

ИНСТИТУТ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОНИКЕ, СПИНТРОНИКЕ И ФОТОНИКЕ

КАФЕДРА МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИНТЭЛ

Протокол № 03/3-21

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ И ПОРИСТЫХ СРЕД

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
2	2	72	10	0	20		42	0	3
Итого	2	72	10	0	20	0	42	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина предназначена для ознакомления студентов с оборудованием и современными подходами к интерпретации экспериментальных данных для определения параметров наноматериалов и пористых сред.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является ознакомление студентов с оборудованием и современными подходами к интерпретации экспериментальных данных для определения параметров наноматериалов и пористых сред.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина относится к специальным курсам для углубленной подготовки по направлению физика поверхности и наноматериалы. Для изучения дисциплины студент должен иметь базовое физико-математическое образование (общая физика, высшая математика). Желательно прослушать специализированные курсы: Физика поверхности и Физика твердого тела.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований, построение	Природные и социальные явления и процессы	ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и	З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных

<p>физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений в рамках предметной области по профилю специализации</p>		<p>процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>
<p>Участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий</p>	<p>Природные и социальные явления и процессы</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области в соответствии с целями программы специализированной подготовки магистра</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>3-ПК-3[1] - Знать основные методы исследований, принципы работы приборов и установок в избранной предметной области ; У-ПК-3[1] - Уметь выбирать необходимые технические средства для проведения экспериментальных исследований в избранной предметной области, обрабатывать полученные экспериментальные результаты;</p>

			В-ПК-3[1] - Владеть навыками работы с исследовательским и испытательным оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области
	инновационный;		
Проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач	Природные и социальные явления и процессы	<p>ПК-5 [1] - Способен применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования, принципы экспертизы продукции для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий ;</p> <p>У-ПК-5[1] - Уметь применять физические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий;</p> <p>В-ПК-5[1] - Владеть навыками теоретического и экспериментального исследования, математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий</p>

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Теория адсорбции и экспериментальная техника	1-6	8/0/10		30	КИ-6	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
2	Жидкостная порометрия и пикнометрия	7-12	2/0/10		30	КИ-12	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		10/0/20		60		
	Контрольные мероприятия за 2 Семестр				40	3	3-ПК-1, У-

							ПК-1, В- ПК-1, З-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, З-ПК- 5, У- ПК-5, В- ПК-5
--	--	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	10	0	20
1-6	Теория адсорбции и экспериментальная техника	8	0	10
1	Газовая адсорбция Введение. Физическая и химическая адсорбция. Физсорбционные силы. Физсорбция на плоской поверхности.	Всего аудиторных часов		
		2	0	5
		Онлайн		
		0	0	0
2	Адсорбционные изотермы Размер пор и потенциал адсорбции. Классификация адсорбционных изотерм.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Адсорбционные механизмы Теории Ленгмюра и БЭТ. Теория многослойной адсорбции. Адсорбция в микропористых материалах. Адсорбция в мезопорах.	Всего аудиторных часов		
		2	0	5
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Измерение физсорбции Экспериментальные методы для измерения физсорбции. Стандарты, Стандартные образцы. Пробоподготовка. Манометрический метод измерения.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7-12	Жидкостная порометрия и пикнометрия	2	0	10

7 - 10	Жидкостная порометрия Ртутная порометрия или заполнение несмачивающей жидкостью. Уравнение Лапласа. Контактный угол и смачивание. Теория гистерезиса.	Всего аудиторных часов		
		1	0	5
		Онлайн		
11 - 12	Пикнометрия Измерение плотности. Истинная плотность. Стандартные методы.	Всего аудиторных часов		
		1	0	5
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>2 Семестр</i>
	Адсорбционные методы Выполнение лабораторной работы "Исследование пористых систем методом адсорбции"
	Жидкостная порометрия Выполнение лабораторной работы "Исследование нанопористых материалов методом жидкостной порометрии"
	Пикнометрия Выполнение лабораторной работы "Исследование плотности нанопористых материалов методом гелиевой пикнометрии"

