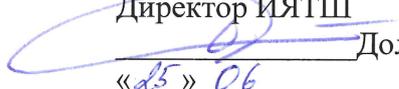


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

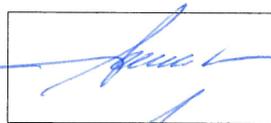
УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИЯТШ

 Долматов О. Ю.  
 «25» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
 ПРИЕМ 2019 г.  
 ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Специальный физический практикум**

Направление подготовки/ специальность	03.04.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация	-		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		32
	Лабораторные занятия		40
	ВСЕГО		80
Самостоятельная работа, ч		136	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовая работа	
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭФ ИЯТШ
Заведующий кафедрой – руководитель отделения (на правах кафедры)		Лидер А.М.	
Руководитель ООП		Лидер А.М.	
Преподаватели		Лидер А.М. Лаптев Р.С. Кудияров В.Н.	

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций (результатов освоения) для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов обучения	
		Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК(У)-1.В1	Владеет способностью установить связи между составляющими проблемной ситуации
		УК(У)-1.В2	Владеет способностью сделать выводы о качестве (объективности) представленной научной концепции
		УК(У)-1.У3	Умеет сопоставлять научные концепции, применяя критерии, нормы и стандарты научного знания
ОПК(У)-6	Способность использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе	ОПК(У)-6.В1	Владеет опытом применения новейших достижений и учета современных проблем в научно-исследовательской работе
		ОПК(У)-6.У1	Умеет использовать новейшие достижения в исследовательской работе
		ОПК(У)-6.31	Знает современные проблемы и достижения физики в научно-исследовательской работе
ПК(У)-1	Способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта	ПК(У)-1.В3	Владеет опытом анализа свойств водорода в металлах и сплавах, изотопного химического структурного анализа поверхности радиационных дефектов в конденсированных средах
		ПК(У)-1.У2	Умеет использовать творческий подход для исследования дефектов в твердых телах
		ПК(У)-1.32	Знает фундаментальные основы методов сканирующей зондовой микроскопии, анализа свойств водорода в металлах и сплавах
ДПК(У)-1	Способность планировать и проводить фундаментальные исследования в проектах в области ядерно-физических исследований, взаимодействия излучения с веществом, модернизации современных и создания методов изучения механических, электрических, магнитных, тепловых свойств твердых тел	ДПК(У)-1.В1	Владеет опытом создания проектов, планирования и проведения фундаментальных исследований в области физики конденсированного состояния
		ДПК(У)-1.У1	Умеет планировать и проводить фундаментальные исследования в профессиональной области
		ДПК(У)-1.У2	Уметь планировать и проводить фундаментальные исследования, модернизировать современные и создавать новые методы изучения свойств твердых тел

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД1	Применять основные методы анализа в области физики твердого тела и материаловедении	УК(У)-1 ОПК(У)-6 ПК(У)-1 ДПК(У)-1
РД2	Проводить проблемно-ориентированный обзор информационных источников	УК(У)-1 ОПК(У)-6 ПК(У)-1 ДПК(У)-1
РД3	Планировать и проводить эксперименты в области исследования влияния водорода на свойства металлов и сплавов	УК(У)-1 ОПК(У)-6 ПК(У)-1 ДПК(У)-1
РД4	Осуществлять исследования направленные на разработку или модификацию материалов в области водородной и ядерной энергетики.	УК(У)-1 ОПК(У)-6 ПК(У)-1 ДПК(У)-1

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины

### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
<b>Раздел 1.</b> Влияние наводороживания на структуру и свойства металлических систем	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	34
<b>Раздел 2.</b> Рентгеноструктурный анализ систем металл-водород	РД2	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	34
<b>Раздел 3.</b> Послойный элементный анализ методом оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда	РД3	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	34
<b>Раздел 4.</b> Позитронная спектроскопия систем металл-водород	РД4	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	34

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Влияние наводороживания на структуру и свойства металлических систем**

Рассматривается влияние способов наводороживания на структурно-фазовое состояние и основные физико-механические свойства металлов и сплавов.

#### **Темы лекций:**

1. Особенности эволюции структурно-фазового состояния и физико-механических свойств в зависимости от способа и параметров наводороживания металлических материалов

#### **Темы практических занятий:**

1. Особенности накопления и распределения водорода в металлах и сплавах
2. Метод электролитического внедрения водорода
3. Метод газофазного гидрирования
4. Особенности плазменного насыщения и протонной имплантации

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Применение автоматизированном комплекса Gas Reaction Controller для исследования особенностей накопления водорода
2. Применение термодесорбционной спектроскопии для анализа систем металл-водород

### **Раздел 2. Рентгеноструктурный анализ систем металл-водород**

Рассматриваются особенности применения рентгеноструктурного анализа для исследования и контроля структурно-фазового состояния систем металл-водород.

#### **Темы лекций:**

1. Рентгеноструктурный анализ систем металл-водород.

