

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры общей физики
протокол № 8 от «16» июня 2017 г.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Балапанов М.Х.

_____/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ

(наименование дисциплины)

Б1.В.ДВ.01.01, дисциплина по выбору

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки

«Физика конденсированного состояния вещества»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация
магистр

Разработчики (составители) профессор, д.ф.-м.н., профессор (должность, ученая степень, ученое звание)	 /_Балапанов М.Х.
---	--

Для приема: 2017 г.

Уфа 2017 г.

Составитель / составители: Балапанов М.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики,
протокол № 8 от «16» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой



_____/_ Балапанов М.Х.

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры общей физики,
протокол № 6 от «6» июня 2018 г.

Заведующий кафедрой



_____/_ Балапанов М.Х.

Список документов и материалов (оглавление)

1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2.Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3.Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5(14)
4.Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	12
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
Приложение №1	14

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Электронная микроскопия» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОК-1: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ПК-2: способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	<p>1. Знать : основные типы электронных микроскопов и физические основы их работы, области практического применения, иметь представление об их технических характеристиках и недостатках</p> <p>2. знать причинно-следственные связи между строением и состоянием поверхности твердых тел и их физическими свойствами</p>	<p>способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1),</p> <p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2)</p>	
Умения	1. Уметь: готовить объекты для просвечивающей и растровой электронной микроскопии твердых тел	ПК-2	
	2. Уметь готовить электронный микроскоп к работе, получать изображения с электронного микроскопа в различных режимах	ПК-2	
	3. Уметь анализировать и обрабатывать изображения с электронного микроскопа	(ОК-1),	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть навыками подготовки объектов для электронной микроскопии и приемами работами на растровом и просвечивающем электронных микроскопах в объеме, необходимом для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых материалов	ОК-1 , ПК-2	

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Электронная микроскопия» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается на 1 курсе в 1 семестре.

Цель курса – углубить и расширить представления студентов о методах исследования твердых тел, полученные ими в рамках бакалавриата в курсе «Физика конденсированного состояния вещества», дать представления об устройстве, принципах работы и назначении электронных микроскопов (ЭМ), подготовке объектов и приемах работы на электронных микроскопах, о методах анализа и интерпретации изображений, получаемых на ЭМ.

В задачи дисциплины также входит

- научить студентов рациональному выбору режимов ЭМ, способов получения объектов для ЭМ;

- научить студентов владеть терминологией в области электронной микроскопии и исследования поверхности твердых тел.

Дисциплина «Электронная микроскопия» продолжает ознакомление с методами физических исследований и теоретическими представлениями в области физики поверхности твердых тел, специализируясь на изучении проблем получения и исследования изображений методами просвечивающей и растровой электронной микроскопии. Для освоения данной дисциплины студенту, кроме знаний по общей физике и высшей математике, необходимы знания основ кристаллографии, химии, знания дефектов кристаллической структуры, физики металлов и сплавов, квантовой теории, физики конденсированного состояния.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции

ОК-1 способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	Знать : основные типы электронных микроскопов и физические основы их работы, области практического применения, иметь представление об их технических характеристиках и недостатках	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	Уметь анализировать и обрабатывать изображения с электронного микроскопа	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (навыки)	Владеть навыками подготовки объектов для электронной микроскопии и приемами работами на растровом и просвечивающем электронных микроскопах в объеме, необходимом для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

ПК-2- способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»

