

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Нанотехнология в электронике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Технология и физико-химические свойства наноматериалов**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Говоров В.А.
	Идентификатор	R7859ba37-GovorovVA-8052162c

В.А. Говоров

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Холодный Д.С.
	Идентификатор	R0bac9dac-KholodnyDS-6393810f

Д.С.
Холодный

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Славинский А.З.
	Идентификатор	R99b3b9ab-SlavinskyAZ-c08f5214

А.З.
Славинский

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 Способен участвовать в проведении технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-1 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

ИД-2 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

2. ПК-4 Способен участвовать в проектировании интегральных схем

ИД-2 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа)

2. КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

Форма реализации: Защита задания

1. КМ-5. Расчетное задание (Реферат)

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа)

2. КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	10	13	15
Способы изготовления субмикрoкристаллических и нанопорошков						
Основы термодинамики сплошных сред.	+	+		+		
Методы изготовления порошков помолом.				+	+	
Основы коллоидной химии			+	+		

Реология дисперсных систем.			+	+	
Получение наночастиц конденсацией				+	+
Методы анализа нанообъектов.					
Атомно силовая микроскопия Гранулометрический анализ. Рентгенофазовый анализ. Электронная микроскопия.			+	+	
Гранулометрический анализ.				+	
Рентгенофазовый анализ.				+	+
Электронная микроскопия.				+	+
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$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-1 _{ПК-3} Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов Уметь: планировать деятельность в лаборатории	КМ-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц. (Лабораторная работа) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и наноэлектроники	Знать: условия изготовления и тестирования материалов наноэлектроники; Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для наноэлектроники;	КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа) КМ-5. Расчетное задание (Реферат)
ПК-4	ИД-2 _{ПК-4} Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем	Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов Уметь: определять набор методов анализа для контроля технологического процесса	КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок (Контрольная работа) КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем (Эссе) КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем (Лабораторная работа)

		получения нанобъектов	
--	--	-----------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ-1. Структура частиц, зародышей, кристаллов, пленок

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Учащиеся получают 3 контрольных вопроса на которые они должны письменно ответить в течение недели. К ответу каждого учащегося задается 2-3 дополнительных уточняющих вопроса на понимание по результатам ответа на которые принимается решение об оценке за контрольное мероприятие.

Краткое содержание задания:

В ходе выполнения работы необходимо обосновать ответ о процессах фазообразования используя термодинамические законы. Обоснование требуется как в виде логических выводов так и с применением математического аппарата.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов	1.КМ-1. знать 2. Рассчитайте кристаллографическую плотность кристалла
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-2. КМ-2. Основы коллоидной химии. Основы термодинамики дисперсных систем

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Эссе

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Учащиеся получают 3 контрольных вопроса на которые они должны письменно ответить в течение недели. К ответу каждого

учащегося задается 2-3 дополнительных уточняющих вопроса на понимание по результатам ответа на которые принимается решение об оценке за контрольное мероприятие.

Краткое содержание задания:

В ходе выполнения работы необходимо обосновать ответ о процессах получения и исследования нанообъектов. Обоснование требуется как в виде логических выводов так и с применением математического аппарата.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов	1.КМ-2. знать 1. Что такое нанокристалл, монокристалл, мульткристалл?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. Км-3. Гранулометрия частиц, заряд поверхности частиц.

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Учащимся предоставляется методическая разработка по теме лабораторной работы. Учащиеся готовятся к собеседованию для допуска к лабораторной работе. Затем они проходят лабораторную работу с оборудованием и подготавливают отчет о выполнении работы, который защищают.

Краткое содержание задания:

ознакомление с методами основанными на динамическом светорассеянии позволяющими измерить размер частиц в дисперсной фазе, дзета-потенциал частиц, молекулярную массу крупных полимерных молекул и определить микровязкость дисперсной фазы.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	1.Км-3. знать 5. Перечислите необходимые операции подготовки образца перед измерением размера частиц методом динамического светорассеяния.
---	--

	2.Км-3. знать 6. В чем состоит суть поправок Релея и Фаунтгофера при определении интенсивности рассеянного частицами света.
Уметь: планировать деятельность в лаборатории	1.Км-3. уметь 5 Предложите методы анализа размера частиц сажи, графита и графена 2.Км-3. уметь 4 Предложите последовательность подготовки образца пигмента для синих чернил для определения размера частиц

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-4. КМ-4. Течение и деформация жидких и жидкоподобных систем

Формы реализации: Допуск к лабораторной работе

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Учащимся предоставляется методическая разработка по теме лабораторной работы. Учащиеся готовятся к собеседованию для допуска к лабораторной работе. Затем они проходят лабораторную работу с оборудованием и подготавливают отчет о выполнении работы, который защищают.

