

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич  
Должность: и.о. ректора  
Дата подписания: 21.05.2024 11:33:58  
Уникальный программный ключ:  
4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**

Председатель КСН

К.Р. Муратов

« 30 » 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины: Спектральные и резонансные методы диагностики  
направление подготовки: 12.03.01 Приборостроение  
направленность (профиль): Приборы и методы контроля качества и  
диагностики  
форма обучения: очная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30.08.2021 г. и требованиями ОПОП 12.03.01 Приборостроение, направленность «Приборы и методы контроля качества и диагностики» к результатам освоения дисциплины

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры «Физика, методы контроля и диагностики» \_\_\_\_\_

Протокол № 1 от «30» 08 2021 г.

И.о. заведующего кафедрой ФМД \_\_\_\_\_ К.Р. Муратов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав. кафедры ФМД \_\_\_\_\_ К.Р. Муратов

«30» 08 2021 г.

Рабочую программу разработал:

Пахаруков Ю.В. профессор, д.ф.-м.н \_\_\_\_\_

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Цель дисциплины: ознакомление обучающихся с радиоспектроскопическими и рентгеновскими методами исследования свойств веществ и дефектов структуры, применение спектроскопии магнитного резонанса и рентгеновской дифрактометрии в научных исследованиях и на практике

### Задачи дисциплины

- Изучение метода описания спектров магнитного резонанса парамагнитных центров с помощью спинового гамильтониана;
- Изучение особенностей основных методов радиоспектроскопии – ядерного магнитного резонанса (ЯМР),
- Изучение эффектов влияния внешних полей на спектры магнитного резонанса и знакомство с применением этих эффектов;
- Ознакомление с методами малоуглового рентгеновского рассеивания;
- Овладение приемами и методами решения конкретных задач из области конденсированных сред, умение делать простейшие оценки и расчеты для анализа структурных особенностей в используемой аппаратуре и технологических процессах;
- Ознакомление и умение работать с простейшими аппаратами, приборами и схемами, которые используются в технологических лабораториях, понимание принципов действия;
- Умение ориентироваться в современной и вновь создаваемой рентгеновской технике и приборах ЯМР, применяемых в дефектоскопии.

## 2. Место дисциплины/модуля в структуре ОПОП ВО

Дисциплина **Спектральные и резонансные методы диагностики** относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

**Знание** обучающимися фундаментальных физических понятий, основных методов исследования и анализа структуры конденсированных сред, применяемые в современной технике;

**Умения** работать с простейшими аппаратами, приборами и схемами, которые используются в технологических лабораториях, и понимать принципы их действия;

**Владение** приемами и методами решения конкретных задач структурного анализа, уметь делать простейшие оценки и расчеты для анализа физических явлений

Содержание дисциплины/модуля является логическим продолжением содержания дисциплин:

химическая физика, термодинамика, квантовая механика и служит основой для освоения дисциплин: теория разрушения, физические основы получения информации, неразрушающий контроль в производстве.

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Таблица 3.1

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) <sup>1</sup>	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)
ПКС-2 Способность к организации работ по контролю качества продукции подразделения и предприятия	ПКС-2.1 Выполняет контроль поступающих материалов, сырья, полуфабрикатов и изделий на соответствие требованиям нормативной документации или конструкторской документации	<b>Знать:</b> (З.1) основы технологических процессов, в которых можно применять ЯМР и рентген для контроля качества;
		<b>Уметь:</b> (У.1) выполнять контроль качества сырья и изделий методами структурного анализа;
		<b>Владеть:</b> (В.1) методами организации работ по контролю качества по данным структурного анализа;
ПКС-6 Способность к поиску и разработке новых методов контроля качества и диагностики материалов и изделий.	ПКС-6.1. Выполняет исследования для разработки новых методов контроля и диагностики и приборов для их реализации	<b>Знать:</b> (З.2) физические основы разрабатываемого спектрального метода контроля; недостатки существующих методов диагностики оборудования
		<b>Уметь:</b> (У.2) ставить цели и задачи в своей исследовательской деятельности в соответствии с современными требованиями промышленного производства, разбираться в устройстве и принципе работы разрабатываемых методов, приборов и систем
		<b>Владеть:</b> (В.2) навыками исследовательской работы; способностью рассчитывать структуру объектов контроля по данным спектрального анализа

