

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



«УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и экономическому развитию

Д.А. Зубцов

Рабочая программа дисциплины (модуля)

по дисциплине: Электронная микроскопия
по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

практические и семинарские занятия: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 18 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 108, всего зач. ед.: 3

Программу составили:

Б.А. Кульницкий, д-р физ.-мат. наук

И.А. Пережогин, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры

10 июля 2015 г.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

В.Д. Бланк

Начальник учебного управления

И.Р. Гарайшина

Декан факультета

В.М. Некипелов

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью курса является освоение студентами фундаментальных знаний в области электронной микроскопии, изучение физических основ и возможностей работы просвечивающего электронного микроскопа.

Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области физического материаловедения;
- приобретение теоретических знаний в области исследования различных процессов, происходящих при взаимодействии электронного пучка с образцом, принципов и физических основ работы просвечивающего электронного микроскопа
- оказание консультаций и помощи студентам в проведении собственных теоретических и экспериментальных исследований в области электронной микроскопии;
- обучение навыков обработки данных, полученных на электронном микроскопе применительно к конкретным образцам – наноматериалам.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс "Электронная микроскопия" является дисциплиной, формирующей у обучающегося профессиональные навыки и компетенции.

Для освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- знать фундаментальные законы молекулярной физики, термодинамики и оптики
- знать основные понятия квантовой физики
- знать фундаментальные понятия и законы общей, неорганической и органической химии
- владеть номенклатурой органических и неорганических веществ
- владеть порядком численных величин, характерных для различных разделов физики

Данная дисциплина относится к вариативной части

Дисциплина «Электронная микроскопия» базируется на дисциплинах:

- Общая и неорганическая химия;
- Физические методы исследований;
- Физические методы исследований: лабораторный практикум;
- Введение в математический анализ;
- Вычислительная математика;
- Дифференциальные уравнения;
- Линейная алгебра;
- Основы химической физики;
- Теория вероятностей;
- Теория функций комплексного переменного;
- Уравнения математической физики;
- Общая физика: лабораторный практикум;
- Общая физика: термодинамика и молекулярная физика;
- Общая физика: оптика;
- Аналитическая геометрия;
- Основы химической физики: лабораторный практикум;
- Кратные интегралы и теория поля;
- Общая физика: механика;
- Общая физика: электричество и магнетизм;

Многомерный анализ, интегралы и ряды;
Гармонический анализ;
Общая физика: квантовая физика.

Дисциплина «Электронная микроскопия» предшествует изучению дисциплин:
Научно-исследовательская работа.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- виды приборов электронной микроскопии: просвечивающая электронная микроскопия;
- просвечивающая растровая(сканирующая) электронная микроскопия (ПРЭМ);
- растровая (сканирующая) электронная микроскопия;
- методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации;
- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики и химии.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получить и провести содержательную интерпретацию научного результата;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- методом исследования объектов с помощью потока электронов, позволяющих изучить структуру этих объектов на макромолекулярном и субклеточном уровнях;
- навыками решения типовых задач и задач повышенной трудности теоретического и экспериментального плана с использованием методов вычислительной математики и информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;

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	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практические и семинарские занятия	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Введение в дифракцию электронов	6	6			4
2	Волны и интерференция. Волновая механика и формирование изображения	4	4			2
3	Идеальные или гауссовы изображения	4	4			2
4	Коллективные возбуждения и энергетические потери в твердых телах	4	4			2
5	Сечения рассеяния.	4	4			2
6	Темнопольная микроскопия.	4	4			2
7	Электронная микроскопия высокого разрешения.	4	4			4
Итого часов		30	30			18
Подготовка к экзамену		30 час.				

Общая трудоёмкость	108 час., 3 зач.ед.
--------------------	---------------------

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

Семестр: 8 (Весенний)

1. Введение в дифракцию электронов

Введение в дифракцию электронов. Кинематическая теория дифракции электронов. Геометрия электронограмм. Интенсивность дифракции. Кинематическая теория контраста. Динамическая теория контраста на изображении.

