



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЕиС  
И.Ю. Мезин

17.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СПЕКТРОСКОПИИ  
ТВЕРДОГО ТЕЛА***

Направление подготовки (специальность)  
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Физика конденсированного состояния

Уровень высшего образования - подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт естествознания и стандартизации
Кафедра	Физики
Курс	2
Семестр	4

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ (уровень подготовки кадров высшей квалификации). (приказ Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Физики  
06.02.2020, протокол № 5

Зав. кафедрой  М.Б. Аркулис

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЕиС  
17.02.2020 г. протокол № 6

Председатель  И.Ю. Мезин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры Физики, канд. физ.-мат. наук  А.П. Давыдов

Рецензент:

зав. кафедрой ВТиП, д-р техн. наук  О.С. Логунова

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Физики

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ М.Б. Аркулис

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) дисциплины «Физические основы моделирования в спектроскопии твердого тела» являются: являются получение знаний о физических основах спектроскопии твердого тела, способах моделирования взаимодействия излучения с поверхностью твердого тела.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Физические основы моделирования в спектроскопии твердого тела входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика конденсированного состояния вещества

Структуры и физические свойства конденсированного углерода и нанокуглерода

Методы и приборы спектроскопии

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Спецдисциплина

Физика конденсированного состояния

Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Представление научного доклада об основных результатах подготовленной НКР

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Физические основы моделирования в спектроскопии твердого тела» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	
Знать	- основные результаты научных отечественных и зарубежных исследований в конкретной области научных интересов; - оценки современных научных достижений и методов моделирования в данной области
Уметь	- анализировать результаты численного и натурного эксперимента; - методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач; - сопоставлять результаты своих исследований с имеющимися данными других исследователей
Владеть	- сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - критического анализа полученных результатов исследований твердых тел методами оптической и электронной спектроскопии
ПК-2 Способность владеть экспериментальными методами исследования и методами математического моделирования с использованием прикладных математических пакетов и программ	

Знать	- основные методы спектроскопии, физические принципы формирования и анализа различных спектров с применением современных математических пакетов; - принципы генерирования различных спектров с применением современных математических пакетов
Уметь	- анализировать спектры и обрабатывать данные математического моделирования спектров; - планировать и осуществлять физический и компьютерный эксперимент с последующей обработкой полученных спектров
Владеть	- навыками работы в математических пакетах Maple, MathCad, GAUSSIAN, GULP; - навыками создания математической модели взаимодействия излучения с веществом; - навыками расчета спектров в программных пакетах GAUSSIAN и GULP
ПК-4 Способность применять на практике навыки составления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов, написания статей по направлению физика конденсированного состояния и смежным направлениям	
Знать	- ГОСТы составления технических нормативных документов; - основные требования и правила написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке)
Уметь	- использовать на практике ГОСТы составления технических нормативных документов; - удовлетворять требованиям и правилам написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке);
Владеть	- навыками применения ГОСТов составления технических нормативных документов; - навыками написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке)

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 69 акад. часов;
- аудиторная – 69 акад. часов;
- внеаудиторная – 0 акад. часов
- самостоятельная работа – 75 акад. часов;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Электронная спектроскопия поверхности								
1.1 Классификация методов электронной спектроскопии твердого тела	4	5/3И		10	16	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания, устный опрос	ПК-2, ПК-4, УК-1
1.2 Структура, электронное строение р динамика поверхности твердого тела		6/3И		12	20	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания, устный опрос	ПК-2, ПК-4, УК-1
Итого по разделу		11/6И		22	36			
2. Методы моделирования рассеяния частиц в веществе								
2.1 Принципы моделирования рассеяния методом Монте-Карло	4	6/2И		12	20	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания, устный опрос	ПК-2, ПК-4, УК-1

2.2 Распределение Ландау. Использование аналитических моделей прохождения электронов через вещество. Комбинирование сечений рассеяния		6/2И	12	19	Проработка конспекта лекций, самостоятельное изучение дополнительного материала, подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания, устный опрос	ПК-2, ПК-4, УК-1
Итого по разделу		12/4И	24	39			
Итого за семестр		23/10И	46	75		зао	
Итого по дисциплине		23/10И	46	75		зачет с оценкой	ПК-2,ПК-4,УК-1

