

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

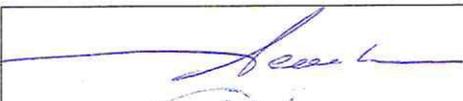
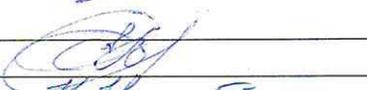
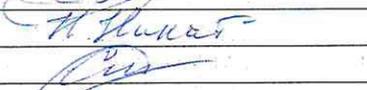
 Долматов О.Ю.

«25» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2017 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Основы анализа поверхности твердых тел и тонких плёнок

Направление подготовки/ специальность	03.03.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация	Физика конденсированного состояния		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7,8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	8		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	60 (16, 44)	
	Практические занятия	60 (16, 44)	
	Лабораторные занятия		
	ВСЕГО	120 (60, 60)	
Самостоятельная работа, ч		168 (40, 128)	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовая работа	
ИТОГО, ч		288	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, Диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЭФ
Заведующий кафедрой - руководитель Отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Лидер А.М.
			Склярова Е.А.
			Никитенков Н.Н.
			Сыпченко В.С.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	Р3 Р7	ОПК(У)-3.В1	Владеет опытом применения общих физических методов для решения задач в профессиональной области
			ОПК(У)-3.У1	Умеет использовать базовые знания общей физики для решения профессиональных задач
			ОПК(У)-3.31	Знает фундаментальные разделы общей физики
ПК(У)-3	Готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований		ПК(У)-3.В1	Владеет опытом применения электрофизических и плазменных установок и ускорительных систем, электронных микроскопов и приборов для исследования поверхности твердых тел
			ПК(У)-3.В2	Владеет опытом применения междисциплинарных знаний для решения нестандартных задач в профессиональной области
			ПК(У)-3.У1	Умеет проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в профессиональной области
			ПК(У)-3.У2	Умеет работать на оборудовании профессиональной области
			ПК(У)-3.31	Знает основы взаимодействия излучения и плазмы с веществом
			ПК(У)-3.32	Знает устройства электрофизических и плазменных установок, приборы и оборудование для исследования свойств материалов
			ПК(У)-4	Способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин
ПК(У)-4.У2	Умеет осваивать новые методы и приборы исследования в области физики конденсированного состояния			
ПК(У)-4.32	Знает методы измерений результатов физического эксперимента			
ПК(У)-7	Способность участвовать в подготовке и составлении научной	ПК(У)-7.В2	Владеет опытом коммуникации в устной и письменной формах, в т.ч. на иностранном языке	
		ПК(У)-7.У2	Умеет оформить договоры, проекты, патенты, публикации и др.	

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
			Код	Наименование
	документации по установленной форме		ПК(У)-7.32	Знает основы составления научной документации по установленной форме

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой 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		Код контролируемой компетенции (или ее части)
Код	Наименование	
РД-1	Применять знания общих законов, теорий, уравнений, современных экспериментальных методов необходимых для анализа конкретных образцов; подбирать условия эксперимента и знать механизмы получения информации для изотопного, химического и структурного анализа;	ОПК(У)-3
РД -2	Применять экспериментальные методы определения изотопного, химического, фазового состава поверхности и тонких пленок;	ПК(У)-3
РД-3	Выполнять расчеты типичных теоретических и экспериментальных параметров, связанных с изменениями изотопного, химического и структурного состава исходных и экспонированных образцов.	ПК(У)-3 ПК(У)-4
РД-4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях на аналитических установках; распознавать, обрабатывать, интерпретировать и представлять экспериментальные данные, полученные различными методами.	ПК(У)-3 ПК(У)-4 ПК(У)-7

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.
Раздел (модуль) 1. Строение поверхности.	РД-1	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	10
Раздел (модуль) 2. Экспериментальные особенности диагностики поверхности.	РД-1 РД-2	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	30
Раздел (модуль) 3. Явления, лежащие в основе методов исследования поверхности.	РД-1 РД-2	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 4. Теоретические основы методов	РД-3	Лекции	8
		Практические занятия	8

электронной спектроскопии поверхности.		Лабораторные занятия	
		Самостоятельная работа	20
Раздел (модуль) 5. Теоретические основы методов ионной спектроскопии поверхности.	РД- 2 РД-3	Лекции	12
		Практические занятия	12
	Лабораторные занятия		
	Самостоятельная работа	30	
Раздел (модуль) 6. Теоретические основы методов структурного анализа	РД-3 РД-4	Лекции	8
		Практические занятия	8
	Лабораторные занятия		
	Самостоятельная работа	20	
Раздел (модуль) 7. Основы методов исследования топографии и химического состава поверхности.	РД-3 РД-4	Лекции	8
		Практические занятия	8
	Лабораторные занятия		
	Самостоятельная работа	38	

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Строение поверхности.

В разделе представлены основные понятия кристаллографии, строение идеальной и реальной поверхности, описания и обозначения реальной поверхности.

Темы лекций:

Лекция 1. Вводная. Основные понятия кристаллографии.

Лекция 2. Индексы Миллера и Вейса.

