

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е. А. Турилова

17 февраля 2023 г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Вагизов Ф.Г. (Кафедра физики твердого тела, Отделение физики), vagizovf@gmail.com

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применять результаты научных исследований в проектной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

знать теоретические основы современных ядерно-физических методов исследования, применяемых в физике конденсированного состояния, устройство и принципы работы экспериментальных установок, реализующих эти методы;

Должен уметь:

- уметь применять современные ядерно-физические методы и реализующие их приборы и установки для проведения собственных научных исследований;
- сопоставлять возможности, преимущества тех или иных экспериментальных методов изучения сверхтонких взаимодействий;

Должен владеть:

владеть навыками

- работы с лабораторным оборудованием и современной научной аппаратурой;
- проведения физического эксперимента.
- владеть методами обработки, теоретического анализа и представления полученных экспериментальных результатов ядерно-физических методов и формирования на их основе научных положений, заключений и выводов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

способность физической интерпретации параметров эксперимента, готовность теоретической оценки ожидаемых на эксперименте параметров, способность выбрать метод исследования для определения того или другого параметра сверхтонкого взаимодействия.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 28 часа(ов), в том числе лекции - 14 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 44 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Введение. Ядерно-физические методы исследования.	3	2	0	2	0	0	0	2
2.	Тема 2. Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы	3	2	0	2	0	0	0	2
3.	Тема 3. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА)	3	2	0	2	0	0	0	8
4.	Тема 4. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)	3	2	0	2	0	0	0	8
5.	Тема 5. Дифракционные методы исследования структуры	3	2	0	2	0	0	0	8
6.	Тема 6. Рентгеноструктурный анализ	3	2	0	2	0	0	0	6
7.	Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия	3	2	0	2	0	0	0	10
	Итого		14	0	14	0	0	0	44

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение. Ядерно-физические методы исследования.

Введение в физику ядерно-физических методов исследования. Роль структуры и элементного химического состава макро-, микро- и нанообъектов. Физический предел пространственного разрешения и чувствительности экспериментальных методов. Краткий обзор существующих экспериментальных методов исследования атомных и наномасштабных структур

###### Тема 2. Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы

Принципы получения информации поверхностно-чувствительными методами. Взаимодействие фотонов и ускоренных частиц с веществом. Возможности их использования для анализа структуры и состава. Критерии высокого вакуума и создания сверхчистых условий эксперимента. Основные способы получения атомарно-чистой поверхности. Основные характеристики и техника СВВ систем для анализа поверхности.

###### Тема 3. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА)

Введение в рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. Источники рентгеновского излучения в РСФА. Классификация рентгеновских переходов. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Классическая теория поглощения рентгеновских лучей. Основные узлы спектрометров рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. Интенсивность линий флуоресценции. Количественный анализ в РСФА.

###### Тема 4. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)

Введение в рентгеновскую фотоэлектронную спектроскопию. Физические принципы рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии. Основные узлы спектрометров, принцип работы РФЭС спектрометров. Спектры РФЭС. Химический сдвиг. Глубина анализа. Количественный анализ. Разновидности фотоэлектронной спектроскопии: УФЭС, РФЭС, ФЭССИ.

###### Тема 5. Дифракционные методы исследования структуры

Дифракционные методы исследования структуры. Дифракция рентгеновского излучения, электронов и нейтронов. Основные положения кристаллографии. Симметрия кристаллов. Макроскопические свойства кристаллов. Закон постоянства углов и закон рациональных параметров. Элементы теории пространственной решетки. Индексы Миллера. Обратная решетка. Операции и элементы симметрии кристаллов. Элементы симметрии I и 2 рода. Матричные преобразования симметрии. Кристаллографические категории, сингонии и системы координат. Классы симметрии. Формула симметрии. Международные символы. Символы Шенфлиса. Решетки Бравэ. Условия выбора ячеек Бравэ. Дифракция микрочастиц как отражение от кристаллографических плоскостей. Формула Вульфа-Брэгга. Особенности дифракционных методов в электронографии и нейтронографии.