#### 4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

Форма обучения	Курс/ семестр	Аудиторные занятия/контактная работа, час.			Самостоятельная работа, час.	Форма промежуточной аттестации
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия		
Очная	4/8	24	-	12	36	Экзамен

#### 5. Структура и содержание дисциплины/модуля

##### 5.1. Структура дисциплины.

##### очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

№ п/п	Структура дисциплины/модуля		Аудиторные занятия, час.			СРС, час.	Всего, час.	Код ИДК	Оценочные средства
	Номер раздела	Наименование раздела	Л.	Пр.	Лаб.				
8 семестр									
1	1	Рентгенография	12	-	4	20	36	ПКС-2.1 ПКС-6.1	Тест, устный опрос, отчет
2	2	Анализ структуры нанокристаллических объектов	6	-	4	8	18	ПКС-2.1 ПКС-6.1	Тест, устный опрос, отчет
3	3	ЯМР-спектроскопия	6	-	4	8	18	ПКС-2.1 ПКС-6.1	Тест, устный опрос, отчет
...	Экзамен		-	--	-	00	36		
	Итого:		24	-	12	36	108		

##### 5.2. Содержание дисциплины/модуля.

##### 5.2.1. Содержание разделов дисциплины/модуля (дидактические единицы).

Раздел 1. «Рентгенография». Значение и задачи курса резонансной спектроскопии. Измерение длины волны рентгеновских лучей. Сплошной спектр рентгеновских лучей. Кристаллические тела, кристаллические символы, формулы. Симметрия кристаллов. Рассеивание рентгеновских лучей. Структурный фактор. Формулы интегральной интенсивности. Метод неподвижного монокристалла. Метод вращающегося кристалла. Метод порошка. Определение границ фаз. Определение природы фаз. Микронапряженное искажение кристаллической решетки. Общая характеристика фазового анализа. Особенности фазового анализа. Параметры элементарной ячейки. Межплоскостные расстояния. Анализ твердых растворов.

Раздел 2. «Анализ структуры нанокристаллических объектов». Классификация наноструктурных объектов. Анализ интегральной ширины дифракционных пиков. Анализ формы

профиля дифракционных пиков. Метод радиального распределения атомов. Дальний и ближний порядок.

Раздел 3. «ЯМР-спектроскопия». Магнитон Бора. Энергия магнитного взаимодействия электрона и ядра. Спин-орбитальное взаимодействие. Ориентация спинов в магнитном поле. Расщепление энергетических уровней электронов в магнитном поле. Интенсивность ЯМР и ее связь с заселенностью энергетических уровней. Химический сдвиг. Мультиплетная структура энергетических уровней. Эффект динамического сужения. Интегральная интенсивность. Уравнение Блоха. ЯМР - Фурье спектроскопия. Спиновая релаксация. Импульсный метод. Применение ЯМР в диагностике технологических процессов.

### 5.2.2. Содержание дисциплины по видам учебных занятий.

#### Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема лекции
8 семестр			
1	1	11	Предмет и задачи курса. Источники излучения
2	1	2	Спектры рентгеновских лучей
3	1	2	Элементы кристаллографии
4	1	2	Интерференция рентгеновских лучей
5	1	2	Основные методы исследования структуры
6	1	1	Структура пластических деформаций и определение остаточных напряжений
7	1	1	Рентгенографический фазовый анализ
8	1	1	Определение дефектов кристаллической решетки рентгенографическим методом
9	2	2	Нанокристаллические системы, как объекты структурных исследований
10	2	2	Область когерентного рассеивания, уширение спектра.
11	2	2	Малоугловое рентгеновское рассеивание
12	3	1	Ядерный магнитный момент
13	3	1	Спектры ЯМР
14	3	2	Импульсная ЯМР -спектроскопия
15	3	2	ЯМР в диагностике
Итого за 8 семестр:		24	
Итого:		24	

