

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
природоподобных, плазменных и
ядерных технологий им. И.В.**

Курчатова

Т.Е. Григорьев

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Лабораторный практикум по природоподобным технологиям
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Термоядерная энергетика и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 45 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составили:

А.В. Емельянов, канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель

Н.В. Марченков, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры нано-, био-, информационных и когнитивных технологий
29.03.2024

Аннотация

Целью дисциплины является вовлечение студентов в научную работу по основным направлениям деятельности Курчатовского комплекса НБИКС-технологий. Курчатовский НБИКС-центр, ориентированный на междисциплинарные исследования и разработки, проводит исследования в области нано-, био-, информационных, когнитивных, социогуманитарных наук и технологий, с использованием рентгеновского, синхротронного и нейтронного излучений.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- ознакомить студентов с экспериментальными методами исследования структуры, состава и свойств сложных физических и биологических систем путем проведения измерений на современном оборудовании Ресурсных центров Курчатовского комплекса НБИКС-технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Задачи дисциплины

- освоение техники проведения измерений;
- обработки результатов и анализа полученных данных в следующих экспериментальных методах: рентгеновская дифракция, рентгено-флуоресцентный анализ;
- просвечивающая электронная микроскопия, растровая электронная микроскопия, дифференциальная сканирующая калориметрия, определение гидрофильности и гидрофобности поверхности.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений

избранной предметной области

ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные положения разделов общей физики – классической механики, термодинамики и молекулярной физики;
- классической электродинамики, оптики, атомной и ядерной физики;
- базовые принципы квантовой механики;
- основы неорганической и биологической химии.

уметь:

- проводить измерения и обрабатывать их результаты;
- устанавливать связи между наблюдаемыми явлениями и математическими моделями, описывающими эти явления.

владеть:

- математическими методами обработки результатов измерений.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Рентгеноструктурный анализ поликристаллических образцов.			5	5
2	Рентгено-флуоресцентный анализ.			5	5
3	Просвечивающая электронная микроскопия.			5	5
4	Растровая электронная микроскопия.			5	5
5	Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы.			5	5
6	Изучение параметров гидрофильности и гидрофобности поверхности.			3	3
7	СКВИД-магнитометр.			1	1
8	Система измерения характеристик полупроводников Keithley 4200.			5	5
9	Дифференциальный сканирующий калориметр Perkin Elmer DSC 8500.			1	1
10	ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS5.			5	5
11	ЯМР спектрометр.			5	5
Итого часов				45	45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

1. Рентгеноструктурный анализ поликристаллических образцов.

Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга. Минимальная длина атомной решетки, которая может быть разрешена методом дифракции при фиксированной длине волны рентгеновского излучения. Рефлексы, порядок рефлекса. Типы кристаллических решеток. Роль толщины кристалла в определении параметра решетки. Устройство рентгеновского дифрактометра Bruker 8 Advance.

2. Рентгено-флуоресцентный анализ.

Принципы рентгено-флуоресцентного анализа. Спектры излучения известных элементов (Mg, Al, Cu, W, Pb, Bi) и диаграммы Мозли. Определение неизвестных элементов в образцах (качественный анализ). Устройство рентгеновского флуоресцентного спектрометра S4 Pioneer фирмы Bruker AXS, предназначенного для определения элементного состава различных материалов. Качественный и количественный элементный анализ всех элементов от углерода до урана в пробах, находящихся в порошкообразном, твердом и жидком состояниях.

3. Просвечивающая электронная микроскопия.

Дифракционный предел. Дифракция электронов на кристаллической решетке. Теоретические основы просвечивающей электронной микроскопии. Компоненты просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ). Методы подготовки образцов для измерений на ПЭМ. Информация об образце, извлекаемая из полученных экспериментальных данных. Режимы работы ПЭМ, формирование контраста. Методы визуализации. Устройство электронно-ионного микроскопа Helios.

4. Растровая электронная микроскопия.

Назначение растрового электронного микроскопа (РЭМ). Пространственное разрешение, диапазон увеличений РЭМ. Принципы работы и схема РЭМ. Виды взаимодействий электронов с веществом, генерирующие различные сигналы, содержащие информацию о топографии и материале образца. Режимы работы и регистрация изображений в РЭМ. Подготовка образцов для работы с РЭМ. Устройство и характеристики современного микроскопа просвечивающего растрового электронного Titan 80-300.

5. Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы.

Виды термического анализа вещества: дифференциальный термический анализ (ДТА), дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК), термогравиметрический анализ (ТГА), термомеханический анализ (ТМА). Характеристики вещества, которые можно измерять с помощью различных видов термического анализа. Условия, при которых реализуются виды термического анализа. Устройство дифференциального сканирующего калориметра Perkin Elmer DSC 8500.