#### **Тема 6. Рентгеноструктурный анализ**

Рентгеноструктурный анализ. Основы теории дифракции рентгеновского излучения. Амплитуда рассеяния. Функция электронной плотности. Интеграл Фурье. Структурная амплитуда. Атомный фактор рассеяния. Правила погасания. Факторы, влияющие на интенсивность вторичного излучения: фактор Лоренца, поляризационный фактор, геометрический фактор, температурный фактор, фактор повторяемости, фактор поглощения. Интерференционное уравнение Лауэ. Его графическая интерпретация, сфера Эвальда. Условие Вульфа-Брэгга. Основные положения кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения. Техника рентгеноструктурного анализ, экспериментальные методы, основные блоки, получаемая информация, ее анализ с учетом наноструктурированности объектов.

#### **Тема 7. Мессбауэровская спектроскопия**

Мессбауэровская спектроскопия. Общие положения. Эффект Мессбауэра. Физические основы метода. Мессбауэровский спектр. Основные параметры спектров гамма-резонансного поглощения/рассеяния: изомерный химический сдвиг, квадрупольное взаимодействие, магнитное сверхтонкое взаимодействие. Применение мессбауэровской спектроскопии для исследования наноматериалов.

Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (МСКЭ). Взаимодействие электронов с веществом. Электроны конверсии и фотоэлектроны. Селективная по глубине МСКЭ (СГМСКЭ): весовые функции. СГМСКЭ с использованием газоразрядных пропорциональных детекторов.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Воронина Е.В. ?Мессбауэровская спектроскопия? Учебно-методическое пособие [Текст]/ Е.В. Воронина, А.В. Пятаев // Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, - 2013.-33 с: 18 илл. - [http://kpfu.ru/docs/F1102497079/mossbauer\\_FINAL.pdf](http://kpfu.ru/docs/F1102497079/mossbauer_FINAL.pdf)

Дулов Е.Н. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ. Учебно-методическое пособие [Текст]/ Е.Н. Дулов, Н.Г. Ивойлов //Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008. - 50 с: 15 илл. - - [http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1733757204/09\\_rsa.pdf](http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1733757204/09_rsa.pdf)

Н.Г. Ивойлов Введение в мессбауэровскую спектроскопию конверсионных электронов. Учебно-методическое пособие [Текст]/ Н.Г. Ивойлов, Е.Н. Дулов. - Казань: Издательство Казанского федерального университета. 2012. - 45 с: 13 илл - [http://kpfu.ru/docs/F2117844257/CEMS\\_release\\_LT7.pdf](http://kpfu.ru/docs/F2117844257/CEMS_release_LT7.pdf)

Петухов В.Ю. Исследование поверхностных слоев твердых тел методом скользящего рентгеновского пучка. Учебно-методическое пособие [Текст]/ Петухов В.Ю., Гумаров ГГ. // - Казань: КГУ. - 2009,- 16 с: илл. - [http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1659128120/11\\_petuhov\\_rentgen.pdf](http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F1659128120/11_petuhov_rentgen.pdf)

- Петухов В.Ю. Исследование тонких пленок методом ЭПР. Учебно-методическое пособие [Текст] / Петухов В.Ю., Хабибуллина Н.Р. // Казань, - 2009.- 31 с. ? илл. - [http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F17342246/16\\_petuhov\\_epr.pdf](http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F17342246/16_petuhov_epr.pdf)
- Пятаев А.В. Сверхтонкая структура мёссбауэровских спектров. Учебно-методическое пособие [Текст] / А.В. Пятаев // - Казань, 2013. - 35 с. - <http://kpfu.ru/docs/F1925456686/Sverhtonkaya.struktura.pdf>
- Храмов А.С. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Часть II. (Элементы теории, руководство и задания к лабораторным работам). Учебно-методическое пособие [Текст] // Храмов А.С. // Казань: К(П)ФУ, - 2013.- 36 с: - <http://shelly.kpfu.ru/portal/docs/F565967864/RSA.P2.pdf>