## **5 Образовательные технологии**

Результат освоения дисциплины «Физические основы моделирования в спектроскопии твердого тела» – формирование у аспирантов компетенций, представляющих собой динамичную совокупность знаний, умений, владений, способностей и личностных качеств, которую аспирант может продемонстрировать после завершения обучения по соответствующей образовательной программе. Для формирования этих компетенций и реализации предусмотренных видов учебной работы, в учебном процессе в качестве образовательных технологий используются традиционная и технология информационно-проектного обучения, позволяющая аспиранту в процессе обучения самому выбирать формируемые компетенции и личностные качества, тем самым проектируя для себя образовательный процесс.

Учебные занятия проводятся в виде лекционных и практических занятий. На лекционных занятиях применяются как активные, так и интерактивные методы обучения, которые в отличие от активных методов, ориентированы на более широкое взаимодействие аспирантов не только с преподавателем.

Кроме того, на практических занятиях используется технология педагогики сотрудничества преподавателя с аспирантами, в основе которой следующие целевые ориентации: переход от педагогики требований к педагогике отношений, гуманно-личностный подход к аспиранту, единство обучения и воспитания.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — <https://e.lanbook.com/reader/book/71707/#1> (дата обращения: 28.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Бублик, В. Т. Дифракционные методы изучения материалов и приборных структур : рентгеновская рефлектометрия : учебное пособие / В. Т. Бублик, К. Д. Щербачев, М. И. Воронова. — Москва : МИСИС, 2016. — 84 с. — ISBN 978-5-87623-982-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/reader/book/93596/#1> (дата обращения: 28.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Владимиров, Г. Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом : учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 368 с. — ISBN 978-5-8114-1515-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/38838> (дата обращения: 28.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Ягодковский, В. Д. Адсорбция : учебное пособие / В. Д. Ягодковский. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 219 с. — ISBN 978-5-00101-656-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135481> (дата обращения: 28.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Зисман, Г. А. Курс общей физики : учебное пособие : в 3 томах / Г. А.

Зисман, О. М. Тодес. — 7-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, [б. г.]. — Том 3 : Оптика. Физика атомов и молекул. Физика атомного ядра и микрочастиц — 2019. — 504 с. — ISBN 978-5-8114-4103-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115202> (дата обращения: 28.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Бехтерев А.Н. Колебательные состояния в конденсированном углероде и нано-углероде. Монография./ А. Н. Бехтерев - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорского государственного ун-та, 2007.- 210 с.- Библиогр.: 159-179 с.- 500 экз.- ISBN 978-5-86781-542-4. (10 экз.).

2. Нанокompозиты на основе оксидов 3с1-металлов: исследования морфологии и структуры методами электронной микроскопии и рентгеновской спектроскопии : монография / Г. Э. Яловега и др. ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 156 с. - ISBN 978-5-9275-2415-0.1020581. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/read?id=339786> (дата обращения: 28.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
Maple 14 Classroom License	К-113-11 от 11.04.2011	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
MAXIMA	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>

Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>
Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике	<a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>
Информационная система - Банк данных угроз безопасности информации ФСТЭК России	<a href="https://bdu.fstec.ru/">https://bdu.fstec.ru/</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Оснащение: доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся. Оснащение: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Оснащение: шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий.

## Приложение 1

### 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа предусматривает:

- изучение теоретического материала. Используется конспект лекций и дополнительная рекомендуемая литература. Данная работа способствует самостоятельному приобретению новых знаний с использованием современных информационных технологий;
- подготовка к промежуточному и итоговому контролю знаний. Используются лекционный материал, материалы, размещенные на образовательном портале, дополнительные материалы, рекомендуемые в РП.
- Индивидуальные домашние задания - эта деятельность способствует развитию профессиональной компетенции, умению организовать самостоятельную работу, профессионально систематизировать приобретенные знания;

