Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Гаврилов Сергей Александрович
Должность: И.О. Ректора
Дата подписания: 01.07.2025 11:02:40
Уникальный программный ключ:
f17218015d82e3c1457d1df9e244def505047355

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ А.Г. Балашов
«20» декабря 2024 г.
М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Физико- химия наноструктурированных материалов»

Направление подготовки - 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»
Направленность (профиль) - «Технологии материалов микроэлектроники»

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат 00FCD5F6E07DC83F809D56CE1D350ACCD1
Владелец ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ "МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ"
Действителен с 09.04.2025 по 03.07.2026

Москва 2024

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующей компетенции образовательной программы:

Компетенция **ПК-3** «Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов» сформулирована на основе профессионального стандарта **26.006** «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция - А [6] Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов

Трудовые функции - А/01.6 Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

А/02.6 Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	**Задачи профессиональной деятельности**	**Индикаторы достижения подкомпетенций**
ПК-3.ФХНМ Способен применять знания о синтезе и анализе наноструктурированных материалов	*научно – исследовательский тип задач:* Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур; Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов	**Знания** основ термодинамики наноразмерных систем, закономерностей термодинамических размерных эффектов, в том числе, влияния геометрических параметров на свойства объектов, факторов, определяющих термодинамические параметры и физические характеристики наноматериалов **Умения** применять полученные знания при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании физико-химических процессов, лежащих в основе методов синтеза наноструктурированных материалов, рассчитывать основные термодинамические параметры наноструктур **Опыт** прогнозирования вклада поверхностных свойств в свойства дисперсных систем и учета этого вклада в технологии изготовления наноматериалов; структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы (является элективной).

Входные требования к дисциплине:

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Физические основы наноэлектроники и наносистем», «Общее материаловедение».

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплины «Низкотемпературные методы синтеза наноструктурированных материалов», выполнением индивидуальных заданий практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

Входные требования к дисциплине – знания фундаментальных разделов и законов физической химии и основных экспериментальных методов исследования физико-химических свойств веществ, основных классов современных наноматериалов и наноструктур, опыт прогнозирования структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-зависимых эффектах.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	4	144	16	16	16	60	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Практические занятия	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)		
1. Основные понятия о наноразмерном состоянии вещества. Свойства наноматериалов	2	2	8	16	Защита лабораторных работ 1-2 Контрольная работа 1

2. Квантовые эффекты в системах с низкой размерностью	4	4	4	12	
3.Термодинамика дисперсных систем	4	8	4	20	Контрольная работа 2 Опрос Защита лабораторных работ 3-4
4.Углеродные наноматериалы	6	2	0	12	

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Основные понятия о наносостоянии вещества. Свойства наноматериалов. Развитие представлений о наносостоянии вещества и наук о нанотехнологии и наноматериалах. Классификация наноматериалов.
2	2	2	Размерные эффекты. Период решетки. Оптические свойства. Квантовые эффекты в системах с низкой размерностью.
2	3	2	Фононный спектр. Теплоемкость.
3	4	2	Термодинамика дисперсных систем. Термодинамика малоразмерных систем. Термодинамические основы образования наноструктур.
3	5	2	Поверхностное плавление. Термодинамические основы зародышеобразования. Фазовые диаграммы наноразмерных систем.
4	6	2	Основные углеродные наноматериалы. Общая классификация
4	7	2	Фуллерены, углеродные нанотрубки
4	8	2	Физические свойства углеродных нанотрубок

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Дисперсные системы: характеристики.
2	2	2	Квантовые размерные эффекты
2	3	2	Некоторые примеры влияния размерных эффектов на свойства материалов: период решетки и теплоемкость.
3	4	2	Влияние кривизны поверхности на химическую активность. Уравне-

			ние Кельвина.
3	5-6	4	Поверхностные явления. Адгезия, смачивание и растекание. Краевой угол и теплота смачивания. Гидрофобные и гидрофильные поверхности. Модели смачивания: Венцеля и Касси.
3	6-7	4	Адсорбция. Теория адсорбции газов и паров твердыми телами. Теория Лэнгмюра и БЭТ
4	8	2	Морфологические формы углеродных нитевидных наночастиц.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Определение оптических и структурных свойств тонких пленок методом эллипсометрии
1	2	4	Определение оптических и структурных свойств пористых наноматериалов методом эллипсометрии
2	3	4	Определение зависимости оптической ширины запрещенной зоны ультратонких пленок халькогенидов металлов от их толщины
3	4	4	Изучение зависимости краевого угла смачивания поверхности наноматериалов от шероховатости