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

American Institute of Physics (AIP) - <http://scitation.aip.org/>

Elsevier (Science Direct) - <http://www.sciencedirect.com/>

Информационно-аналитическая система продвижения образовательных продуктов -

<http://nano.fcior.edu.ru/card/27564/lekci-po-discipline-sovremennye-problemy-fiziki-kondensirovannogo-sostoyaniya-veshestva-i-nanost>

Научная электронная библиотека - <http://www.elibrary.ru>

Портал ?Mossbauer Effect? - <http://www.mossbauer.info>

Сайт Википедия Свободная энциклопедия - [http://en.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6ssbauer\\_spectroscopy](http://en.wikipedia.org/wiki/M%C3%B6ssbauer_spectroscopy)

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>Рекомендации к прослушиванию лекционного курса.</p> <p>Лекция - одна из основных форм учебной работы. В лекции рассматриваются самые главные, узловые вопросы каждой дисциплины. Поэтому при написании конспекта лекций, надо писать кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения. Помечать важные моменты, выделять ключевые слова, термины. Проверку терминов, понятий надо проводить с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины. Материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Запись излагаемого лектором материала способствует лучшему его усвоению, анализу, запоминанию. При записи лекций работают все виды памяти - зрительная, слуховая, моторная.</p>
практические занятия	<p>Рекомендации при подготовке к практическим занятиям.</p> <p>Подготовку к практическим занятиям надо начинать с изучения теоретического материала, изложенного на лекциях и практических занятиях. Выписать и осмыслить основные формулы, необходимые для решения задач. Разобраться с единицами измерения основных параметров. Во многих случаях поясняющие графики и рисунки помогают найти правильное решение задачи. После каждого аудиторного занятия, студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, решения которых показал преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Далее следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей рекомендуется попросить помощи у своих сокурсников. Во многих случаях бывает полезным совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Для этого можно лично подойти к преподавателю, либо написать ему электронное письмо, сформулировав в нём возникающие вопросы и/или прикрепив свой отсканированный или сфотографированный вариант решения для проверки. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетради какого-нибудь одногруппника; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.</p>
самостоятельная работа	<p>Рекомендации при самостоятельной работе по изучению некоторых разделов курса.</p> <p>Учебной программой дисциплины 'Гамма резонансная спектроскопия' предусмотрено 44 часа на изучение материала в виде самостоятельной работы студентов. Данный вид работы является обязательным для выполнения. Самостоятельная работа по данному курсу включает: самостоятельное изучение теоретического материала с использованием рекомендуемой литературы и самотестирование. Организация самостоятельной работы производится в соответствии с графиком учебного процесса и самостоятельной работы. Рекомендуемые темы для более глубокого самостоятельного изучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ;</li> <li>- Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)</li> <li>- Рентгеноструктурный анализ</li> <li>- Мессбауэровская спектроскопия.</li> </ul>
зачет	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться, прежде всего, на лекции, а также на источники, которые разбирались на лабораторных работах и практических занятиях в течение семестра. В каждом билете на зачёте содержится два вопроса, которые охватывают следующие темы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Введение в ядерно-физические методы исследования</li> <li>- Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы</li> <li>- Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ (РСФА)</li> <li>- Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)</li> <li>- Дифракционные методы исследования структуры</li> <li>- Рентгеноструктурный анализ</li> <li>- Мессбауэровская спектроскопия</li> </ul>

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Физика перспективных материалов".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.01 Ядерно-физические методы исследования  
конденсированных сред

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Капитонов, И. М. Введение в физику ядра и частиц : учебник / И. М. Капитонов. - 4-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 512 с. - ISBN 978-5-9221-1250-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2189> (дата обращения: 04.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шпольский, Э. В. Атомная физика : учебник : в 2 томах / Э. В. Шпольский. - 6-е изд, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021 - Том 2 : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома - 2021. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-1006-4. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167795> (дата обращения: 04.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие : в 5 томах / И. В. Савельев. - 5-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2021 - Том 5 : Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц - 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-8114-1211-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/167873> (дата обращения: 04.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная литература:

1. Суздаев И. П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов [Текст] / И. П. Суздаев. - Москва URSS [ЛИБРОКОМ] . - 2006, 2013. - 589 с. (29 экз.)
2. Иродов, И. Е. Квантовая физика. Основные законы : учебное пособие / И. Е. Иродов ; художник Н. А. Лозинская, Н. А. Новак. - 8-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 261 с. - ISBN 978-5-93208-517-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/172249> (дата обращения: 05.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Кузнецов, С. И. Физика. Волновая оптика. Квантовая природа излучения. Элементы атомной и ядерной физики : учебное пособие / С. И. Кузнецов, А. М. Лидер. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2019. - 212 с. - ISBN 978-5-9558-0350-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1002478> (дата обращения: 05.10.2021). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.04.01 Ядерно-физические методы исследования  
конденсированных сред*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

*Приложение 1  
к рабочей программе дисциплины  
Б1.В.ДВ.03.01 Ядерно-физические  
методы исследования  
конденсированных сред*

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»  
Институт физики

**Фонд оценочных средств по дисциплине**  
*Б1.В.ДВ.03.01 Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред*

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2023  
Автор(ы): Вагизов Ф.Г.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

**1. СООТВЕТСТВИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЛАНИРУЕМЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**

**3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОЦЕНОК ЗА ФОРМЫ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНУЮ АТТЕСТАЦИЮ**

**4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА, ПОРЯДОК ИХ ПРИМЕНЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ**

4.1. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

4.1.1. Отчеты по контрольным работам

4.1.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания

4.1.1.2. Критерии оценивания

4.1.1.3. Содержание оценочного средства

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.2.1. Зачет

4.2.1.1. Порядок проведения.

4.2.1.2. Критерии оценивания.

4.2.1.3. Оценочные средства.

## 1. Соответствие компетенций планируемому результату обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Проверяемые результаты обучения для данной дисциплины	Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации
ПК-2 – Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применять результаты научных исследований в проектной деятельности	<p><u>Знать</u> основные научные методы решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с помощью современных программных средств.</p> <p><u>Уметь</u> решать типовые и нестандартные задачи дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с использованием современных программных средств</p> <p><u>Владеть</u> навыками работы с современными программными средствами для решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред”.</p>	<p><b>Текущий контроль:</b> Отчеты по контрольным работам.</p> <p><b>Промежуточная аттестация:</b> Зачет</p>

## 2. Критерии оценивания сформированности компетенций

Компетенция	Зачтено			Не зачтено
	Высокий уровень (отлично) (86-100 баллов)	Средний уровень (хорошо) (71-85 баллов)	Низкий уровень (удовлетворительно) (56-70 баллов)	Ниже порогового уровня (неудовлетворительно) (0-55 баллов)
ПК-2	<u>Знает</u> Успешное и систематическое знание основных научных методов решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с помощью современных программных средств	<u>Знает</u> В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание основных научных методов решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с помощью современных программных средств	<u>Знает</u> В целом успешное, но не систематическое знание основных научных методов решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с помощью современных программных средств	<u>Знает</u> Фрагментарное знание основных научных методов решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с помощью современных программных средств
	<u>Умеет</u> Успешное и систематическое умение решать типовые и нестандартные задачи дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с использованием современных программных средств	<u>Умеет</u> В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение решать типовые и нестандартные задачи дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с использованием современных программных средств	<u>Умеет</u> В целом успешное, но не систематическое умение решать типовые и нестандартные задачи дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с использованием современных программных средств	<u>Умеет</u> Фрагментарное умение решать типовые и нестандартные задачи дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред” с использованием современных программных средств

	<u>Владеет</u> Успешное и систематическое владение навыками работы с современными программными средствами для решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред”.	<u>Владеет</u> В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками работы с современными программными средствами для решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред”.	<u>Владеет</u> В целом успешное, но не систематическое владение навыками работы с современными программными средствами для решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред”.	<u>Владеет</u> Фрагментарное владение навыками работы с современными программными средствами для решения задач дисциплины “Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред”.
--	--	---	---	---

### 3. Распределение оценок за формы текущего контроля и промежуточную аттестацию

3 семестр:

Текущий контроль:

Письменные работы по следующим темам:

Тема № 1. Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы – 8

Тема № 2. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ – 8

Тема № 3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия – 8

Тема № 4. Дифракционные методы исследования структуры – 8

Тема № 5. Рентгеноструктурный анализ – 9

Тема № 6. Мессбауэровская спектроскопия – 9

Итого: 8 + 8 + 8 + 8 + 9 + 9 = 50 баллов

Промежуточная аттестация – зачет

Устный ответ по билету, в каждом билете 2 вопроса, время на подготовку ответа 60 минут.