#### **Примерные аудиторные контрольные работы (АКР):**

##### *АКР №1 «Электронная спектроскопия поверхности»*

1. Электроны ускоряются в синхротроне до энергии  $3 \cdot 10^8$  эВ. Сконструировать прибор для измерения формы спектра  $\gamma$ -квантов, излучаемых тонкой внутренней вольфрамовой мишенью, бомбардируемой электронным пучком.
2. Параллельный пучок электронов с энергией 25 эВ падает на тонкий пликристаллический экран, изготовленный из металла, имеющего кубическую решетку с постоянной решетки равно 5 ангстрем. Когда была сделана фотография дифракционной картины, образованной прошедшими через экран электронами, обнаружилось, что угловой диаметр наименьшего круга равен  $120^\circ$ . Какова глубина потенциальной ямы для данного металла?
3. Узкий пучок электронов с кинетической энергией  $T=25$  кэВ проходит сквозь тонкую поликристаллическую пленку и образует на экране на расстоянии  $L=200$  мм от пленки систему дифракционных колец. Диаметр первого кольца  $D=13.0$  мм. Вычислить постоянную решетки, если известно, что она ГЦК.

##### *АКР №2 «Методы моделирования рассеяния частиц в веществе»*

1. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает под углом скольжения  $\theta = 30^\circ$  на естественную грань монокристалла алюминия. Расстояния между соседними кристаллическими плоскостями, параллельными этой грани монокристалла,  $d = 0.20$  нм. При некотором ускоряющем напряжении  $U_0$  наблюдается максимум зеркального отражения. Найти  $U_0$ , если известно, что следующий максимум зеркального отражения возникает при увеличении ускоряющего напряжения в  $\eta = 2.25$  раза.
2. Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов  $U$ , падает на поверхность металла, внутренний потенциал которого  $U_i = 15$  В. Найти: а) показатель преломления металла для электронов с  $U = 150$  В; б) отношение  $U / U_i$ , при котором показатель преломления отличается от единицы не более чем на  $\eta = 1.0\%$ .

3. В электронограмме дебаевского типа от поликристаллической пленки с кубической решеткой отношение диаметров первых двух колец равно 1:1.4. Имея в виду, что диаметры этих колец значительно меньше расстояния между пленкой и экраном, определить, тип решетки (ГЦК или ОЦК).

*Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения домашних заданий.*

### **Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):**

#### **ИДЗ №1 «Электронная спектроскопия поверхности»**

1. Узкий пучок электронов с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ проходит поликристаллическую алюминиевую фольгу, образуя на экране систему дифракционных колец. Вычислить межплоскостное расстояние, соответствующее отражению третьего порядка от некоторой системы кристаллических плоскостей, если ему отвечает дифракционное кольцо диаметром  $D = 3.20$  см. Расстояние между экраном и фольгой  $\ell = 10.0$  см.

2. Определить длину волны излучения, при которой становятся прозрачными металлы, например (а) медь, (б) натрий.

3. Оптические постоянные непрозрачного кубического материала при заданной длине волны  $\lambda$  можно определить, измеряя коэффициенты отражения для угла падения  $\varphi$  линейно поляризованного света при плоскостях поляризации, параллельной и перпендикулярной к плоскости падения. Показать, что этот метод не пригоден для  $\varphi_0$ , близкого к 0, 45 и 90 градусов.

#### **ИДЗ №2 «Методы моделирования рассеяния частиц в веществе»**

1. Температура  $t^o$  в любой точке  $(x, y, z)$  на поверхности однородного единичного шара постоянна и равна  $t(x, y, z) = 20 \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}y\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}z\right)$ . Определить методом Монте-Карло температуру в центре шара.

2. Необходимо измерить мельчайшие нормальные смещения поверхности. Опишите три наиболее чувствительных метода и оцените минимальное смещение, которое можно зарегистрировать каждым из предложенных методов.

3. Найти коэффициент отражения для металлов как функцию частоты  $\omega$  падающего на него излучения на основе теории Друде. Рассмотреть следующие предельные случаи: а)  $\tau\omega \ll 1$ ; б)  $1 \ll \tau\omega \ll \tau\omega_p$ ; в)  $\omega \gg \omega_p$ .

## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</b>		
Знать	- основные результаты научных отечественных и зарубежных исследований в конкретной области научных интересов; - оценки современных научных достижений и методов моделирования в данной области	<b>Перечень теоретических вопросов к зачету (с оценкой):</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Дифракция медленных электронов</li><li>2. Дифракция быстрых электронов</li><li>3. Дифракция рентгеновских лучей</li><li>4. Рассеяние нейтронов</li><li>5. Рассеяние ионов и нейтральных атомов</li><li>6. Методы электронной спектроскопии</li><li>7. Методы полевой электронной микроскопии. Туннельная микроскопия</li><li>8. Исследование электронных свойств методами электронной спектроскопии</li><li>9. Исследование поверхностных магнитных свойств методами дифракции медленных спин-поляризованных электронов</li><li>10. Исследование динамики решетки, диффузии и механизмов роста пленок методом характеристических потерь энергии электронов</li></ol>
Уметь	- анализировать результаты численного и натурального эксперимента; - методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач;	1. Электроны ускоряются в синхротроне до энергии $3 \cdot 10^8$ эВ. Сконструировать прибор для измерения формы спектра $\gamma$ -квантов, излучаемых тонкой внутренней вольфрамовой мишенью, бомбардируемой электронным пучком.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	- сопоставлять результаты своих исследований с имеющимися данными других исследователей	2. Узкий пучок моноэнергетических электронов падает под углом скольжения $\theta = 30^\circ$ на естественную грань монокристалла алюминия. Расстояния между соседними кристаллическими плоскостями, параллельными этой грани монокристалла, $d = 0.20$ нм. При некотором ускоряющем напряжении $U_0$ наблюдается максимум зеркального отражения. Найти $U_0$ , если известно, что следующий максимум зеркального отражения возникает при увеличении ускоряющего напряжения в $\eta = 2.25$ раза.
Владеть	- сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; - критического анализа полученных результатов исследований твердых тел методами оптической и электронной спектроскопии	1. Узкий пучок электронов с кинетической энергией $T = 10$ кэВ проходит поликристаллическую алюминиевую фольгу, образуя на экране систему дифракционных колец. Вычислить межплоскостное расстояние, соответствующее отражению третьего порядка от некоторой системы кристаллических плоскостей, если ему отвечает дифракционное кольцо диаметром $D = 3.20$ см. Расстояние между экраном и фольгой $\ell = 10.0$ см.  2. Температура $t^\circ$ в любой точке $(x, y, z)$ на поверхности однородного единичного шара постоянна и равна $t(x, y, z) = 20 \cos\left(\frac{\pi}{2}x\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}y\right) \cos\left(\frac{\pi}{2}z\right)$ . Определить методом Монте-Карло температуру в центре шара.
<b>ПК-2 Способность владеть экспериментальными методами исследования и методами математического моделирования с использованием прикладных математических пакетов и программ</b>		
Знать	- основные методы спектроскопии, физические принципы формирования и анализа различных спектров с применением современных	<b>Перечень теоретических вопросов к зачету (с оценкой):</b>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	математических пакетов; - принципы генерирования различных спектров с применением современных математических пакетов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исследование динамики решетки, диффузии и механизмов роста пленок методом оже-спектроскопии</li> <li>2. Исследование динамики решетки, диффузии и механизмов роста пленок методом электронной спектроскопии</li> <li>3. Исследование динамики решетки, диффузии и механизмов роста пленок методом туннельной спектроскопии</li> <li>4. Электронные поверхностные состояния</li> <li>5. Поверхностные плазмоны</li> <li>6. Поверхностные фононы и поляритоны</li> <li>7. Поверхностные магноны</li> <li>8. Теория металлической поверхности</li> <li>9. Метод функционала плотности для расчета поверхностных свойств металла</li> <li>10. Методика расчета поверхностной энергии методом функционала плотностей</li> </ol>
Уметь	- анализировать спектры и обрабатывать данные математического моделирования спектров; - планировать и осуществлять физический и компьютерный эксперимент с последующей обработкой полученных спектров	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Параллельный пучок электронов с энергией 25 эВ падает на тонкий пликристаллический экран, изготовленный из металла, имеющего кубическую решетку с постоянной решетки равно 5 ангстрем. Когда была сделана фотография дифракционной картины, образованной прошедшими через экран электронами, обнаружилось, что угловой диаметр наименьшего круга равен 120°. Какова глубина потенциальной ямы для данного металла?</li> <li>2. Пучок электронов, ускоренных разностью потенциалов <math>U</math>, падает на поверхность металла, внутренний потенциал которого <math>U_i = 15</math> В. Найти: а) показатель преломления металла для электронов с <math>U = 150</math> В; б) отношение <math>U / U_i</math>, при котором показатель преломления отличается от единицы не более чем на <math>\eta = 1.0\%</math>.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками работы в математических пакетах Maple, MathCad, GAUSSIAN, GULP;</li> <li>- навыками создания математической модели взаимодействия излучения с веществом;</li> <li>- навыками расчета спектров в программных пакетах GAUSSIAN и GULP</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Определить длину волны излучения, при которой становятся прозрачными металлы, например (а) медь, (б) натрий.</li> <li>2. Необходимо измерить мельчайшие нормальные смещения поверхности. Опишите три наиболее чувствительных метода и оцените минимальное смещение, которое можно зарегистрировать каждым из предложенных методов.</li> </ol>
<b>ПК-4 Способность применять на практике навыки составления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов, написания статей по направлению физика конденсированного состояния и смежным направлениям</b>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ГОСТы составления технических нормативных документов;</li> <li>- основные требования и правила написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке)</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Перечень теоретических вопросов к зачету (с оценкой):</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Потери энергии заряженными частицами</li> <li>2. Процессы, происходящие с фотонами в веществе</li> <li>3. Электромагнитные каскады</li> <li>4. Зависимость сечения рассеяния от частоты</li> <li>5. Угловая зависимость коэффициентов рассеяния</li> <li>6. Влияния различных компонентов на процессы рассеяния</li> <li>7. Проблема создания «истинного» генератора случайных чисел</li> <li>8. Отличие случайной последовательности чисел от неслучайной?</li> <li>9. Генератор псевдослучайных и случайных чисел (ГПСЧ и ГСЧ)</li> <li>10. Линейный конгруэнтный ГПСЧ</li> </ol>
Уметь	- использовать на практике ГОСТы составления технических нормативных	1. Узкий пучок электронов с кинетической энергией $T=25$ кэВ проходит сквозь тонкую поликристаллическую пленку и образует на экране на расстоянии $L=200$ мм от пленки

