

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
электроники, фотоники и
молекулярной физики**

В.В. Иванов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине:	Современные методы исследования
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра вакуумной электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: И.Н. Косарев, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры вакуумной электроники 29.05.2020

Аннотация

Курс "Современные методы исследований" представляет собой обзор современных методов исследований материалов, а также их физических свойств. В рамках курса слушатели знакомятся с различными классами современных наукоемких лабораторных приборов, их возможностями и принципами работы.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- расширение первоначальных знаний студентов в выборе современных методов исследования для решения задач, связанных с исследованием различных материалов, а также их физических свойств.

Задачи дисциплины

- расширение кругозора студентов в теме современных методов лабораторных исследований. Ознакомление с возможностями, особенностями и физическими принципами работы оборудования. Обозначить цели, задачи и перспективы использования измерительных приборов различных типов.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
	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

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

основные типы современных методов исследования и приборов на их основе. Знать физические принципы и ограничения методов, а так же основные цели их применения и перспективы развития.

уметь:

проводить оценки параметров и диапазонов работы основных типов приборов, описанных в данном курсе.

владеть:

представлениями о физических принципах измерений и получения информации с помощью современных лабораторных приборов.

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	Основные принципы измерений	4			6
2	Получение скоростных изображений	2			6
3	Оптическая спектроскопия	4			6
4	ИК-Фурье спектроскопия	4			6
5	Электронная микроскопия	2			6
6	Атомно-силовая микроскопия	2			6
7	Масс спектрометрия	4			6
8	Магнитная радиоспектроскопия	2			6
9	Рентгеноструктурный анализ	4			6
10	СВЧ интерферометрия	2			6
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 7 (Осенний)

1. Основные принципы измерений

Основные измеряемые параметры. Виды измерений. Характеристики измерительных приборов.

Общий принцип измерений. Калибровка. Погрешности. Типы шумов.

2. Получение скоростных изображений

Приемники изображений. Электронно-оптические преобразователи. Принцип скоростной фотосъемки. Стрик-изображения. Общая эффективность оптической системы. Синхронизация быстрых процессов.

3. Оптическая спектроскопия

Принцип работы спектрального прибора. Спектроскопия поглощения. Спектроскопия излучения.

Лазерная спектроскопия.

4. ИК-Фурье спектроскопия

Принцип работы ИК-Фурье спектрометра. Преимущества и ограничения ИК-Фурье спектроскопии. Принципы получения и расшифровки спектра.

5. Электронная микроскопия

Источники электронов. Растровый электронный микроскоп. Элементный анализ образцов. Просвечивающий электронный микроскоп. Особенности работы и ограничения. Перспективы электронной микроскопии.

6. Атомно-силовая микроскопия

Принцип атомно-силовой микроскопии. Виды сканирования поверхности. Возможности использования различных кантиливеров. Сканирующий туннельный микроскоп. Комбинированные методы исследования поверхности.

7. Масс спектрометрия

Основные типы масс-анализаторов. Времяпролетный масс спектрометр. Секторный магнитный масс спектрометр. Квадрупольный масс спектрометр. Омегатронный масс-спектрометр.

Масс-спектрометр ионно-циклотронного резонанса.

8. Магнитная радиоспектроскопия

Гиромагнитное отношение. Электронный и ядерный g – фактор. Эффект Зеемана. Принцип работы ЯМР спектрометра. Принцип работы ЭПР спектрометра. Спиновые эффекты.

9. Рентгеноструктурный анализ

Условие Вульфа-Брэгга. Принцип рентгеноспектрального микроанализа. Рентгенодифрактометрический метод. Метод Лауэ. Метод Дебая — Шеррера. Дифракционная рентгеновская томография.

10. СВЧ интерферометрия

Принцип СВЧ интерферометрии. Типы СВЧ интерферометров. Особенности объекта измерений и ограничения метода.

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

учебная аудитория, снабженная доской, проектором и экраном.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

Литература выдается студентам на кафедре.