#### **Темы практических занятий:**

1. Особенности структурно-фазовых изменений при наводороживании конструкционных материалов и сплавов накопителей водорода.
2. Рентгенодифракционный комплекс для контроля структурно-фазовых изменений в материалах в газовых средах
3. Анализ изменения параметров решетки и оценка микронапряжений
4. Взаимосвязь структурно-фазового состояния и механических свойств

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Обработка и анализ рентгеновских дифрактограмм систем металл-водород.
2. Получение и обработка дифрактограмм с разрешением по времени

### **Раздел 3. Послойный элементный анализ методом оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда**

Рассматриваются физические методы оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда и особенности его применения в системах металл-водород.

#### **Темы лекций:**

1. Оптическая эмиссионная спектроскопия тлеющего разряда как метод контроля систем металл-водород

#### **Темы практических занятий:**

1. Физические основы методов оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда
2. Устройство и порядок применения оптического эмиссионного спектрометра Profiler 2
3. Качественный анализ методами оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда
4. Калибровка и количественный анализ.

#### **Названия лабораторных работ:**

1. Определение оптимальных параметров высокочастотного источника для проведения послойного анализа методом оптической эмиссионной спектроскопии тлеющего разряда
2. Калибровка оптического спектрометра плазмы тлеющего разряда для проведения количественного анализа
3. Послойный анализ распределения водорода в зависимости от способа и параметров наводороживания

#### **Раздел 4. Позитронная спектроскопия систем металл-водород**

Рассматриваются особенности применения методов позитронной аннигиляционной спектроскопии для анализа и контроля дефектной структуры в системах металл-водород

##### **Темы лекций:**

1. Позитронная аннигиляционная спектроскопия для контроля микроструктурных изменений в системах металл-водород

##### **Темы практических занятий:**

1. Особенности дефектообразования в системах металл-водород.
2. Позитронная спектроскопия дефектов в системах титан-водород и цирконий-водород
3. Позитронная спектроскопия поверхностно-модифицированных материалов, легированных водородом
4. Позитронный контроль объемно-модифицированных материалов, легированных водородом

##### **Названия лабораторных работ:**

1. Анализ влияния содержания водорода на дефектную структуру технически чистого титана методом спектрометрии временного распределения аннигиляции позитронов.
2. Определение структуры и коэффициента захвата позитронов для водород-вакансионных комплексов методами позитронной спектроскопии.
3. Спектрометрия совпадений доплеровского уширения аннигиляционной линии системы титан-водород.

### **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к лабораторным работам и к практическим занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;
- Освоение программных средств.

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

#### **6.1 Методическое обеспечение**

**Учебно-методическое обеспечение:**

1. Вас, Гэри С.. Основы радиационного материаловедения. Металлы и сплавы : пер. с англ. / Г. С. Вас. — Москва: Техносфера, 2014. — 992 с.: ил.. — Мир материалов и технологий. — Библиография в конце глав.. — ISBN 978-5-94836-400-1.
2. Кашковский, Виктор Васильевич. Специальный физический практикум : учебное пособие / В. В. Кашковский; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 404 с.: ил.. — Библиогр.: с. 393-398.. — ISBN 978-5-98298-751-8.
3. Белов, Н. А.. Металловедение цветных металлов. Алюминиевые, магниевые и титановые сплавы. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] / Белов Н. А., Аксенов А. А.. — Москва: МИСИС, 2005. — 149 с.. — Книга из коллекции МИСИС - Инженерно-технические науки. Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=1829](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1829) (контент)
4. Никулин, С. А. Циркониевые сплавы для ядерных энергетических реакторов Жаропрочные и радиационноустойчивые материалы [Электронный ресурс] / Никулин С. А.. — Москва: МИСИС, 2007. — 92 с.. — Допущено учебно-методическим объединением по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности Физика. — Книга из коллекции МИСИС - Инженерно-технические науки. Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47451](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47451) (контент)
5. Анисович, А. Г.. Рентгеноструктурный анализ в практических вопросах материаловедения [Электронный ресурс] / Анисович А. Г.. — Минск: Белорусская наука, 2017. — 207 с.. — Книга из коллекции Белорусская наука - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-985-08-2112-6. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/106683> (контент)

#### **Дополнительная литература:**

1. Физические свойства насыщенных водородом металлов и сплавов: специализированный физический практикум: практикум [Электронный ресурс] / И. П. Чернов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 5.65 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m155.pdf> (контент)
2. Лидер, Андрей Маркович. Позитронная спектроскопия для контроля микроструктурных изменений в системах "металл-водород" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : спец. 05.11.13 [Электронный ресурс] / А. М. Лидер; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; науч. конс. Ю. И. Тюрин. — Электронные текстовые данные (1 файл: 6 357 КВ). — Томск: 2017. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/43196> (контент)
3. Кудияров, Виктор Николаевич. Закономерности формирования гидридного обода в оболочечных трубах из циркониевого сплава Э110 при газофазном наводороживании : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : спец. 01.04.07 [Электронный ресурс] / В. Н. Кудияров; Национальный исследовательский Томский политехнический университет ; Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара ; науч. рук. А. М. Лидер, науч. конс. В. А. Маркелов. — Электронные текстовые данные (1 файл: 5 444 КВ). —