Устный ответ по вопросу билета – 50

Итого 50 баллов

Общее количество баллов по дисциплине за текущий контроль и промежуточную аттестацию:  
50+50=100 баллов.

Соответствие баллов и оценок:

**Для зачета:**

56-100 – зачтено

0-55 – не зачтено

### 4. Оценочные средства, порядок их применения и критерии оценивания

#### 4.1. Оценочные средства текущего контроля

4.1.1. - Письменные работы по следующим темам:

Тема № 1. Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы.

Тема № 2. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ.

Тема № 3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

Тема № 4. Дифракционные методы исследования структуры.

Тема № 5. Рентгеноструктурный анализ.

Тема № 6. Мессбауэровская спектроскопия.

#### 4.1.1.1. Порядок проведения и процедура оценивания.

Письменная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий. В каждом билете письменной работы несколько вопросов. Для правильного ответа на эти вопросы необходимо знания по теме письменной работы. Время выполнения письменной – 2 часа.

#### **4.1.1.2. Критерии оценивания**

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– правильно и полно раскрыл ответы на вопросы письменной работы, свободно владеет основными понятиями, дает полные ответы на вопросы, демонстрирует высокую подготовленность и эрудицию

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– ответы на вопросы письменной работы в целом верны, но некоторые ответы раскрыты не полностью

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– ответы на вопросы письменной работы раскрыты не полностью, наблюдаются ошибочные утверждения по некоторым вопросам

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– ответы на вопросы письменной работы не раскрыты, сделаны лишь начальные шаги, допущены существенные ошибки, показавшие, что студент не обладает соответствующими знаниями и умениями.

#### **4.1.1.3. Содержание оценочного средства**

Типовые вопросы по темам письменных работ:

Тема № 1 Ядерно-физические поверхностно-чувствительные методы

Перечислить общие принципы ядерно-физических методов исследования.

Какую информацию можно получить с помощью ядерно-физических методов?

Можно ли получить достоверную информацию о структуре и элементном химическом составе макро-, микро- и нанообъектов?

Как определяется физический предел пространственного разрешения и чувствительности ядерно-физических методов?

Дать краткий обзор существующих экспериментальных методов исследования атомных и наномасштабных структур.

Перечислить принципы получения информации поверхностно-чувствительными ядерно-физическими методами.

Объяснить особенности взаимодействия фотонов и ускоренных частиц с веществом.

На каких эффектах основана возможность использования ядерно-физических методов для анализа структуры и состава материалов?

Назвать критерии высокого вакуума и создания сверхчистых условий эксперимента.

Перечислить основные способы получения атомарно-чистой поверхности.

Дать основные характеристики и перечислить узлы техники сверхвысокого вакуума СВВ для анализа поверхности.

Тема № 2. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ

Объяснить физическую сущность рентгеноспектрального флуоресцентного анализа.

Какие источники рентгеновского излучения используются в рентгеноспектральном флуоресцентном анализе (РСФА)?

Дать классификацию рентгеновских переходов.

Какие физические явления происходят при взаимодействии рентгеновского излучения с веществом?

Сформулировать классическую теорию поглощения рентгеновских лучей.

Перечислить основные узлы спектрометров рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. Как определяются интенсивности линий флуоресценции?

Возможен ли количественный анализ в РСФА?

Тема 3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС)

Объяснить на каком физическом явлении основана рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.

К каким явлениям в образце приводит воздействие рентгеновского излучения?

Какими факторами определяется глубина выхода фотоэлектронов?