Первый этап (знания)	знать причинно-следственные связи между строением и состоянием поверхности твердых тел и их физическими свойствами	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: готовить объекты для просвечивающей и растровой электронной микроскопии твердых тел 2. Уметь готовить электронный микроскоп к работе, получать изображения с электронного микроскопа в различных режимах	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками подготовки объектов для электронной микроскопии и приемами работами на растровом и просвечивающем электронных микроскопах в объеме, необходимом для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать : основные типы электронных микроскопов и физические основы их работы, области практического применения, иметь представление об их технических характеристиках и недостатках 2. знать причинно-следственные связи между строением и состоянием поверхности твердых тел и их физическими свойствами	ОК-1, (ПК-2)	Устный опрос, контрольная работа
2-й этап Умения	1. Уметь: готовить объекты для просвечивающей и растровой электронной микроскопии твердых тел	ПК-2	Контрольная работа
	2. Уметь готовить электронный микроскоп к работе, получать изображения с электронного микроскопа в различных режимах	ПК-2	Реферат
3-й этап Владеть навыками	3. Уметь анализировать и обрабатывать изображения с электронного микроскопа	(ОК-1),	Контрольная работа Доклад по избранной теме (реферат)

Система контроля и оценивания успеваемости студента.

В течение семестра усвоение студентами программы дисциплины проверяется с помощью устного опроса, выполнения контрольной работы и с помощью заслушивания докладов по выполненным рефератам.

Примерные вопросы к экзамену по спецкурсу «Электронная микроскопия»

1. Электронные микроскопы. Просвечивающие электронные микроскопы. Сканирующие электронные микроскопы. Области применения электронных микроскопов. Основные характеристики электронных микроскопов.
2. Электронные линзы и их конструкции. Электростатические линзы. Магнитные электронные линзы.
3. Основные узлы просвечивающих электронных микроскопов. Режим изображения. Режим дифракции.
4. Аберрации электронных линз. Сферическая аберрация. Хроматическая аберрация. Астигматизм. Способы устранения аберраций электронных линз.
5. Электронно-оптическая система электронного микроскопа. Электронная пушка. Конденсорные линзы. Изображающая система электронного микроскопа (объективная линза, проективные линзы).
6. Принципы работы просвечивающего электронного микроскопа в различных режимах. Глубина поля. Глубина резкости.
7. Юстировка просвечивающего электронного микроскопа (юстировка осветительной

системы, юстировка изображающей системы, юстировка наклона луча).

8. Вакуумная система микроскопа.
9. Методика приготовления объектов. Метод реплик. Одноступенчатые и двухступенчатые реплики.
10. Тонкие фольги. Методы приготовления тонких фольг (метод Боллмана, метод «окна», метод струйной электрополировки, метод ионного травления, методы механических срезов).
11. Основы теории дифракции электронов. Дифракция электронов некристаллическими объектами.
12. Дифракция электронов на кристаллах.
13. Рассеяние электронов на атомах. Рассеяние электронов на элементарной ячейке.
14. Рассеяние электронов на совершенном кристалле. Влияние размеров кристалла.
15. Геометрия и расчет электронограмм. Электронограммы от монокристалла.
16. Получение электронограмм. Метод микродифракции.
17. Индексирование электронограмм от монокристалла.
18. Электронограммы от поликристалла. Дифракция Кикучи.
19. Основы кинематической теории контраста. Изображение бездефектного кристалла.
20. Контраст от несовершенных кристаллов. Контраст на изображении от винтовой дислокации. Деформационный контраст.
21. Растровый электронный микроскоп. Принципиальное устройство. Формирование изображения в отраженных и во вторичных электронах.
22. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ.
23. Оже-спектроскопия.

Пример экзаменационного билета:

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»
Физико-технический институт
Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1
по дисциплине «*Электронная микроскопия*»
Направление 03.04.02 «ФИЗИКА»
Программа «Физика конденсированного состояния вещества»

1. Основные узлы просвечивающих электронных микроскопов. Режим изображения. Режим дифракции.
2. Основы кинематической теории контраста. Изображение бездефектного кристалла.

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой
(подпись)



Балапанов М.Х.

(Ф.И.О.)

Текущий контроль

В качестве средства текущего контроля применяется устный опрос в начале и в конце занятия.