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>документов;</p> <p>- удовлетворять требованиям и правилам написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке);</p>	<p>систему дифракционных колец. Диаметр первого кольца <math>D=13.0</math> мм. Вычислить постоянную решетки, если известно, что она ГЦК.</p> <p>2. В электронограмме дебаевского типа от поликристаллической пленки с кубической решеткой отношение диаметров первых двух колец равно 1:1.4. Имея в виду, что диаметры этих колец значительно меньше расстояния между пленкой и экраном, определить, тип решетки (ГЦК или ОЦК).</p>
Владеть	<p>- навыками применения ГОСТов составления технических нормативных документов;</p> <p>- навыками написания научных докладов, статей, обзоров (в том числе на иностранном языке)</p>	<p>1. Оптические постоянные непрозрачного кубического материала при заданной длине волны <math>\lambda</math> можно определить, измеряя коэффициенты отражения для угла падения <math>\varphi</math> линейно поляризованного света при плоскостях поляризации, параллельной и перпендикулярной к плоскости падения. Показать, что этот метод не пригоден для <math>\varphi_0</math>, близкого к 0, 45 и 90 градусов.</p> <p>2. Найти коэффициент отражения для металлов как функцию частоты <math>\omega</math> падающего на него излучения на основе теории Друде. Рассмотреть следующие предельные случаи:  а) <math>\tau\omega \ll 1</math>; б) <math>1 \ll \tau\omega \ll \tau\omega_p</math>; в) <math>\omega \gg \omega_p</math>.</p>

## **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физические основы моделирования в спектроскопии твердого тела» включает теоретический вопрос, позволяющий оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и одно практическое задание, выявляющее степень сформированности умений и владений.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 1 теоретический вопрос и одно практическое задание.

### **Показатели и критерии оценивания теоретического вопроса и практического задания:**

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практическое задание, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
  - на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
  - на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
  - на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- Оценка **«неудовлетворительно»** (1 балл) – не предусмотрена.