#### Практические занятия

*Практические занятия учебным планом не предусмотрены*

#### Лабораторные работы

Таблица 5.2.3

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Наименование лабораторной работы
8 семестр			
1	1	2	Определение параметров элементарной ячейки
2	1	2	Качественный рентгенофазный анализ
3	2	4	Определение среднего размера окристаллизованного материала
4	3	2	Определение величин изменения энтальпии и энтропии для процесса таутомерной изомеризации ацетилацетона

5	3	2	Определение величин изменения энтальпии и энтропии для реакции внешнесферной координации метилхлорида
Итого за семестр		12	

### Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.4

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Объем, час.	Тема	Вид СРС
8 семестр				
1	1	6	Рассеивание рентгеновских лучей. Структурный фактор.	реферат
2	1	5	Полнопрофильный анализ (концентрационные волны).	реферат
3	2	5	Метод радиального распределения атомов	реферат
4	1,2,3	10	Рентгенография Анализ структуры нанокристаллических объектов ЯМР-спектроскопия	оформление отчетов по лабораторным работам
5	1,2,3	10	проработка учебно-методического материала по дисциплине	подготовка к коллоквиуму, тестам
Итого за семестр:		36		

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Дискуссии, лекция – визуализация, проблемная лекция.

### 6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены.

### 7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

### 8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

№ п/п	Виды мероприятий в рамках текущего контроля	Количество баллов
8 семестр		
1 текущая аттестация		
1	Теоретический коллоквиум, тест	20
2	Лабораторная работа 1,2	10
	ИТОГО за первую текущую аттестацию	30
2 текущая аттестация		

1	Теоретический коллоквиум, тест	20
2	Лабораторная работа 3,	10
	ИТОГО за вторую текущую аттестацию	30
3 текущая аттестация		
1	Теоретический коллоквиум	20
2	Лабораторная работа 4,5	20
	ИТОГО за третью текущую аттестацию	40
	<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/модуля

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы).

Название ЭБС	Наименование организации	Ссылка на сайт	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
Полнотекстовая БД ТИУ	ТИУ, БИК	<a href="http://elib.tsogu.ru">http://elib.tsogu.ru</a>	Полнотекстовая база данных содержит учебники, учебные пособия, методические пособия и др. документы, авторами которых являются преподаватели и сотрудники ТИУ.
Электронная библиотека ТИУ	ТИУ, БИК	<a href="http://webirbis.tsogu.ru/">http://webirbis.tsogu.ru/</a>	Электронный каталог ТИУ
ЭБС издательства «Лань»	ООО «Издательство ЛАНЬ»	<a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>	ЭБС включает электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU	ООО Научно-электронная библиотека	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека ELIBRARY.RU является крупнейшим российским информационным порталом.
Электронное издательство ЮРАЙТ	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ»	www.urait.ru	Образовательный ресурс, электронная библиотека и интернет-магазин
ЭБС «IPRbooks»	ООО «Ай Пи Эр Медиа», ООО «Ай Пи Ар Букс»	<a href="https://www.iprbookshop.ru/">https://www.iprbookshop.ru/</a>	Электронно-библиотечная система IPR BOOKS — поставщик цифрового контента для образовательных учреждений и публичных библиотек.
ЭБС «Консультант студента»	ООО «Политехресурс»	<a href="http://www.studentlibrary.ru">www.studentlibrary.ru</a>	Ресурс является электронной библиотечной системой, предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями.
ЭБС «BOOK.RU»	ООО «КнюРус медиа»	<a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a>	BOOK.RU — это электронно-библиотечная система для учебных заведений. Содержит электронные версии учебников, учебных и научных пособий, монографий по различным областям знаний
Электронная нефтегазовая библиотека	ФГАОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина	<a href="http://elib.gubkin.ru/">http://elib.gubkin.ru/</a>	Электронные ресурсы РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина. Учебная литература, монографии, диссертации и авторефераты
ЭБС УГНТУ	ФГБОУ ВО «УГНТУ»	<a href="http://bibl.rusoil.net">http://bibl.rusoil.net</a>	Электронные ресурсы ФГБОУ ВО «УГНТУ». Учебная литература, монографии, диссертации и авторефераты, периодика
НТБ ФГБОУ ВО «УГТУ»	ФГБОУ ВО «УГТУ»	<a href="http://lib.ugtu.net/books">http://lib.ugtu.net/books</a>	Библиотечно-информационный комплекс (БИК) Ухтинского государственного технического университета.