Томск: 2017. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/46967> (контент)

4. Сыртанов, Максим Сергеевич. Рентгенодифракционный комплекс для контроля структурно-фазовых изменений в материалах при динамических процессах в газовых средах: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.11.13 / М. С. Сыртанов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); науч. рук. В. В. Ларионов. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Свободный доступ из сети Интернет. Схема доступа: <http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/52802/1/dis00331.pdf> (контент)

## 6.2 Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

- <https://www.sciencedirect.com/>
- <https://www.springer.com/gp>
- <https://www.mdpi.com/>
- <https://elibrary.ru/defaultx.asp>
- <http://prac.us.edu.pl/~kansy/index.php?id=lt10>.
- [https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page\\_r18.html](https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page_r18.html)
- <https://sourceforge.net/projects/cdbtools/>
- [https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page\\_r22.html](https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page_r22.html)

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Zoom Zoom;
2. 7-Zip;
3. Adobe Acrobat Reader DC;
4. Adobe Flash Player;
5. Cisco Webex Meetings;
6. Far Manager;
7. Google Chrome;
8. MathWorks MATLAB Full Suite R2017b;
9. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
10. Mozilla Firefox ESR.

Дополнительное лицензионное программное обеспечение:

1. Программа обработки спектров временного распределения аннигиляции позитронов LT 10 v.10.2.2. Лицензия – бессрочная. Программное обеспечение распространяется свободно <http://prac.us.edu.pl/~kansy/index.php?id=lt10>.
2. Программа обработки спектров доплеровского уширения аннигиляционной линии SP v.1.1. Лицензия – бессрочная. Программное обеспечение распространяется свободно [https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page\\_r18.html](https://ifj.edu.pl/private/jdryzek/page_r18.html)
3. Программа обработки 3D спектров совпадений доплеровского уширения аннигиляционной линии CDBTools v.1.0. Лицензия – бессрочная. Программное обеспечение распространяется свободно <https://sourceforge.net/projects/cdbtools/>
4. Программа для обработки рентгеновских спектров Powder Cell 2.3 Лицензия – бессрочная. Программное обеспечение распространяется свободно [http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/powdcell/a\\_v/v\\_1/powder/e\\_cell.html](http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/powdcell/a_v/v_1/powder/e_cell.html)

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

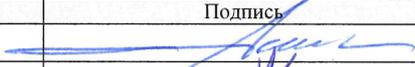
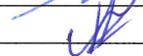
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 122	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 206	Компьютер - 2 шт.; Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 401	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Шкаф для документов - 1 шт.; Компьютер - 13 шт.; Проектор - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения научно-исследовательских работ (научно-образовательная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 106	Рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD-7000S с вертикальным высокоточным гониометром – 1шт.; Лабораторная установка для пучковой обработки и магнетронного напыления – 1шт.; Установка по нанесению покрытий Радуга-Спектр – 1шт.; Герметичный перчаточный бокс серии СПЕКС ГБ 02М – 1шт.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) Аудитория для проведения научно-исследовательских работ (научно-образовательная лаборатория) 634034, Томская область, г.	Стол лабораторный - 1 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Источник питания GPS -3030D 0-30V-3A 1xLED - 1 шт.; Вакуумметр 910-KF16 - 1 шт.; Система ультразвукового анализа твердого тела - 1 шт.; Микроскоп МЕТАМ РВ-21 с устройством ДИК - 1 шт.; Стенд акустических исследований - 1 шт.; Генератор водорода модель HyGen 200 - 1 шт.; Источник питания GPS-1830D 0-18V-3A - 1 шт.; Прибор Г 3-121 - 1 шт.; Вакуумметр DualTrans - 1 шт.; Осциллограф ОСУ-20 - 1 шт.;

	Томск, Ленина проспект, 43 H2	Установка для возб.у/з колеб. - 1 шт.; Генератор азота Claind NG 2301 - 1 шт.; Генератор водорода HyGen 200 - 2 шт.; Насос вакуумный НВР - 1 шт.; Насос диффузионный НВД-400 - 1 шт.; Вакуумный пост DRYTEL1025, комплектация MDP AMD4 - 1 шт.; Анализатор водорода в металлах и сплавах RHEN602 - 1 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.
--	----------------------------------	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.04.02 Физика/Физика конденсированного состояния (приема 2019 г. очная форма обучения).

Разработчики:

Должность	Подпись	ФИО
Профессор		Лидер А.М.
Доцент		Лаптев Р.С.

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения ЭФ (протокол от «\_20\_»\_июня\_2019 г. №\_6\_).

Заведующий кафедрой – руководитель отделения экспериментальной физики (на правах кафедры):

д. т. н.

 /Лидер А. М.  
подпись