Вопросы для проведения текущего контроля

1. Опишите основные характеристики электронных микроскопов.
2. В чем заключается метод реплик?
3. Дайте определение фазового контраста.
4. Что называется хроматической аберрацией?.
5. Перечислите способы устранения аберраций электронных линз..
6. В чем заключается юстировка просвечивающего микроскопа?
7. Охарактеризуйте метод ионного травления.
8. Опишите метод «механических срезов»
9. Назовите основные этапы индицирования электронограмм от монокристалла.
10. Как изменяется электронная дифрактограмма пленки при уменьшении размеров частиц?
11. Какие дополнительные возможности дает дифракция электронов при исследовании материала методом электронной микроскопии?
12. Опишите методы получения реплик.
13. Опишите режим микродифракции.
14. Перечислите методы приготовления объектов для просвечивающего ЭМ.
15. Опишите дифракцию Кикучи.
16. В чем особенность дифракции электронов на некристаллических объектах?
17. От чего зависит глубина резкости изображения ЭМ?
18. Опишите вакуумную систему ЭМ.
19. Какова разрешающая способность растрового ЭМ?
20. Какова разрешающая способность просвечивающего ЭМ?
21. Опишите понятие деформационного контраста.
22. Какую дополнительную информацию дает регистрация изображения от вторичных электронов?
23. В чем заключается метод Оже - спектроскопии?
24. Охарактеризуйте область применения Оже – спектроскопии.

Ответ засчитывается, если он дан по существу вопроса и в основном содержит необходимую информацию. Допускаются небольшие ошибки или незнание некоторых деталей.

Если ответ не засчитывается, студент должен представить на следующем занятии подробный письменный ответ на заданный вопрос.

Рубежный контроль.

Критерии оценивания контрольной работы.

- Оценка «зачтено» ставится, если студент выполнил 50 % заданий и более.
- Оценка «не зачтено» ставится, если студент выполнил менее 50 % заданий.

Описание контрольной работы.

Контрольная работа состоит из пяти заданий. Время выполнения – 45 минут.

Варианты контрольной работы

Вариант 1.

1. Опишите вакуумную систему ЭМ.
2. В чем особенности формирования деформационного контраста?
3. Рассчитайте длину волны де Бройля для электронов при ускоряющем напряжении 100 кВ.
4. Опишите порядок подготовки объекта для определения плотности дислокаций.

5. Дайте определение фазового контраста.

Вариант 2.

1. В чем заключается метод Оже - спектроскопии??
2. Объекты какого предельного размера могут давать резкое изображение при ускоряющем поле 50 кВ?
3. Как зависит длина свободного пробега электронов от энергии электронов и химического состава кристалла?
4. К каким искажениям изображения приводит нестабильность ускоряющего напряжения?
5. Как осуществляется индентирование электронограмм от кристалла?.

Примерные темы рефератов и докладов:

1. Применение быстрого преобразования Фурье для подавления шума на ЭМ изображениях.
2. Ионно-полевая микроскопия.
3. Сканирующая туннельная микроскопия
4. Атомно-силовая микроскопия.
5. Электросиловая микроскопия.
6. Магнитно-силовая микроскопия.
7. Электронно-полевая микроскопия.
8. Оже- спектроскопия.
9. Дифракция Кикучи.
10. Рентгеноспектральный микроанализ.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение [Электронный ресурс] : учебное пособие / под ред. У. Жу и Ж. Уанг .— СПб. : Лань, 2014 .— 600 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-9963-2123-0 .— <URL:http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=66212>.
2. [Синдо, Дайзюке](#). Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава .— М. : Техносфера, 2006 .— 256 с. (10 экз. в библиот. БашГУ)

Дополнительная литература:

3. Троян, В. И. Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела [Электронный ресурс] / В.И. Троян ; М.А. Пушкин ; В.Д. Борман ; В.Н. Тронин .— Москва : МИФИ, 2008 .— 258 с. — ISBN 978-5-7262-1020-3 .— <URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=237998>>.

