	+
Методы превращений в твердом состоянии	+	+	+	+
Механическое диспергирование				
Методы механического диспергирования	+	+	+	+
Методы механического измельчения	+	+	+	+
Методы интенсивной пластической деформации	+	+	+	+
Методы механического воздействия различных сред	+	+	+	+
Химическое диспергирование				
Методы химического диспергирования	+	+	+	+
Методы на основе проведения химических реакций	+	+	+	+
Электрохимические методы	+	+	+	+
Методы, сочетающие химические и физические превращения	+	+	+	+
Процессы "сверху-вниз" и "снизу-вверх"				
Основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах	+	+	+	+
Получение углеродных наноматериалов	+	+	+	+
Особенности некоторых конкретных процессов синтеза	+	+	+	+
Биологические методы синтеза наночастиц и наноматериалов	+	+	+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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	Знать: технологии получения наночастиц и наноматериалов Уметь: самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов	Классификация способов получения наноматериалов (Перекрестный опрос) Методы физического диспергирования (Перекрестный опрос) Методы механического и химического диспергирования (Перекрестный опрос) Процессы получения наноматериалов (Контрольная работа)
ПК-4	ИД-4ПК-4 Способен анализировать механические, электромагнитные и теплофизические свойства в низкоразмерных материалах и устройствах	Знать: материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку Уметь: самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать	Классификация способов получения наноматериалов (Перекрестный опрос) Методы физического диспергирования (Перекрестный опрос) Методы механического и химического диспергирования (Перекрестный опрос) Процессы получения наноматериалов (Контрольная работа)

		материалы и параметры диспергирования	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Классификация способов получения наноматериалов

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологии получения наночастиц и наноматериалов	1. В чем основные отличия методов механического, физического, химического синтеза?
Знать: материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку	1. Что такое диспергирование? 2. Дайте определение наноматериалам 3. Каковы основные требования, предъявляемые к методам получения наночастиц? 4. Каковы основные способы классификации методов получения наноматериалов? 5. Чем обусловлена необходимость обеспечения временной стабильности продуктов синтеза? 6. Каковы особенности методов получения наноразмерных частиц?
Уметь: самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов	1. Приведите примеры процессов “сверху-вниз” 2. Приведите примеры процессов “снизу-вверх” 3. Каковы, на ваш взгляд, преимущества и недостатки методов механического синтеза? 4. Каковы, на ваш взгляд, преимущества и недостатки методов физического синтеза? 5. Каковы, на ваш взгляд, преимущества и недостатки методов химического синтеза?
Уметь: самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования	1. Приведите примеры процессов, характеризующихся фазовым переходом “твердое тело - твердое тело” 2. Приведите примеры процессов, характеризующихся фазовым переходом “жидкость - твердое тело”

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если ответ на вопрос(-ы) получен в полном объеме или преимущественно в полном объеме

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если большая часть вопроса(-ов) раскрыта, но не в достаточно полной мере

*Оценка:* 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется, если направление ответа на вопрос(-ы) в целом выбрано верно

## **КМ-2. Методы физического диспергирования**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологии получения наночастиц и наноматериалов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Каковы основные особенности методов физического диспергирования?</li><li>2.Какие существуют методы распыления?</li><li>3.Какие существуют методы, основанные на процессах испарения-конденсации?</li><li>4.Какие существуют вакуум-сублимационные методы?</li><li>5.Какие существуют методы превращений в твердом состоянии?</li></ol>
Знать: материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Каков диапазон размеров получаемых частиц?</li><li>2.Какие области применения получаемых частиц вам знакомы?</li></ol>
Уметь: самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Каковы особенности методов двойного распыления, центробежного распыления и спиннингования?</li><li>2.Какова типовая схема плазменной технологии получения наночастиц? В чем отличие от методики лазерного нагрева?</li><li>3.Как проходит процесс получения наночастиц путем электродугового расплавления?</li><li>4.Каковы основные стадии вакуум-сублимационных методов?</li><li>5.Каковы основные особенности группы методов твердофазных превращений?</li></ol>
Уметь: самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования	<ol style="list-style-type: none"><li>1.Какова типовая схема метода распыления струи расплава жидкостью или газом?</li><li>2.Какова схема получения наночастиц по методу испарительного замораживания?</li></ol>