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-4	8	Самостоятельная доработка конспекта лекции с применением учебного пособия и дополнительной литературы
1-4	8	Решение практических задач по тематике модулей
3-4	6	Подготовка к опросу.
1-3	8	Подготовка к контрольным работам.
1,3	12	Подготовка к лабораторным работам.
1-4	18	Подготовка к экзамену

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Все материалы для подготовки к практическим занятиям представлены в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, http://orioks.miet.ru/)

Модуль 1 «Основные понятия о наноразмерном состоянии вещества. Свойства наноматериалов»

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим и лабораторным занятиям, проработки лекций и подготовки к контрольной работе 1.

Модуль 2 «Квантовые эффекты в системах с низкой размерностью»

✓ Материалы для изучения теории в рамках подготовки к практическим занятиям и лабораторным занятиям, проработки лекций и подготовки к контрольной работе 1.

Модуль 3 «Термодинамика дисперсных систем»

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к практическим и лабораторным занятиям, подготовки к контрольной работе 2 и опросу.

Модуль 4 «Углеродные наноматериалы»

✓ Учебно-методические материалы для подготовки к практическим занятиям и к опросу, для проработки лекций.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. *Гаврилов С.А.* Учебное пособие по дисциплине "Физикохимия наноструктурированных материалов" [Текст] / С. А. Гаврилов, Д. Г. Громов, А. Е. Миронов; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ (ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 180 с.
2. Лабораторный практикум по дисциплине "Физика и химия поверхности" / С. А. Гаврилов [и др.]; М-во образования и науки РФ, МГИЭТ (ТУ). - М. : МИЭТ, 2011. - 24 с.
3. *Гаврилов С.А.* Электрохимические процессы в технологии микроэлектроники и наноэлектроники: Учеб. пособие / С. А. Гаврилов, А. Н. Белов. - М. : Высшее образование, 2009. - 257 с.
4. *Зимон А.Д.* Коллоидная химия : Учеб. для вузов / А.Д. Зимон, Н.Ф. Лещенко. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Агар, 2001. - 319 с. - ISBN 5-89218-127-8

Периодические издания

1. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS / American Institute of Physics. - USA : AIP, [б.г.]. – URL: http://scitation.aip.org (дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: из локальной сети МИЭТ

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека**: сайт. – Москва, 2000. – URL: https://elibrary.ru (дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики**: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.11.2024). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ

3. **Web of Science: [наукометрическая база данных]:** сайт. – URL: http://apps.webofknowledge.com (дата обращения: 20.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. **База American Chemical Society:** [некоммерческое научное издательство]: сайт. – Американское химическое общество, 2020. – URL: http://pubs.acs.org (дата обращения: 11.12.2024). – Режим доступа: свободный.

5. **Информационно-поисковая система Федерального института промышленной собственности:** сайт. **-** Москва, 2009-2019. – URL: https://www1.fips.ru/iiss/ (дата обращения: 21.11.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

6. **ECS Digital Library : [научное издательство IOP Publishing] :** сайт. - 2020. – URL: http://ecsdl.org/ (дата обращения: 20.11.2024)

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется смешанное обучение (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

При выполнении лабораторных работ используется **модель обучения** ротация станций: допуск и расчеты с помощью компьютера, выполнение эксперимента в лаборатории, очное взаимодействие в малых группах, и защиты лабораторных перед преподавателем. Студенты выполняют задания по вариантам. После выполнения расчетов (и проверки их правильности преподавателем) студенты обмениваются результатами и дополняют отчет по лабораторной работе данными других членов малой группы. Таким образом, студенты видят полную картину, как влияет тот или иной фактор на исследуемую величину. Студенты обсуждают между собой в малых группах, какие закономерности можно выявить и почему, индивидуально оформляют отчет по лабораторной работе комплексными выводами, после чего защищают лабораторную работу перед преподавателем.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (http://orioks.miet.ru).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы:** электронные презентации, видеоролики мастер-классов по использованию оборудования для выполнения лабораторных работ и по выполнению расчетных заданий, тестирования в MOODLe).