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Дисциплина реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий с использованием компьютерных технологий, а также, проведение занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-6, КИ-12
	У-ПК-1	З, КИ-6, КИ-12
	В-ПК-1	З, КИ-6, КИ-12
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-6, КИ-12
	У-ПК-3	З, КИ-6, КИ-12
	В-ПК-3	З, КИ-6, КИ-12
ПК-5	З-ПК-5	З, КИ-6, КИ-12
	У-ПК-5	З, КИ-6, КИ-12
	В-ПК-5	З, КИ-6, КИ-12

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 –	F	Оценка «неудовлетворительно»

	«неудовлетворительно»		выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
--	-----------------------	--	--

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Г80 Исследование оптических свойств наноразмерных структур в жидкости : учебно-методическое пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 544 Т50 Молекулярная теория адсорбции в пористых телах : , Москва: Физматлит, 2012
3. 620 Б43 Исследование нанопористых материалов методом жидкостной порометрии : лабораторная работа, А. А. Белогорлов, А. М. Грехов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011
4. 538 Б43 Лабораторная работа "Исследование пористых систем методом адсорбции" : учебное пособие для вузов, А. А. Белогорлов, И. В. Тронин, Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 544 Р67 Физикохимия поверхности : , В. И. Ролдугин, Долгопрудный: Интеллект, 2008
2. 544 А32 Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : , Российская академия наук, Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина, Москва: Граница, 2011

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

При освоении дисциплины студенту необходимо освоить теоретические основы методов исследования структуры наноматериалов и пористых сред и научиться пользоваться приборами для исследования структуры наноматериалов и пористых сред.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В помощь лектору рекомендуется использовать литературу:

а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1 620 Белогорлов А.А.;Грехов А.М.

Б43 Исследование нанопористых материалов методом жидкостной порометрии : лабораторная работа, А. А. Белогорлов, А. М. Грехов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

2 544 Ролдугин В.И.

Р67 Физикохимия поверхности : , В. И. Ролдугин, Долгопрудный: Интеллект, 2008

3 544 Товбин Ю.К.

Т50 Молекулярная теория адсорбции в пористых телах : , Москва: Физматлит, 2012

4 538 Тронин И.В.;Белогорлов А.А.

Б43 Лабораторная работа "Исследование пористых систем методом адсорбции" : учебное пособие для вузов, А. А. Белогорлов, И. В. Тронин, Москва: МИФИ, 2008

б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1 544

А32 Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : , Российская академия наук, Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина, Москва: Граница, 2011

При преподавании дисциплины преподавателю необходимо дать возможность студентам освоить теоретические основы методов исследования наноматериалов и пористых сред, научить пользоваться приборами для исследования наноматериалов и пористых сред.

Нужно рассказать о различиях между физической и химической адсорбцией, объяснить механизм физсорбции газов на поверхности пористых сред. Дать физическое объяснение отличия физсорбции на плоской поверхности от физсорбции в поре. Показать связь размера пор и потенциала адсорбции. Дать классификацию адсорбционных изотерм и показать связь между формой пор и видом адсорбционной изотермы.

Необходимо дать основные положения теории Ленгмюра и теории многослойной адсорбции БЭТ с четким объяснением границ применимости данных моделей на примере адсорбции в микропористых материалах и в мезопорах. Объяснить основные принципы экспериментальных методов для измерения физсорбции.

При объяснении метода ртутной порометрии дать физический смысл уравнения Лапласа. Рассказать о новых моделях, разрабатываемых для описания заполнения пористых сред несмачивающими жидкостями. Дать понятие гистерезиса и основные причины его возникновения в рамках современных представлений.

Описать основные методы для измерения плотности материалов. Сделать упор на газовом методе. Рассказать об основных источниках погрешности при измерении плотности стандартными методами.

Лабораторные работы проводить, по возможности, не более чем с двумя студентами на одной установке.

Автор(ы):

Белогорлов Антон Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Грехов А.М.