Эффекты диффузного рассеяния на электронограммах. Форма узлов. Тонкие пластинки. Игольчатые выделения. Дифракционный контраст. Эффекты, связанные с наличием упругой деформации. Диффузное рассеяние. Экстинционные контуры. Качество изображения и разрешение

2. Волны и интерференция.

Волновая механика и формирование изображения

Когерентная длина. Волновой пакет. Интенсивность волны.

Волновая механика и формирование изображения

3. Идеальные или гауссовы изображения

Сила Лоренца. Линзы. Формула линзы. Ход лучей в микроскопе. Диафрагмы. Аберрации.

4. Коллективные возбуждения и энергетические потери в твердых телах

Коллективные возбуждения и энергетические потери в твердых телах.

Плазменное возбуждение. Нагрев образца и радиационные нарушения. Неупругие столкновения.

5. Сечения рассеяния.

Дифференциальное эффективное сечение. Эффективная толщина. Кривая распределения интенсивности. Однократное и многократное рассеяние.

6. Темнопольная микроскопия.

Темнопольная микроскопия. Стереомикроскопия и анализ следов.

Кристаллографические данные, получаемые из электронограмм. Эффект формы. Двойники. Экстра –рефлексы. Лоренцева микроскопия магнитных доменов.

7. Электронная микроскопия высокого разрешения.

Электронная микроскопия высокого разрешения. Особенности современных просвечивающих электронных микроскопов. Дополнительные приставки к электронному микроскопу.

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

Учебная аудитория, персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)

6. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная литература

1. Л.М.Утевский, Дифракционная электронная микроскопия, Москва, Металлургия, 1973, 584 стр.
2. Р.Хейденрайх, Основы просвечивающей электронной микроскопии, Москва, Мир, 1966, 471 стр.
3. Основы аналитической электронной микроскопии, под редакцией Дж.Дж.Грена, Дж. И. Гольдштейна, Д.К.Джоя и А.Д.Ромига, Москва, Металлургия, 1990, 584 стр. 3.
4. Эндрюс К, Дайсон, Д., Киоун С., Электронограммы и их интерпретация, М., Мир, 1971, с. 259.
5. Д.Синдо, Т.Оикава, Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия, Москва, Техносфера, 2006, 249 с.

Дополнительная литература

1. П.Хирш, Ф.Хови, Р.Николсон, Д.Пэшли, М.Уэлан, Электронная микроскопия тонких кристаллов, Москва, Мир, 1968, 574 стр.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- 1.Пережогин И.А., Кульницкий Б.А. //Учебно-методическое пособие «Основы электронной микроскопии» Изд. МФТИ (ГУ)-ФГБНУ ТИСНУМ, 2011, с. 36.

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

Обеспечение самостоятельной работы (доступ в Интернет и т. д.)
www.xumuk.ru
femto.com.ua

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

Необходимое программное обеспечение: программный пакет Carine

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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 и понятия 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 преподавателю.

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

11. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации по итогам обучения

Приложение

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

по направлению: Прикладные математика и физика (бакалавриат)
профиль подготовки: Химическая физика и свойства наноструктур
Факультет молекулярной и химической физики
кафедра физики и химии наноструктур
курс: 4
квалификация: бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8(Весенний) - Экзамен

Разработчики:

Б.А. Кульницкий, д-р физ.-мат. наук
И.А. Пережогин, канд. физ.-мат. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Освоение дисциплины направлено на формирование у обучающегося следующих общекультурных (ОК), общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Электронная микроскопия» обучающийся должен:

знать:

- виды приборов электронной микроскопии: просвечивающая электронная микроскопия;
- просвечивающая растровая(сканирующая) электронная микроскопия (ПРЭМ);
- растровая (сканирующая) электронная микроскопия;
- методики подготовки изучаемых объектов, обработки и анализа результирующей информации;
- численные порядки величин, характерные для различных разделов физики;
- современные проблемы физики и химии.