9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства Microsoft Windows, Microsoft Office Professional Plus

### 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

№ п/п	Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины	Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование)
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации <b>625027, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 38, ауд. 332</b>	
	Учебная мебель: столы, стулья, доска меловая.	Компьютер в комплекте-1шт., экран, проектор, акустическая система.
2	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторных занятий). Учебная лаборатория физических методов неразрушающего контроля <b>625027, г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 38, ауд. 322</b>	
	Учебная мебель: столы ученические, компьютерные столы, маркерная доска, Оборудование, приборы: Измеритель концентрации напряжений ИКНМ-2ФП., Магнитометр -измеритель концентрации напряжений ИКН-6М-8. Ультразвуковой дефектоскоп –толщиномер; Прецизионный тензоизмеритель -омметр Щ-306-1 Коэрцитиметр-структроскоп К-61 -2шт.; набор образцов стали Р6М5, стенд для нагружения образцов и изучения магнитоупругих явлений, Стандартные образцы для аттестации дефектоскопов, <b>Структроскоп ЯМР</b> , Структроскоп ЭПР, постоянный магнит, электромагнит, Ультразвуковой дефектоскоп УД2-ВП46; магнитометр феррозондовый МС-1 ИФМ -2шт., Набор магнитопорошковый, Набор для капиллярного контроля; Коэрцитиметр КИМ; Виброанализатор СД-21; Вихретоковый дефектоскоп «Вектор»; Вибростенд, Лабораторный комплекс ЛКВ-1, Лабораторный комплекс ЛКВ-2	Проектор, экран, телевизор LG, документ-камера, проектор Epson EB-95, компьютер в комплекте -11 шт.

### 11. Методические указания по организации СРС

### 11.1. Методические указания по подготовке к практическим, лабораторным занятиям

Пахаруков Ю.В. Введение в резонансную спектроскопию: учебное пособие/ Ю.В. Пахаруков. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2011.-140с.

Пахаруков Ю.В. Рентгеновские методы определения фазового состава в конденсированной среде (учебное пособие) Тюмень :ТюмГНГУ, 2015. – 51 с.

Спектральные и резонансные методы диагностики: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплинам "Спектральные методы анализа сигналов", "Резонансные методы диагностики изделий" для обучающихся по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение»/ сост. Ю.В. Пахаруков; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ 2019. – 39 с.

### 11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Спектральные и резонансные методы диагностики: методические указания к организации самостоятельной работы и практических занятий по дисциплинам "Спектральные методы анализа сигналов", "Резонансные методы диагностики изделий" для обучающихся по направлению подготовки 12.03.01 «Приборостроение»/ сост. Ю.В. Пахаруков; Тюменский индустриальный университет. – Тюмень: Издательский центр БИК ТИУ 2019.– 31 с.

**Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания**

Дисциплина Спектральные и резонансные методы диагностики \_\_\_\_\_  
 Код, направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
 Направленность Приборы и методы контроля качества и диагностики