6. Изучение параметров гидрофильности и гидрофобности поверхности.

Процессы, происходящие на поверхности твердых тел. Гидрофильные и гидрофобные материалы. Иммерсионное и контактное смачивание поверхности. Поверхностное натяжение. Краевой угол смачивания поверхности, методы его измерения. Определение краевых углов смачивания с помощью системы анализа формы капли KRUSS DSA30E. Методы оценки формы капли.

7. СКВИД-магнитометр.

Знакомство с устройством и принципом работы СКВИД-магнитометра

8. Система измерения характеристик полупроводников Keithley 4200.

Изучение статических характеристик биполярного транзистора

9. Дифференциальный сканирующий калориметр Perkin Elmer DSC 8500.

Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы

10. ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS5.

Изучение состава и структуры полимерных материалов методом ИК-спектроскопии

11. ЯМР спектрометр.

Определение динамической структуры белка методом ЯМР спектроскопии

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

ресурсные центры Курчатовского комплекса НБИКС-технологий Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», оснащенные следующим специальным оборудованием для проведения исследований в области физического материаловедения: рентгеновский дифрактометр Bruker 8 Advance, рентгеновский флуоресцентный спектрометр S4 Pioneer, оборудование для пробоподготовки, электронно-ионный микроскоп Helios, микроскоп просвечивающий растровый электронный Titan 80-300, дифференциальный сканирующий калориметр Perkin Elmer DSC 8500, система анализа формы капли KRUSS DSA30E. СКВИД-магнитометр. Система измерения характеристик полупроводников Keithley 4200. Дифференциальный сканирующий калориметр Perkin Elmer DSC 8500. ИК-Фурье спектрометр Nicolet iS5. ЯМР спектрометр.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Основы биохимии Ленинджера [Текст] : в 3 т. = *Leninger Principles of Biochemistry* : [учеб. пособие для вузов] / Д. Нельсон, М. Коке ; пер. с англ. Т. П. Мосоловой [и др.] ; под ред. А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. — (Лучший зарубежный учебник). — Т.2 : Биоэнергетика и метаболизм. - 2012. - 636 с.
2. Основы биохимии Ленинджера [Текст] : в 3 т. = *Leninger Principles of Biochemistry* : [учеб. пособие для вузов] / Д. Нельсон, М. Коке ; пер. с англ. Т. П. Мосоловой [и др.] ; под ред. А. А. Богданова, С. Н. Кочеткова. — М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012. — (Лучший зарубежный учебник). — Т.1 : Основы биохимии. Строение и катализ. - 2012. - 694 с.
3. Биохимия человека [Текст] : в 2 т. Т.2 = *Harper's Biochemistry* : учебник для вузов / Р. Марри [и др.] ; пер. с англ. М. Д. Гроздовой [и др.] под ред. Л. М. Гиномана. — М. : Мир, 1993. — 415 с.

Фонд литературы кафедры

4. Элиот В., Элиот Д. Биохимия и молекулярная биология, – М.: Издательство Биомедицинской химии РАМН, 1999.
5. Кнорре Ю.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. – М.: Высшая школа, 2003.
6. Беллами Л. Инфракрасные спектры молекул. – М.: Издательство иностранной литературы, 1963. – 444 с.
7. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2012. –557 с.
8. Калашников С.Г. Электричество. М.: Физматлит, 2003.
9. Иродов И. Е. Электромагнетизм. Основные законы. 2006 г.

Дополнительная литература
Фонд литературы кафедры

1. Поль Р.В. Оптика и атомная физика. – М.: Наука, 1966.
2. Уэндландт У. Термические методы анализа. – М.: Мир, 1978.
3. Моррисон С. Химическая физика поверхности твердого тела. – М.: Мир, 1980.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. <http://www.Sci-lib.com> – Большая научная библиотека.
2. <http://physics.nglib.ru/catalog.jsp?rubric=14> – литература по физике в электронной Библиотеке Технической Литературы «Нефть и Газ».
3. <http://arXiv.org> – CornellUniversityLibrary– Библиотека Корнельского Университета, электронный ресурс arXiv.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

MATLAB, Mathcad, Scilab, WolframMathematica.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Для успешного освоения курса, помимо выполнения лабораторных работ, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее, чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Термоядерная энергетика и плазменные технологии Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра нано, био, информационных и когнитивных технологий
курс:	3
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Разработчики:

А.В. Емельянов, канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель
Н.В. Марченков, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Знает и умеет применять численные математические методы и прикладное программное обеспечение для решения научных задач в профессиональной области
	ОПК-2.3 Знает основные требования информационной безопасности
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.2 Знает основные источники научно-технической и (или) технологической информации в области профессиональной деятельности
	ОПК-4.3 Умеет составлять аннотации, рефераты, библиографические перечни и обзоры информации в области своей профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Лабораторный практикум по природоподобным технологиям» обучающийся должен:

знать:

- основные положения разделов общей физики – классической механики, термодинамики и молекулярной физики;
- классической электродинамики, оптики, атомной и ядерной физики;
- базовые принципы квантовой механики;
- основы неорганической и биологической химии.