уметь:

- абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получить и провести содержательную интерпретацию научного результата;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- методом исследования объектов с помощью потока электронов, позволяющих изучить структуру этих объектов на макромолекулярном и субклеточном уровнях;
- навыками решения типовых задач и задач повышенной трудности теоретического и экспериментального плана с использованием методов вычислительной математики и информатики;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;

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

1) Комплект задач.

1. Построить стереопроекцию полюсов типа $\{111\}$ кубической решетки; направление в центре круга проекций (ось зоны) – $[112]$.
2. Построить стереопроекцию направлений типа $[110]$ кубической решетки; направление в центре круга проекций (ось зоны) – $[110]$.
3. Построить стереопроекцию направлений типа $[111]$ и $[001]$ кубической решетки; направление в центре круга проекций (ось зоны) – $[001]$.
4. Построить стереопроекцию направлений типа $[110]$ кубической решетки; направление в центре круга проекций (ось зоны) – $[111]$.
5. Построить сечение обратной решетки для гранецентрированной кубической решетки; ось зоны: $[110]$.
6. Построить сечение обратной решетки для гранецентрированной кубической решетки; ось зоны: $[112]$.
7. Построить сечение обратной решетки для гранецентрированной кубической решетки; ось зоны: $[111]$.
8. Построить сечение обратной решетки для гранецентрированной кубической решетки; ось зоны: $[100]$.
9. Построить сечение обратной решетки для объемцентрированной кубической решетки; ось зоны: $[110]$.
10. Построить сечение обратной решетки для объемцентрированной кубической решетки; ось зоны: $[111]$.
11. Построить сечение обратной решетки для объемцентрированной кубической решетки; ось зоны: $[112]$.
12. Построить сечение обратной решетки для объемцентрированной кубической решетки; ось зоны: $[113]$.

2) Перечень контрольных вопросов для сдачи зачета в 8-ом семестре.

1. Определение векторов и операции над векторами в атомной решетке.
2. Определение базисных векторов обратной решетки.
3. Межплоскостные расстояния.
4. Соотношения между базисными векторами атомной и обратной решеток.
5. Определение межплоскостных расстояний, их связь с векторами обратной решетки.
6. Переход от трехиндексного к четырехиндексному (и обратно) обозначению направлений и плоскостей в гексагональной решетке.
7. Определение оси зоны плоскостей.
8. Определение индексов плоскости, содержащей заданные направления.
9. Матрицы ориентационных соотношений, определение.

10. Параллельность плоскостей в разных решетках – связь между индексами.
11. Параллельность направлений – связь между индексами.
12. Связь между направлениями в прямой и обратной решетке.
13. Простые и сложные решетки.
14. «Разрешенные» и «запрещенные» плоскости (рефлексы на дифрактограмме).
15. Структурные факторы.
16. Стереографическая проекция.
17. Методы решения наиболее распространенных задач при помощи стереопроекции – построение направления или плоскости, составляющего известный угол с заданными, построение оси зоны плоскостей, построение плоскости, в которой лежат данные направления, определение угла между двумя плоскостями или двумя направлениями.
18. Двойникование кристаллов.
19. Связь между кристаллографическими индексами плоскостей и направлений в кристалле и его двойнике.
20. Построение сечений обратных решеток.
21. Эффекты диффузного рассеяния на электронограммах.
22. Плазменное возбуждение. Нагрев образца и радиационные нарушения.
23. Эффекты, связанные с наличием упругой деформации. Экстинционные контуры.
24. Кристаллографические данные, получаемые из электронограмм. Эффект формы. Двойники. Экстра –рефлексы.
25. Лоренцева микроскопия магнитных доменов
26. Особенности современных просвечивающих электронных микроскопов. Дополнительные приставки к электронному микроскопу.
27. Идеальные или гауссовы изображения. Сила Лоренца. Линзы. Формула линзы. Ход лучей в микроскопе.
28. Аберрации.
29. Дифференциальное эффективное сечение. Эффективная толщина.
30. Темнопольная микроскопия. Стереомикроскопия и анализ следов
31. Эффекты двойной дифракции.

4. 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 экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.