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
ПКС-2.1	<b>Знать:</b> (3.1) основы технологических процессов, в которых можно применять ЯМР и рентген для контроля качества;	Не знает, как применять ЯМР и рентген в диагностике технологических процессов	Имеет слабое представление о структуре неупорядоченных материалах	Знает основные методы анализа структуры материалов для технологического контроля	Знает в полном объеме основные методы анализа структуры материалов для технологического контроля
	<b>Уметь:</b> (У.1) выполнять контроль качества сырья и изделий методами структурного анализа;	Не умеет выполнять контроль качества рентгеновскими методами	Умеет только в некоторых случаях определять структурные нарушения по рентгенограммам	Умеет скомпоновать рентгеновское оборудование и выбрать ЯМР диагностику, но не умеет анализировать спектры.	В полном объеме умеет выполнять контроль качества сырья и изделий методами структурного анализа;
	<b>Владеть:</b> (В.1) методами организации работ по контролю качества по данным структурного анализа;	Не владеет методами организации работ по контролю качества по данным рентгеновского анализа	Владеет некоторыми методами организации работ по рентгеноструктурному анализу при диагностике	Владеет не в полной мере методами организации и проведение работ рентгеновского анализа и ЯМР спектроскопии	Владеет в полной мере методами организации и проведение работ рентгеновского анализа и ЯМР спектроскопии
ПКС-6.1	<b>Знать:</b> (3.2) физические основы разрабатываемого спектрального метода контроля; недостатки существующих методов диагностики оборудования	Не знает физические основы спектрального анализа	Знает стандартные методы спектрального контроля, но не может выделить их недостатки	Знает стандартные методы и может выбрать не стандартное оборудование для выявления несовершенства структуры	Знает не стандартные методы структурного анализа при диагностике оборудования

Код компетенции	Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		1-2	3	4	5
	<b>Уметь:(У.2)</b> ставить цели и задачи в своей исследовательской деятельности в соответствие с современными требованиями промышленного производства, разбираться в устройстве и принципе работы разрабатываемых методов, приборов и систем	Не умеет ставить цели и задачи в своей исследовательской деятельности в соответствие с современными требованиями промышленного производства, разбираться в устройстве и принципе работы разрабатываемых методов, приборов и систем	Умеет решать предлагаемые задачи, но не может самостоятельно поставить задачу.	Может сформулировать постановку задачи в рамках предлагаемой цели и решить ее	Умеет ставить цели и задачи в своей исследовательской деятельности в соответствие с современными требованиями промышленного производства, разбираться в устройстве и принципе работы разрабатываемых методов, приборов и систем
	<b>Владеть: (В.2)</b> навыками исследовательской работы; способностью рассчитывать структуру объектов контроля по данным спектрального анализа	Не владеет навыками исследовательской работы; не владеет способностью рассчитывать структуру объектов контроля по данным спектрального анализа	Владеет методами расчета структуры объекта по данным спектрального анализа	Частично владеет навыками исследовательской работы; способностью рассчитывать структуру объектов контроля по данным спектрального анализа, но не может выделить причинно-следственные связи	Владеет в поной мере навыками исследовательской работы; способностью рассчитывать структуру объектов контроля по данным спектрального анализа

**КАРТА**  
**обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой**

Дисциплина \_ Спектральные и резонансные методы диагностики  
Код, направление подготовки 12.03.01 Приборостроение  
Направленность (профиль) Приборы и методы контроля качества и диагностики

№ п/п	Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания	Количество экземпляров в БИК	Контингент обучающихся, использующих указанную литературу	Обеспеченность обучающихся литературой, %	Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-)
	Пахаруков, Юрий Вавилович. Введение в резонансную спектроскопию : учебное пособие / Ю. В. Пахаруков ; ТюмГНГУ. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2011. - 140 с. - Электронная библиотека ТИУ.	41+ЭР	30	100	+
	Пахаруков, Юрий Вавилович. Рентгеновские методы определения фазового состава в конденсированной среде : учебное пособие / Ю. В. Пахаруков ; ТюмГНГУ. - Тюмень : Вектор Бук, 2015. - 48 с. : рис., табл. - Электронная библиотека ТИУ.	5+ЭР	30	100	+
	Пахаруков, Юрий Вавилович. Дефекты в конденсированных средах и проблем старения трубных сталей : учебное пособие / Ю. В. Пахаруков ; ТюмГНГУ. - Тюмень : ТюмГНГУ, 2015. - 73 с. : ил. - Электронная библиотека ТИУ.	30+ЭР	30	100	+

ЭР – электронный ресурс для автор. пользователей доступен через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>

И.о. заведующего кафедрой «Физика, методы контроля и диагностики» \_\_\_\_\_ К.Р. Муратов

« 27 » 08 2021 г.

Директор БИК \_\_\_\_\_ Д.Х Каюкова

« 27 » 08 2021 г.  
М.П.

Сочинцова