1. Клаассен К.Б. Основы измерений. Электронные методы и приборы в измерительной технике. М.: Постмаркет, 2000.
2. Ельяшевич М.А. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: КомКнига, 2006.
3. Лебедева В.В. Экспериментальная оптика. М.: Изд-во МГУ, 1999
4. Карлов Н.В.. Лекции по квантовой электронике. М.:Наука, 1988.
5. А.Т.Лебедев. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
6. Родин В.В. Методы магнитного резонанса. Учебное пособие. /М.: МФТИ, 2004.
7. Чижик В.И. Ядерная магнитная релаксация. СПб.: Изд. С.-Петербургского университета, 2004.

Дополнительная литература

Литература выдается студентам на кафедре.

1. Малышев В.И. Введение в экспериментальную спектроскопию. М.:Наука, 1979.
2. Фаррар Т., Беккер Э. Импульсная и Фурье спектроскопия ЯМР. М.: Мир, 1973

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

Не используются

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

не предусмотрены.

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

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Физика перспективных технологий: электроника и квантовые технологии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра вакуумной электроники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	И.Н. Косарев, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ПК-1 Способен планировать и проводить научные эксперименты (в избранной предметной области) и (или) теоретические (аналитические и имитационные) исследования	ПК-1.1 Владеет фундаментальными понятиями, законами и теориями современной физики
	ПК-1.4 Умеет строить математические модели для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.3 Умеет производить оценку точности численных методов, используемых на ЭВМ, вычислительной сложности используемых алгоритмов и объема требуемых вычислительных ресурсов
	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

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современные методы исследования» обучающийся должен:

знать:

основные типы современных методов исследования и приборов на их основе. Знать физические принципы и ограничения методов, а так же основные цели их применения и перспективы развития.

уметь:

проводить оценки параметров и диапазонов работы основных типов приборов, описанных в данном курсе.

владеть:

представлениями о физических принципах измерений и получения информации с помощью современных лабораторных приборов.

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

В целях проведения текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по теме предыдущего занятия.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Высокоскоростные методы получения изображений. Разрешающая способность и чувствительность. Синхронизация. Стрик-изображения.
2. Инфракрасная спектроскопия. Область применения метода, приборы.
3. Условие Вульфа-Брэгга. Рентгеноструктурный анализ. Принцип рентгеноспектрального микроанализа и его применение.
4. Масс спектрометрический метод анализа. Физические основы метода, область применения, разновидности приборов.

5. Спектры испускания и возбуждения. Люминесценция. Квантовый выход. Время жизни возбужденного состояния
6. Оптическая спектроскопия; методы, основанные на поглощении, испускании и рассеянии света. Основные узлы спектральных приборов.
7. Погрешности аналоговых и цифровых измерительных устройств. Характеристики измерительных систем: чувствительность, разрешающая способность, порог чувствительности, динамический диапазон, полоса пропускания.
8. Принцип действия лазера. Генерация коротких импульсов. Лазер с модулированной добротностью. Лазерные методы исследования вещества.
9. Магнитная радиоспектроскопия: ЭПР, ЯМР. Структурные и динамические характеристики молекул, определяемые радиоспектральными методами. Блок-схема радиоспектрометра и рабочие диапазоны частот
10. Селекция излучения. Диспергирующие элементы: призма, дифракционная решетка, интерферометр. Фотоэлектронные умножители. Электронно-оптические преобразователи
11. Принцип работы и возможности растрового электронного микроскопа. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Детектор вторичных электронов.
12. Принципы работы и возможности атомно-силового и сканирующего туннельного микроскопов. Типы способов сканирования поверхности.
13. Принцип работы СВЧ интерферометра. Измерение плотности электронов. Способы применения СВЧ интерферометров. I/Q детектор.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - 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.

Оценка отлично 9 баллов - 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.

Оценка отлично 8 баллов - 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.

Оценка хорошо 7 баллов - 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.

Оценка хорошо 6 баллов - 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.

Оценка хорошо 5 баллов - 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.

Оценка удовлетворительно 4 бала - 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.

Оценка удовлетворительно 3 бала - 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.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - 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.

Оценка неудовлетворительно 1 бал - 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.

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

При проведении устного дифференцированного зачета студенту выделяется 40 минут на подготовку.