Какие особенности наблюдаются на всех фотоэлектронных спектрах?  
Тонкая структура фотоэлектронных спектров.  
Угловые эффекты в методе РФЭС. Химические сдвиги в РФЭС. Оже-параметр.  
Какие данные могут быть получены при исследовании фотоэлектронного спектра валентной зоны материала?  
Какие факторы определяют спектральное разрешение в методе РФЭС?  
Перечислите основные узлы спектрометров. Приведите блок-схему РФЭС спектрометра.  
Объясните принцип работы РФЭС спектрометра.  
Как проводится количественный анализ с помощью РФЭС?  
Какие разновидности фотоэлектронной спектроскопии вы знаете? Дайте сравнительную характеристику методам: УФЭС, РФЭС, ФЭССИ.

#### Тема 4. Дифракционные методы исследования структуры

На каком явлении основаны дифракционные методы исследования структуры.  
Перечислите особенности дифракция рентгеновского излучения, электронов и нейтронов.  
Сформулировать основные положения кристаллографии.  
Какое свойство кристаллических тел ведет к выполнению закона постоянства углов и закона рациональных параметров в кристаллографии?  
Перечислите элементы теории пространственной решетки.  
Как определяются индексы Миллера?  
В чем заключается физическая сущность понятия обратная решетка.  
Перечислите операции и элементы симметрии кристаллов. Чем отличаются элементы симметрии I и 2 рода?  
Привести матрицы преобразования для поворотных осей, плоскостей отражения и центра инверсии.  
Дать определение терминам: кристаллографические категории, сингонии и системы координат.  
Сколько классов симметрии вы знаете? Что такое формула симметрии в кристаллографии.  
Чем отличаются Международные символы и символы Шенфлиса.  
Дайте определение решетки Бравэ. Сформулируйте условия выбора ячеек Бравэ.  
Показать, что дифракция микрочастиц можно рассматривать как отражение от кристаллографических плоскостей. Записать формулу Вульфа-Брэгга.  
Перечислите особенности дифракционных методов в электронографии и нейтронографии.

#### Тема 5. Рентгеноструктурный анализ

Объяснить на каком физическом явлении основан рентгеноструктурный анализ .  
Записать интерференционную функцию и интерференционное уравнение Лауэ.  
Дать графическую интерпретацию интерференционного уравнения Лауэ.  
Что такое сфера Эвальда?  
Записать условие Вульфа-Брэгга.  
Перечислите основные положения кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения.  
Что такое структурная амплитуда?  
Что означает атомный фактор рассеяния?  
Объяснить физическая сущность правил погасания.  
Какие факторы влияют на интенсивность вторичного излучения?  
Объясните физическую сущность таких факторов как: фактор Лоренца, поляризационный фактор, геометрический фактор, температурный фактор, фактор повторяемости, фактор поглощения. Привести блок-схему дифрактометра для рентгеноструктурного анализа.  
Из каких основных узлов состоит рентгеновский дифрактометр?  
Какие схемы дифракционных рентгеновских измерений вы знаете?

#### Тема 6. Мессбауэровская спектроскопия

Объяснить в чем заключается эффект Мессбауэра.  
Привести характерные ширины линий ядерных переходов и сравнить их с энергией отдачи свободных атомов.  
В каком случае ядерный переход осуществляется без потери энергии гамма-квантов на энергию отдачи.  
Привести схемы наблюдения гамма-резонансных спектров.  
Какими параметрами характеризуется мессбауэровский спектр?  
Что означает изомерный химический сдвиг гамма-резонансной линии?  
К каким изменениям спектра приводит квадрупольное взаимодействие ядра с электронным окружением?  
Как изменяется мессбауэровский спектр при наличии магнитного сверхтонкого взаимодействия?  
Объяснить какие преимущества дает мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (МСКЭ).

## 4.2. Оценочные средства промежуточной аттестации

### 4.2.1. Зачет

#### 4.2.1.1. Порядок проведения.

Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопросы и время на подготовку. Зачет проводится в устной форме по билетам, в которых содержатся вопросы по всем темам курса. В каждом билете 2 вопроса. Обучающемуся даётся время на подготовку – 60 минут. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.

#### 4.2.1.2. Критерии оценивания.

**Баллы в интервале 86-100% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– свободно владеет основными понятиями, дает полные ответы на вопросы, демонстрирует высокую подготовленность и эрудицию.