уметь:

- проводить измерения и обрабатывать их результаты;
- устанавливать связи между наблюдаемыми явлениями и математическими моделями, описывающими эти явления.

владеть:

- математическими методами обработки результатов измерений.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий.

11. Фонд оценочных средств

11.1. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Лабораторный практикум по НБИК-технологиям» осуществляется в форме дифференцированного зачёта.

Для получения дифференцированного зачёта студенту необходимо выполнить заданное количество лабораторных работ. Для выполнения каждой лабораторной работы студент должен подготовиться к выполнению работы, сдать подготовку преподавателю, выполнить экспериментальную часть работы, выполнить необходимые расчёты и оформить работу, сдать работу преподавателю. Для получения дифференцированного зачёта по каждой работе предусмотрены контрольные вопросы.

Работа 1. Рентгеноструктурный анализ поликристаллических образцов.

Контрольные вопросы:

1. Вывести формулу Брэгга.
2. Чему равна минимальная длина атомной решетки, которая может быть разрешена методом дифракции при фиксированной длине рентгеновского излучения?
3. Почему, если рефлекс первого порядка является запрещенным, то рефлекс второго порядка, как правило, разрешен?
4. В примитивной кубической решетке рефлекс $[221]$ и $[300]$ соответствуют одному брэгговскому углу. Найдите другие накладывающиеся пары.
5. Какую роль играет толщина кристалла в определении параметра решетки?

Работа 2. Рентгено-флуоресцентный анализ.

Контрольные вопросы:

1. Почему у водорода нет рентгеновского спектра?
2. Почему нет рентгеновских спектров поглощения?
3. Принципы рентгено-флуоресцентного анализа.
4. Что такое диаграммы Мозли?
5. Устройство рентгеновского флуоресцентного спектрометра.

Работа 3. Просвечивающая электронная микроскопия.

Контрольные вопросы:

1. Каково устройство вакуумной системы просвечивающего электронного микроскопа?
2. Принцип работы электронного микроскопа в режиме изображения и электронографа.
3. Какие приставки для аналитической просвечивающей электронной микроскопии вам известны?
4. От чего зависит разрешение в ПЭМ и как можно его улучшить (на примере FEI Titan 80-300)?
5. Какое рассеяние вносит основной вклад в изображения с Z-контрастом?
6. Какова зависимость интенсивности изображения атома от номера Z ?

Работа 4. Растровая электронная микроскопия.

Контрольные вопросы:

1. Принципы работы и схема РЭМ.
2. Как подготавливаются образцы для работы с РЭМ?
3. Каковы режимы работы РЭМ?
4. Как осуществляется регистрация изображений в РЭМ?
5. Какую информацию о топографии и материале образца можно получить с помощью РЭМ?

Работа 5. Дифференциальная сканирующая калориметрия: исследование тепловых эффектов, сопровождающих фазовые и релаксационные переходы.

Контрольные вопросы:

1. Какие виды термического анализа вещества Вам известны и какие характеристики вещества можно измерять с помощью различных видов термического анализа?
2. Опишите устройство дифференциального сканирующего калориметра Perkin Elmer DSC 8500.
3. Каковы особенности ДТА полимеров?

Работа 6. Изучение параметров гидрофильности и гидрофобности поверхности.

Контрольные вопросы:

1. Дайте два определения поверхностного натяжения.
2. Приведите примеры гидрофильных и гидрофобных материалов.
3. Расскажите о способах изменения смачиваемости поверхности материалов.
4. Расскажите о методах определения краевого угла из формы капли.

4. Критерии оценивания

Оценка	Баллы	Критерии
отлично	10	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
	9	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.
	8	Выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

хорошо	7	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.
	6	Выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.
	5	Выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.
удовлетворительно	4	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.
	3	Выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.
неудовлетворительно	2	Выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.
	1	Выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

11.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Дифференцированный зачет проводится по итогам текущей успеваемости (по результатам сдачи лабораторных работ).