

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

«01» июля 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»

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	<i>научно – исследовательский тип задач:</i> 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 нанoeлектроники: 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://ecsdll.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-эллипсометрический 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 некоторых 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 накопительная 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

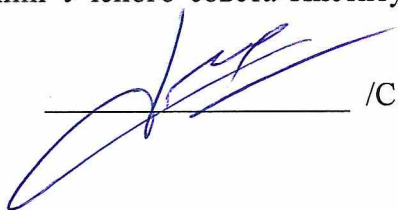
Разработчики:

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

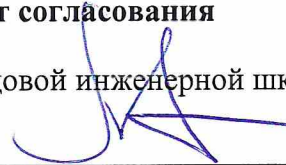
Директор Института ПМТ

 /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/