**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. Методы механического и химического диспергирования**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Перекрестный опрос

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Устный опрос студентов. Задается вопрос. Сперва отвечают желающие. Если желающих нет, то опрашивание ведется по списку до тех пор, пока каждый студент не получит хотя бы один вопрос

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на следующие вопросы:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологии получения наночастиц и наноматериалов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Каковы основные особенности частиц или зерен, получаемых методами механического диспергирования?</li> <li>2.В чем состоит основное отличие классов методов химического диспергирования друг от друга?</li> <li>3.Каковы основные особенности частиц или зерен, получаемых методами химического диспергирования?</li> <li>4.Каковы преимущества и недостатки методов механического диспергирования? Химического?</li> </ol>
Знать: материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какова классификация методов механического диспергирования?</li> <li>2.В чем состоит основное отличие классов методов механического диспергирования друг от друга?</li> <li>3.Какова классификация методов химического диспергирования?</li> </ol>
Уметь: самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Какова принципиальная особенность методов механосинтеза (механического измельчения)?</li> <li>2.Как выглядит типовая схема метода кручения под высоким давлением?</li> <li>3.Как выглядит типовая схема метода равноканального углового прессования?</li> <li>4.Каковы основные преимущества и недостатки методов воздействия различных сред?</li> </ol>

	5.Какие электрохимические методы вам знакомы? В чем их отличительные особенности?
Уметь: самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования	1.Какие методы на основе проведения химических реакций вам знакомы? В чем их отличительные особенности? 2.Возможно ли получение наночастиц путем сочетания методов физических и химических превращений?

**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. Процессы получения наноматериалов**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** 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 сдают листы с решением контрольной работы

**Краткое содержание задания:**

Письменно ответьте на вопрос или решите задачу:

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: технологии получения наночастиц и наноматериалов	1.Каковы основные химические реакции, приводящие к синтезу наночастиц в жидких средах? 2.Какие вам известны методы синтеза биологических наночастиц и наноматериалов?
Знать: материалы, применяемые в процессах получения наночастиц и наноматериалов, знать их классификацию и маркировку	1.Что из себя представляют коллоидные растворы? Какова классификация дисперсных систем? 2.Какие вам известны области применения коллоидных растворов? 3.Какие вам известны углеродные наноматериалы? Каковы основные методы их получения? 4.Дайте определение углеродных нанотрубок. Каковы особенности их строения? 5.Дайте определение графена. Каковы особенности его строения?

<p>Уметь: самостоятельно проводить расчеты процессов получения наночастиц и наноматериалов, сопоставлять с данными других авторов</p>	<p>1.Какие существуют конфигурации одностенных углеродных нанотрубок? Что такое индекс хиральности?</p>
<p>Уметь: самостоятельно проводить измерения отдельных характеристик систем получения наночастиц и наноматериалов, правильно подбирать материалы и параметры диспергирования</p>	<p>1.Какие условия должны быть соблюдены для формирования устойчивого коллоидного раствора?  2.Опишите процесс получения углеродных нанотрубок с помощью методики электродугового разряда?  3.Опишите процесс получения углеродных нанотрубок с помощью методики лазерной абляции?  4.Опишите процесс получения углеродных нанотрубок с помощью методики химического осаждения из газовой фазы?  5.Какие вам известны способы получения графена? Опишите основные этапы процесса его получения  6.Каковы особенности кристаллической структуры графита? Какие вам известны прикладные области его применения?</p>

**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:** Экзамен

### Пример билета

1. Основные требования, предъявляемые к методам получения наноразмерных материалов. Примеры методов
2. Чистые комнаты. Классификация, основные требования/компоненты

### 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

- 1.1. Основные требования, предъявляемые к методам получения наноразмерных материалов. Примеры методов
2. Чистые комнаты. Классификация, основные требования/компоненты
- 2.1. Принцип действия струйной мельницы
2. Алмаз. Кристаллическая решетка. Основные свойства. Примеры применения
- 3.1. Методы механического воздействия различных сред. Особенности, преимущества и недостатки
2. Графит. Кристаллическая решетка. Основные свойства
- 4.1. Методы испарения-конденсации
2. Зонная очистка монокристаллов кремния. Пример пошагового исполнения процесса
- 5.1. Испарительное замораживание
2. Фотолитография. Основные технологические этапы
- 6.1. Методы превращений в твердом состоянии
2. Графен. Кристаллическая решетка. Основные свойства. Примеры перспективных областей применения
- 7.1. Электрохимические методы получения наноматериалов
2. Углерод. Аллотропные формы углерода. Примеры отличающихся характеристик