Краткое содержание задания:

Определение различных характеристик дисперсии при помощи реометра Kinexus PRO. Приобретение основных навыков работы с реометром и начальных навыков анализа дисперсии исходя из полученных графиков зависимостей.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные методы получения наночастиц и пленок материалов	1.Зачем нужны различные геометрии, и каких типов они бывают?
Знать: физическую основу и методологию методов анализа нанообъектов и наноматериалов	1.КМ-4.С какой целью происходит термостатирование образца? 2.Что позволяет выяснить тест вязкости от скорости сдвига?
Уметь: планировать деятельность в лаборатории	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры суспензии

Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для наноэлектроники;	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры раствора полимера 2.Предложите методологию стабилизации наполненной суспензии
Уметь: определять набор методов анализа для контроля технологического процесса получения нанообъектов	1.Предложите методологию анализа свойств и структуры эмульсии 2.Опишите критерии стабильности эмульсии при контроле методами ротационной реометрии

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-5. КМ-5. Расчетное задание

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Реферат

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Группа студентов делится на подгруппы состоящие из 3-4 человек. В начале семестра каждая подгруппа получает тему для подготовки аналитического обзора. В течение семестра подгруппа готовит текст на заданную тему по материалам доступным в открытой печати. По ходу выполнения работы подгруппа консультируется с преподавателем. По материалам подготовленного текста подгруппа готовит 10 минутный доклад.

Краткое содержание задания:

Подготовка текста осуществляется по заданной теме на основе анализа литературных данных

Контрольные вопросы/задания:

Знать: условия изготовления и тестирования материалов наноэлектроники;	1.КМ-5 знать 1. Проектирование электронагревательной печи. 2.КМ-5 знать 2. Разработка материала сегнетоэлектрика
Уметь: выбирать технологические процессы изготовления материалов для наноэлектроники;	1.КМ-5 уметь 2. Формировать требования к технологии производства материалов

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет состоит из одного вопроса, который представляет собой запрос на описание технологии получения нанобъекта или описание базового термодинамического принципа для дисперсных систем

Процедура проведения

Учащиеся получают по одному индивидуальному вопросу за 2-3 недели до сдачи зачета. Учащиеся готовят ответ в виде доклада или презентации, рассчитанной на 10 минут выступления. Предварительно текст ответа может быть представлен преподавателю в том случае если у учащегося возникли сложные вопросы. Процесс сдачи зачета предполагает наличие нескольких дополнительных и уточняющих вопросов от преподавателя для контроля усвоения материала студентом. При сдаче возможна дискуссия призванная продемонстрировать что учащийся способен отстоять свою позицию и сформировать более глубокое понимание в представленной теме.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-3 Знает базовые технологические процессы изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

1. билет 2. Предложите метод получения и характеристики пигмента красного цвета. Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения пигмента.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Знать 2. Как описывается структура кристалла

Ответы:

Для описания кристалла используются понятия элементарной ячейки и периода повторяемости

Кристалл описывается как трехмерная периодическая структура в которой выделяется элементарная ячейка

Кристалл описывается с использованием элементов симметрии, понятий о периоде повторяемости и элементарной ячейки

Верный ответ: Кристалл описывается как трехмерная периодическая структура в которой выделяется элементарная ячейка

2. Знать 9. Что такое эпитаксиальный рост.

Ответы:

а) Рост пленки повторяющей структуру подложки.

б) Рост ориентированной тонкой пленки структурно похожей на подложку

в) Формирование ориентированных зародышей кристалла на поверхности подложки

Верный ответ: б) Рост ориентированной тонкой пленки структурно похожей на подложку

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Знает об физико-химических основах 9 технологических процессов изготовления материалов электронной техники, микро- и нанoeлектроники

Вопросы, задания

1. билет 13. Предложите метод нанесения защитного слоя состоящего из карбида кремния на поверхность стали. Определите наиболее принципиальные свойства для такого покрытия. Определите методы промышленного нанесения покрытия и методы контроля качества такого покрытия в промышленности.

2. билет 15. Предложите методы нанесения изоляционного слоя в транзисторе на поверхности монокристалла полупроводникового кремния для создания процессора. Опишите методы контроля поверхности пластины кремния по составу и структуре.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Знать 5. Какие методы получения наночастиц Вы знаете?

Ответы:

Методы от крупного к мелкому, методы помола, методы конденсации, методы распылительной сушки и конденсации из газовой фазы

Методы основанные на помоле, методы основанные на конденсации твердой фазы Помол и измельчение, распылительная сушка, конденсация из газовой фазы

Верный ответ: Методы от крупного к мелкому, методы помола, методы конденсации, методы распылительной сушки и конденсации из газовой фазы

3. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-4 Демонстрирует знание соответствия технологии производства и процесса проектирования интегральных схем

Вопросы, задания

1. билет 1. Предложите метод получения и характеристики пигмента черного цвета. Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения пигмента.

2. билет 4. Предложите метод получения частиц металлического никеля в органическом пластификаторе для магнитной краски серебрянки. Оцените размер частиц, который можно получить предложенным вами методом, определите среду и условия стабильности частиц. Предложите методы анализа размера и состава частиц. Предложите метод контроля качества промышленного получения краски.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Знать 7. Какие методы определения размера частиц используются для дисперсных систем

Ответы:

Методы основанные на светорассеянии

Статическое светорассеяние, динамическое светорассеяние, микроскопия оптическая и электронная

Методы основанные на рассеянии света частицами, микроскопия, рентгеновская дифракция

Верный ответ: Статическое светорассеяние, динамическое светорассеяние, микроскопия оптическая и электронная

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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: 70

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

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу