

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института



Н. Л. Королева
«04» июля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине Б1.В.5.1 Физика и методы изучения поверхностных явлений

Направление подготовки/специальность: 03.04.02 - Физика

Профиль/направленность/специализация: Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования: магистратура

Квалификация: Магистр

год набора: 2022

Автор программы:

Кандидат физико-математических наук, Шуклинов Алексей Васильевич

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 - Физика (уровень магистратуры) (приказ Министерства образования и науки РФ от «07» августа 2020 г. № 914).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «29» июня 2022 г. Протокол № 10

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «04» июля 2022 г. № 6.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Магистра.....	4
3. Объем и содержание дисциплины.....	4
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	9
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	16
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	18
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	18

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

1.2 Типы задач профессиональной деятельности, к которым готовятся обучающиеся в рамках освоения дисциплины:

- научно-исследовательский

1.3 Дисциплина ориентирована на подготовку обучающихся к профессиональной деятельности в сферах: 01 Образование и наука (в сферах: реализации образовательных программ среднего общего образования, среднего профессионального образования, высшего образования и дополнительных профессиональных программ; научных исследований и научно-конструкторских разработок), 40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сферах: фундаментальных и прикладных научно-исследовательских, инновационных и опытно-конструкторских разработок; разработки и внедрения новых технологических процессов производства перспективных материалов (в том числе композитов, нано- и метаматериалов), изделий опто-, микро- и нанoeлектроники, разработки и применения электронных приборов и комплексов; мониторинга состояния сложных технических и живых систем и состояния окружающей среды).

1.4 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Индикаторы достижения компетенций
---	---	-----------------------------------

1.5 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

2. Место дисциплины в структуре ОП магистратуры:

Дисциплина «Физика и методы изучения поверхностных явлений» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОП по направлению подготовки 03.04.02 - Физика.

Дисциплина «Физика и методы изучения поверхностных явлений» изучается в 2 семестре.

3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 3 з.е.

Очная: 3 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	108
Контактная работа	32
Лекции (Лекции)	16
Практические (Практ. раб.)	16
Самостоятельная работа (СР)	76
Зачет	-

3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.	Формы текущего контроля
--------	-----------------------	--------------------------	-------------------------

		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
2 семестр					
1	Основы двумерной кристаллографии	2	2	8	Собеседование
2	Методы анализа поверхности I. Дифракция	2	2	8	Собеседование
3	Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия	2	2	8	Собеседование; Тестирование
4	Методы анализа поверхности III. Зондирование ионами	2	2	8	Собеседование
5	Методы анализа IV. Микроскопия	2	2	8	Собеседование
6	Атомная структура поверхностей	2	2	8	Собеседование
7	Структурные дефекты поверхности	1	1	8	Собеседование
8	Электронные свойства поверхности	1	1	8	Собеседование
9	Элементарные процессы на поверхности I. Адсорбция и десорбция	1	1	6	Собеседование
10	Элементарные процессы на поверхности II. Диффузия	1	1	6	Собеседование; Тестирование

Тема 1. Основы двумерной кристаллографии

Лекция.

Двумерные решетки. (Решетка, базис и кристаллическая структура (трехмерный случай) . Концепция двумерной (2D) решетки. Двумерные решетки Браве.)

Индексы Миллера плоскостей кристалла. (Определение индексов Миллера. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.)

Индексы направлений.

Запись для описания структуры поверхности. (Матричная запись. Запись Вуда. Некоторые примеры.)

Двумерная обратная решетка.

Зона Бриллюэна.

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы
Углубленное изучение материалов темы.

Тема 2. Методы анализа поверхности I. Дифракция

Лекция.

Дифракция медленных электронов (ДМЭ). (Построение Эвальда для ДМЭ. Аппаратура ДМЭ. Интерпретация картины ДМЭ.).

Дифракция быстрых электронов (ДБЭ). (Построение Эвальда для ДБЭ. Аппаратура ДБЭ. ДБЭ анализ.).

Рентгеновская дифракция под скользящими углами (РДСУ). (Преломление рентгеновских лучей при скользящем падении. Построение Эвальда для РДСУ и основы кинематической теории дифракции. Экспериментальное оборудование для РДСУ. Структурный анализ с помощью РДСУ.).

Другие дифракционные методы. (Просвечивающая электронная дифракция. Атомное рассеяние. Фотоэлектронная дифракция и электронная оже-дифракция.).

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 3. Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия

Лекция.

Общие замечания. (Чувствительность к поверхности. (Спектр вторичных электронов. Анализаторы энергии электронов.).

Электронная оже-спектроскопия (ЭОС). (Физические принципы. Экспериментальное оборудование для ЭОС. Оже-анализ.).

Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами (СХПЭЭ). (СХПЭЭ глубоких уровней. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами. СХПЭЭ высокого разрешения.).

Фотоэлектронная спектроскопия (ФЭС). (Фотоэлектрический эффект. Экспериментальное оборудование ФЭС. Анализ с помощью метода ФЭС)

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 4. Методы анализа поверхности III. Зондирование ионами

Лекция.

Основные принципы. (Классическое соударение двух частиц. Сечение рассеяния. Затенение и блокировка. Каналирование. Распыление. Ионно-стимулированные электронные процессы.).

Спектроскопия рассеяния медленных ионов. (Общие замечания: достоинства и проблемы. Рассеяние ионов щелочных металлов и времяпро-летный анализ. Количественный структурный анализ в геометрии прямого столкновения.).

Спектроскопия резерфордского обратного рассеяния

и спектроскопия рассеяния ионов средних энергий. (Общие замечания. Поверхностный пик. Анализ тонких пленок.).

Анализ частиц упругой отдачи.

Вторичная ионная масс-спектропия.

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 5. Методы анализа IV. Микроскопия

Лекция.

Полевая эмиссионная микроскопия.

Полевая ионная микроскопия.

Просвечивающая электронная микроскопия.

Отражательная электронная микроскопия.

Микроскопия медленных электронов.

Сканирующая электронная микроскопия.

Сканирующая туннельная микроскопия.

Атомно-силовая микроскопия.

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 6. Атомная структура поверхностей

Лекция.

Релаксация и реконструкция.

Релаксированные поверхности металлов. (Al(110). Fe(211).).

Реконструированные поверхности металлов. (Pt(100). Pt(110). W(100).).

Поверхность графита.

Поверхности элементарных полупроводников. (Si(100). Si(111). Ge(111).).

Поверхности сложных полупроводников типа АІІІV. (GaAs(110). GaAs(111). GaAs($1\bar{1}\bar{1}$)).

Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат / подложка.

Состав поверхностных фаз. (Покрывание адсорбата. Покрывание атомов подложки. Экспериментальное определение состава.).

Фазовая диаграмма.

Поверхности металлов с адсорбатами. (Семейство структур $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ на поверхности (111) металлов с ГЦК-решеткой. Ni(110) 2×1 -CO. Структуры $n\times 1$ в системах Pb/Cu(110), Bi/Cu(110), Li/Cu(110) и S/Ni(110).).

Поверхности полупроводников с адсорбатами. (Семейство структур $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ на Si(111) и Ge(111). Фазы 2×1 , 1×1 и 3×1 в системе H/Si(100).).

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 7. Структурные дефекты поверхности

Лекция.

Общее рассмотрение с использованием модели ТСИ. (Точечные дефекты. Ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки.).

Некоторые реальные примеры. (Адаптомы. Вакансии. Дефекты замещения. Дислокации. Доменные границы. Ступени. Фасетирование.).

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 8. Электронные свойства поверхности

Лекция.

Основы теории функционала плотности.

Модель желе.

Поверхностные состояния.

Электронная структура некоторых поверхностей. ($\text{Si}(111)2\times 1$. $\text{Si}(111)7\times 7$. $\text{Si}(111)1\times 1\text{-As}$. $\text{Si}(111)\sqrt{3}\times\sqrt{3}\text{-In}$.)

Поверхностная проводимость.

Работа выхода. (Работа выхода металлов. Работа выхода полупроводников. Измерения работы выхода.).

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 9. Элементарные процессы на поверхности I. Адсорбция и десорбция

Лекция.

Кинетика адсорбции. (Зависимость от покрытия. Зависимость от температуры. Зависимость от угла и кинетической энергии.).

Термическая десорбция. (Кинетика десорбции. Десорбционная спектроскопия.).

Изотермы адсорбции.

Нетермическая десорбция

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

Тема 10. Элементарные процессы на поверхности II. Диффузия

Лекция.

Основные уравнения. (Случайное блуждание. Законы Фика.).

Диффузия отдельного атома и химическая.

Собственная диффузия и диффузия массопереноса.

Анизотропия поверхностной диффузии.

Атомные механизмы поверхностной диффузии. (Прыжковый механизм. Механизм атомного обмена.

Механизм туннелирования. Вакансионный механизм.).

Поверхностная диффузия кластеров.

Поверхностная диффузия и формирование фаз.

Поверхностная электромиграция.

Экспериментальное изучение поверхностной диффузии. (Прямое наблюдение за атомами. Метод изменения профиля. Капиллярные методы. Метод островков.).

Практическое занятие.

Практическое занятие.

Задачи.

Задания для самостоятельной работы.

Задания для самостоятельной работы

Углубленное изучение материалов темы.

4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

4.1. Распределение баллов:

2 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 30 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 15 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

Распределение баллов по заданиям:

№ темы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Макс. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Основы двумерной кристаллографии	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

2.	Методы анализа поверхности I. Дифракция	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
3.	Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	15	Тестирование представляет собой тест из 15 вопросов за каждое правильно выполненное задание студент получает 1 балл
4.	Методы анализа поверхности III. Зондирование ионами	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

5.	Методы анализа IV. Микроскопия	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
6.	Атомная структура поверхностей	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
7.	Структурные дефекты поверхности	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

8.	Электронные свойства поверхности	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
9.	Элементарные процессы на поверхности I. Адсорбция и десорбция	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
10.	Элементарные процессы на поверхности II. Диффузия	Собеседование	3	<p>3 балла – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики</p> <p>2 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной физики.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Тестирование(контрольный срез)	15	Тестирование представляет собой тест из 15 вопросов за каждое правильно выполненное задание студент получает 1 балл
11.	Посещаемость		10	<p>10 баллов – студент посетил все 100% занятий</p> <p>7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий</p> <p>4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий</p> <p>1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий</p> <p>Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются</p>

12.	Премияльные баллы	20	Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены: - постоянная активность во время практических занятий – 5 баллов; - участие в проектах – 5 баллов; - участие в конференциях – 10 баллов.
13.	Ответ на экзамене	30	10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно» 18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо», 25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».
14.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы	20	Добор: студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы
15.	Итого за семестр	100	

Итоговая оценка по зачету выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
50 - 100 баллов	Зачтено
0 - 49 баллов	Не зачтено

4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

Собеседование

Тема 1. Основы двумерной кристаллографии

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 2. Методы анализа поверхности I. Дифракция

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 3. Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 4. Методы анализа поверхности III. Зондирование ионами

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 5. Методы анализа IV. Микроскопия

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 6. Атомная структура поверхностей

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 7. Структурные дефекты поверхности

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.

4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 8. Электронные свойства поверхности

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 9. Элементарные процессы на поверхности I. Адсорбция и десорбция

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тема 10. Элементарные процессы на поверхности II. Диффузия

Типовые вопросы для собеседования

1. Определение индексов Миллера.
2. Низкоиндексные плоскости некоторых важных кристаллов.
3. Высокоиндексные ступенчатые поверхности.
4. Индексы направлений.
5. Построение Эвальда для ДБЭ.
6. Классическое соударение двух частиц.
7. Сечение рассеяния.
8. Затенение и блокировка.

Тестирование

Тема 3. Методы анализа поверхности II. Электронная спектроскопия

Типовые задания для тестирования

1. Преломление рентгеновских лучей при скользящем падении
2. Просвечивающая электронная дифракция
3. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
4. Микроскопия медленных электронов.
5. Сканирующая электронная микроскопия.
6. Сканирующая туннельная микроскопия.

Тема 10. Элементарные процессы на поверхности II. Диффузия

Типовые задания для тестирования

1. Преломление рентгеновских лучей при скользящем падении
2. Просвечивающая электронная дифракция
3. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
4. Микроскопия медленных электронов.
5. Сканирующая электронная микроскопия.
6. Сканирующая туннельная микроскопия.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета

Типовые вопросы зачета

Типовые вопросы для экзамена

1. Полевая эмиссионная микроскопия.
2. Полевая ионная микроскопия.
3. Просвечивающая электронная микроскопия.
4. Диффузия отдельного атома и химическая.
5. Собственная диффузия и диффузия массопереноса.
6. Анизотропия поверхностной диффузии.
7. Поверхностная диффузия кластеров.
8. Поверхностная диффузия и формирование фаз.
9. Поверхностная электромиграция.

Типовые задания для зачета

4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«зачтено» (50 - 100 баллов)		
«не зачтено» (0 - 49 баллов)		

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

5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;
- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература:

1. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности : [учебник-монография]. - 2-изд., испр.. - Долгопрудный: Издат. Дом "Интеллект", 2011. - 568 с.
2. Корнилович А. А., Ознобихин В. И., Суханов И. И., Холявко В. Н. Физика твердого тела : учебное пособие. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. - 71 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228969>

6.2 Дополнительная литература:

1. Проскурина В. Е., Галяметдинов Ю. Г., Коноплева А. А., Третьякова А. Я., Торсуев Д. М., Кулагина Е. М. Поверхностные явления и свойства дисперсных систем : учебное пособие. - Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. - 137 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561185>
2. Дадашев Р. Х. Термодинамика поверхностных явлений : монография. - Москва: Физматлит, 2008. - 279 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68816>
3. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии : учеб. пособ. для студ.. - М.: Техносфера, 2004. - 327 с.

6.3 Иные источники:

1. Единое окно доступа к образовательным интернет-ресурсам Федерального портала «Российское образование» - http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1.21%2F
2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система - <http://www.studentlibrary.ru>
4. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>
5. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания - www.monographies.ru

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

7-Zip 9.20

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI - Russian

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
2. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
3. Springer Open (ресурсы Springer открытого доступа): база данных. – URL: <https://www.springeropen.com>
4. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
5. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
6. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
7. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>
8. Scopus: база данных . – URL: <https://www.scopus.com>
9. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.