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Основное требование, предъявляемое к наноматериалам:

Ответы:

хотя бы один из характерных размеров лежит в пределах 1-100 нм;  
все три линейных размера лежат в пределах 1-100 нм;  
хотя бы один из характерных размеров лежит в пределах 1-10 нм

Верный ответ: хотя бы один из характерных размеров лежит в пределах 1-100 нм

2. Как объяснить большое количество аллотропных модификаций углерода?

Ответы:

несколько степеней гибридизации атомных орбиталей;  
все химические элементы могут обладать большим количеством аллотропных модификаций;  
углерод хорошо реагирует с другими веществами

Верный ответ: несколько степеней гибридизации атомных орбиталей

3.Какая геометрическая фигура является основным элементом кристаллической решетки углеродных нанотрубок, графена...?

Ответы:

шестиугольник;  
восьмиугольник;  
круг

Верный ответ: шестиугольник

4.Источником углерода при получении углеродных нанотрубок методом химического осаждения из газовой фазы является:

Ответы:

анод;  
графитовая мишень;  
углеводород

Верный ответ: углеводород

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-4 Способен анализировать механические, электромагнитные и теплофизические свойства в низкоразмерных материалах и устройствах

### Вопросы, задания

- 1.1. Классификация методов получения наноматериалов. Примеры методов
2. Плазменная технология испарения-конденсации
- 2.1. Методы механического диспергирования. Примеры
2. Технологическая схема производства транзистора по планарной технологии
- 3.1. Принцип действия шаровой мельницы
2. Изготовление подложек методом Чохральского. Пример практической реализации
- 4.1. Деформация кручением под высоким давлением. Схема метода
2. Тонкопленочные структуры. Области применения, способы нанесения
- 5.1. Равноканальное угловое прессование. Схема метода
2. Планарная технология. Преимущества и недостатки
- 6.1. Методы физического диспергирования. Примеры
2. Получение наноматериалов методом испарения растворителя. Криогенная и сублимационная технологии
- 7.1. Распыление струи расплава жидкостью или газом. Отличие газового распыления от жидкостного
2. Методы химического диспергирования
- 8.1. Методы распыления. Примеры
2. Вакуум-сублимационные методы. Основные стадии

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.В случае получения наночастиц методом распыления струи расплава газом используют поток:

Ответы:

кислорода;  
аргона или азота;  
углекислого газа

Верный ответ: аргона или азота

2.К какому подклассу физического диспергирования относится метод электродугового расплавления?

Ответы:

методы распыления;  
процессы испарения-конденсации;  
вакуум-сублимационная технология;  
методы превращений в твердом состоянии

Верный ответ: процессы испарения-конденсации

3. В случае вакуум-сублимационных методов какой параметр процессов больше всего влияет на размер образующихся структурных элементов?

Ответы:

размеры рабочей камеры;  
скорость замораживания раствора;  
величина разрушающего механического воздействия

Верный ответ: скорость замораживания раствора

4. Одним из плюсов методов твердофазного превращения является:

Ответы:

возможность изготовления беспористых материалов;  
ограниченность метода по составам;  
большой разброс продуктов по размерам

Верный ответ: возможность изготовления беспористых материалов;

5. Принцип действия шаровых мельниц основан на:

Ответы:

большом ударном и истирающем воздействии на диспергируемые твердые тела;  
механическом деформировании, позволяющем достичь больших искажений структуры образцов;  
разрушении механическими волнами в среде

Верный ответ: большом ударном и истирающем воздействии на диспергируемые твердые тела

6. На каком физическом явлении основан принцип диспергирования методом деформации кручением под высоким давлением?

Ответы:

дисперсия света;  
сублимация диспергируемого материала;  
гидростатическое сжатие

Верный ответ: гидростатическое сжатие

7. Какой из электродов подвержен разрушению при получении наночастиц электрохимическими методами?

Ответы:

катод;  
анод;  
оба электрода

Верный ответ: анод

## **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