**Баллы в интервале 71-85% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– владеет основными понятиями, дает ответы на вопросы, допуская отдельные погрешности и неточности.

**Баллы в интервале 56-70% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– в целом, владеет основными понятиями, в ответе на вопросы допускает значительные погрешности и неточности.

**Баллы в интервале 0-55% от максимальных ставятся, если обучающийся:**

– не дает правильных ответов на вопросы, показывает слабое владение основными понятиями.

#### 4.2.1.3. Оценочные средства.

Вопросы к зачету:

1. Ядерно-физические методы исследования конденсированных сред.
2. Роль структуры и элементного химического состава микро- и нанообъектов.
3. Физический предел пространственного разрешения и чувствительности экспериментальных методов.
4. Принципы получения информации поверхностно-чувствительными методами.
5. Взаимодействие фотонов и ускоренных частиц с веществом. Возможности их использования для анализа структуры и состава наноматериалов.
6. Критерии высокого вакуума и создания сверхчистых условий эксперимента. Основные способы получения атомарно-чистой поверхности. Основные характеристики и техника СВВ систем для анализа поверхности
7. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ.
8. Источники рентгеновского излучения в РСФА.
9. Классификация рентгеновских переходов.
10. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом.
11. Классическая теория поглощения рентгеновских лучей.
12. Основные узлы спектрометров рентгеноспектрального флуоресцентного анализа.
13. Интенсивность линий флуоресценции. Количественный анализ в РСФА
14. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Физические принципы РФЭС.
15. Основные узлы спектрометров, принцип работы РФЭС спектрометров.
16. Спектры РФЭС. Химический сдвиг. Глубина анализа. Количественный анализ.
17. Разновидности фотоэлектронной спектроскопии: УФЭС, РФЭС, ФЭССИ
18. Дифракционные методы исследования структуры. Дифракция рентгеновского излучения, электронов и нейтронов.
19. Основные положения кристаллографии. Симметрия кристаллов. Макроскопические свойства кристаллов. Закон постоянства углов и закон рациональных параметров.

20. Элементы теории пространственной решетки. Индексы Миллера. Обратная решетка. Операции и элементы симметрии кристаллов. Элементы симметрии I и 2 рода. Матричные преобразования симметрии.
21. Кристаллографические категории, сингонии и системы координат. Классы симметрии. Формула симметрии. Международные символы. Символы Шенфлиса.
22. Решетки Бравэ. Условия выбора ячеек Бравэ.
23. Дифракция микрочастиц как отражение от кристаллографических плоскостей. Формула Вульфа-Брэгга. Особенности дифракционных методов в электронографии и нейтронографии.
24. Рентгеноструктурный анализ.
25. Интерференционная функция Лауэ. Интерференционное уравнение Лауэ. Его графическая интерпретация.
26. Сфера Эвальда. Условие Вульфа-Брэгга.
27. Основные положения кинематической теории рассеяния рентгеновского излучения.
28. Структурная амплитуда. Атомный фактор рассеяния. Правила погасания. Факторы, влияющие на интенсивность вторичного излучения.
29. Техника рентгеноструктурного анализа, основные блоки, получаемая информация, ее анализ с учетом наноструктурированности объектов.
30. Мессбауэровская спектроскопия. Эффект Мессбауэра. Физические основы метода.
31. Мессбауэровский спектр. Основные параметры спектров гамма-резонансного поглощения/рассеяния: изомерный химический сдвиг, квадрупольное взаимодействие, магнитное сверхтонкое взаимодействие.
32. Релаксационные мессбауэровские спектры. Стохастическая теория Андерсона-Блюма. Явление релаксационного коллапса сверхтонкой структуры в мессбауэровских спектрах.
33. Мессбауэровская спектроскопия конверсионных электронов (МСКЭ). Взаимодействие электронов с веществом. Электроны конверсии и фотоэлектроны.
34. Селективная по глубине МСКЭ (СГМСКЭ): весовые функции. СГМСКЭ с использованием газоразрядных пропорциональных детекторов.