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная

библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. - Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. —<https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа: № 318 (физмат корпус)	Лекции и практические занятия	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
компьютерный класс № 412 (физмат корпус)	практические занятия	1) Компьютеры в сборе DELL E2214Нб – 15 шт 2) Столы компьютерные-15 шт. 3) Стулья ученические-22 шт. 4) Доска ауд.-1шт, инв.2101067124
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины « Электронная микроскопия» на 3,4 семестр
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем часов
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	47.2
лекций	18
практических/ семинарских	28
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	69.8
Учебных часов на подготовку к экзамену (Контроль)	27

Форма контроля:
экзамен 1 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов:				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		лекции,	практические занятия,	семинарские занятия,	лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Электронные микроскопы. Просвечивающие электронные микроскопы. Сканирующие электронные микроскопы. Области применения электронных микроскопов. Основные характеристики электронных микроскопов.	2			6	1 (§§1.1-1.4). 2 (Введение, §1). 3. (§2.1)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос КР
2	Электронные линзы и их конструкции. Электростатические линзы. Магнитные электронные линзы. Основные узлы просвечивающих электронных микроскопов. Режим изображения. Режим дифракции.	2	4		8	1 (§§1.5)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям.	Устный опрос КР
3	Аберрации электронных линз. Сферическая аберрация. Хроматическая аберрация. Астигматизм. Способы устранения аберраций электронных линз.	1	4		8	1 (§§2.1)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
4	Электронно-оптическая система электронного микроскопа. Электронная пушка. Конденсорные линзы. Изображающая система электронного	2			6	1 (§§2.2)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос ,

	микроскопа (объективная линза, проективные линзы). Принципы работы просвечивающего электронного микроскопа в различных режимах. Глубина поля. Глубина резкости.							
5	Юстировка просвечивающего электронного микроскопа (юстировка осветительной системы, юстировка изображающей системы, юстировка наклона луча). Вакуумная система микроскопа. Наблюдение на экране, фотографирование.	2	4		8	1 (§3.1) 1 (§§3.2.1, 3.2.2, 3.2.3).	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
6	Методика приготовления объектов. Метод реплик. Одноступенчатые и двухступенчатые реплики. Тонкие фольги. Методы приготовления тонких фольг (метод Боллмана, метод «окна», метод струйной электрополировки, метод ионного травления, методы механических срезов).	2			6	1 (§§3.3.1, 3.3.2, 3.3.3) 1 (§3.4.1, 3.4.2, 3.4.3., 3.4.5, 3.4.6)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос
7	Основы теории дифракции электронов. Дифракция электронов некристаллическими объектами. Дифракция электронов на кристаллах. Рассеяние электронов на атомах. Рассеяние электронов на элементарной ячейке. Рассеяние электронов на совершенном кристалле. Влияние размеров кристалла.	1	4		8	1 (§§ 3.5.1, 3.5.2) 1 (§§ 3.5.3) 1 (§§ 3.5.4)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
8	Геометрия и расчет электронограмм. Электронограммы от монокристалла. Получение электронограмм. Метод	2	4		6	2 (§§ 4.1) 2 (§§ 4.2)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение	Устный опрос Реферат

	микродифракции. Индицирование электронограмм от монокристалла. Электронограммы от поликристалла. Дифракция Кикучи.					2 (§§ 4.3) 2 (§§ 4.4) 2 (§§ 4.4)	домашних заданий по практическим занятиям	
9	Основы кинематической теории контраста. Изображение бездефектного кристалла. Контраст от несовершенных кристаллов. Контраст на изображении от винтовой дислокации. Деформационный контраст.	2			7.8	2 (§§ 6.1) 2 (§§ 6.2) 2 (§§ 6.3)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР Реферат
10	Растровый электронный микроскоп. Принципиальное устройство. Формирование изображения в отраженных и во вторичных электронах. Растровая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ. Оже-спектроскопия.	2	4		6	2 (§§ 6.1) 2 (§§ 6.2) 2 (§§ 6.3)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос Реферат
	Всего часов:	18	24		69.8			
	ФКР:	0.9 часов						
	Контроль 27 часов							
	ИТОГО :	144 часа						

Примечание 1. Сокращение в таблице: КР – контрольная работа.