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	**Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы**	**Перечень программного обеспечения**
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Microsoft Windows MS Office
Учебная аудитория №4136 «Лаборатория микроскопии»	Компьютер с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ, проектор	ОС Microsoft Windows MS Office браузер
Учебная аудитория №4341 «Лаборатория дисперсных систем»	- Спектрально-элипсометрический комплекс "ЭЛЛИПС-1881А - Гониометр Open Science G1345 - Компьютеры с ПО и возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	Windows Microsoft Office браузер
Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows MS Office браузер

10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-3.ФХНМ «Способен применять знания о синтезе и анализе наноструктурированных материалов».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- ***лекции***, цель которых состоит в рассмотрении теоретических вопросов дисциплины;

- ***практические занятия***, цель проведения которых – углубленное изучение некоторый разделов курса, а также контроль выполнения студентами внеаудиторной самостоятельной работы

- ***лабораторные занятия***, цель которых – экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений, формирование профессиональных компетенций, умений и навыков проведения экспериментов, обработки и анализа результатов экспериментов.

- ***внеаудиторная самостоятельная работа***, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации.

В учебной программе дисциплины предусмотрено 4 модуля. Модуль 1 «Основные понятия и классификация наноструктурированных материалов» являются базовым для всех последующих. Изучение модуля 2 «Термодинамика наноразмерных систем» обязателен для дальнейшего изучения модуля 4 «Фазовые равновесия в наносистемах». Модуль 3 «Дисперсные системы» может изучаться параллельно модулю 2 и модулю 4.

Самостоятельная работа студентов направлена на проработку и закрепление лекционного материала, и предварительную подготовку к практическим занятиям: подготовка к лабораторным работам и решение практических задач по материалам пройденных модулей. Одним из решающих условий качественного обучения студентов является их ***активная*** работа на лекциях.

Самостоятельная доработка конспекта лекции представляет собой работу студентов с материалом лекции: студенты выписывают основные положения лекции и формируют по ней краткое резюме, которое разбирается на практическом занятии. Решение практических задач по материалам модулей предполагает самостоятельную проработку материалов семинаров в ходе решения типовых задач модуля. Опыт деятельности, сформированный при выполнении этих заданий, проверяются при выполнении аудиторных контрольных работ.

При работе в **лабораториях практикума** студентам перед выполнением курса лабораторных работ необходимо ознакомиться с правилами по технике безопасности и строго соблюдать и выполнять их требования, а также указания преподавателя (инженерно-технического персонала).

При защите лабораторной работы студент должен показать понимание сущности физико-химических явлений в экспериментальных материалах, объяснить полученные результаты и сделать выводы. Кроме того, студент должен правильно отвечать на контрольные вопросы по лабораторной работе, без использования каких-либо литературных источников и теоретических материалов лабораторной работы и без предварительной подготовки.

Одной из форм обучения, подготовки к практическому занятию, контрольной работе, опросу, защите лабораторных работ является ***консультация у преподавателя***. Преподаватель разъяснит конкретные вопросы, вызвавшие затруднения, а если этот вопрос задан в качестве домашнего задания, поможет подобрать соответствующую литературу, раскрыть профессиональный аспект рассматриваемой проблемы.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительн-балльная система. Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме 60 баллов), активность в семестре (в сумме 10 баллов) и сдача экзамена (30 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: http://orioks.miet.ru/

Получение минимальных баллов по всем контрольным мероприятиям в течение семестра обязательно.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

Разработчики:

Доцент Института ПМТ, к.т.н. _____ /А.А.Дронов /

Ст. преп. Института ПМТ _____ /Ю.В.Назаркина/

Рабочая программа дисциплины «Физико- химия наноструктурированных материалов» по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», направленности (профилю) «Технологии материалов микроэлектроники» разработана в Институте ПМТ и утверждена на заседании Ученого совета Института 19 декабря 2024 года, протокол № 16

Директор Института ПМТ _____ /С.В.Дубков/

Лист согласования

Рабочая программа согласована с Передовой инженерной школой

Директор ПИШ _____ /А.Л.Переверзев /

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК _____/И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки _____/Т.П.Филиппова/