Лекция 3. Кристаллическое строение идеальной и реальной поверхности. Описания и обозначения

Темы практических занятий:

Практическое занятие 1. Индексы Миллера и Вейса.

Практическое занятие 2. Описание реальной поверхности.

Практическое занятие 3. Требования к экспериментальным условиям при исследовании поверхности.

Раздел 2. Экспериментальные особенности диагностики поверхности.

В разделе представлены требования, предъявляемые к экспериментальным условиям при исследовании поверхности, условия существования динамически чистой поверхности, а также приведены основные узлы вакуумных аналитических установок.

Темы лекций:

Лекция 4. Требования к экспериментальным условиям при исследовании поверхности. Вакуум и сверхвысокий вакуум.

Лекция 5. Динамическая чистота поверхности

Лекция 6. Основные вакуумные узлы аналитических установок (электронная оптика, ионные и электронные пушки).

Лекция 7. Основные вакуумные узлы аналитических установок (энерго- и масс-анализаторы, детекторы, источники излучений).

Лекция 8. Классификация явлений, лежащих в основе методов исследования поверхности.

Темы практических занятий:

Практическое занятие 4. Вакуум и сверхвысокий вакуум.

Практическое занятие 5. Динамическая чистота поверхности.

Практическое занятие 6. Основное назначение и параметры оптики и пушек

Практическое занятие 7. Базовые схемы и основные параметры узлов аналитических установок.

Практическое занятие 8. Основные параметры узлов аналитических установок

Раздел 3. Явления, лежащие в основе методов исследования поверхности.

В разделе представлены классификации явлений, лежащих в основе методов исследования поверхности и виды эмиссий.

Темы лекций:

Лекция 9. Виды и сущность ионной эмиссии (вторичная, термическая, полевая и т.д).

Лекция 10. Виды и сущность электронной эмиссии (вторичная, термическая, полевая и т.д).

Лекция 11. Рентгеновская фотоэлектронная эмиссия. Процесс Оже и оже-электронная эмиссия

Лекция 12. Термоэлектронная (и термоионная) эмиссия. Полевая электронная (и ионная) эмиссия.

Темы практических занятий:

Практическое занятие 9. Основные типы и параметры ионных и электронных пушек. Методы ионизации.

Практическое занятие 10. Фотоэффект.

Практическое занятие 11. Параметры ионных и электронных пушек

Практическое занятие 12. Методы ионизации.

Раздел 4. Теоретические основы методов электронной спектроскопии поверхности.

В разделе представлена теория столкновения электронов с поверхностью твердого тела и процессы их взаимодействия.

Темы лекций:

Лекция 13. Сведения из теории столкновений частиц

Лекция 14. Процессы и эффекты при взаимодействии электронов с веществом.

Лекция 15. Ударная электронная ионизация.

Лекция 16..Плазмоны.

Темы практических занятий:

Практическое занятие 13. Эффект-Оже и рентгеновское излучение.

Практическое занятие 14. Рентгеновское излучение.

Практическое занятие 15. Расчеты средней длины свободного пробега электронов.

Практическое занятие 16. Расчеты энергий плазмонов и параметров т.т. из плазменных спектров

Раздел 5. Теоретические основы методов ионной спектроскопии поверхности.

В разделе представлена теория каскадного линейного распыления поверхности твердого тела ионами, пробеги заряженных частиц через вещество.

Темы лекций:

Лекция 17. Средняя длина свободного пробега электронов и ионов в веществе. Пробеги первичных электронов и ионов в твердых телах.

Лекция 18. Классификация механизмов ионного распыления.

Лекция 19. Элементы теории ионного распыления поверхности за счет каскадов атомных столкновений.

Лекция 20. Модели теплового пика.

Лекция 21. Классификация процессов ионообразования при распылении.

Лекция 22. Ионизации вторичных атомов в условиях распыления за счет каскадов атомных столкновений

Темы практических занятий:

Практическое занятие 17. Средняя длина свободного пробега электронов в веществе.

Практическое занятие 18. Средняя длина свободного пробега ионов в веществе.

Практическое занятие 19. Пробеги первичных электронов и ионов в твердых телах.

Практическое занятие 20. Расчет коэффициентов ионного распыления поверхности металлов. Утверждение темы курсовой работы.

Практическое занятие 21. Расчет вероятности ионизации вторичных атомов при распылении за счет каскадов атомных столкновений.

Практическое занятие 22. Обсуждение «Содержания » курсовых работ и правил оформления.

Раздел 6. Теоретические основы методов структурного анализа.

В разделе представлены: классификация процессов ионообразования при распылении; термодинамическое описание процессов ионизации и возбуждения; дифракция излучений и частиц; особенности структурного анализа тонких плёнок.

Темы лекций:

Лекция 23. Дифракция излучений и частиц, корпускулярно-волновой дуализм.

Лекция 24. Дифракция электронов и рентгеновского излучения на кристаллической решетке.

Лекция 25. Построение Эвальда.

Лекция 25. Тепловые колебания решетки и фактор Дебая-Валлера.

Темы практических занятий:

Практическое занятие 23. Дифракция излучений и частиц, корпускулярно-волновой дуализм.

Практическое занятие 24. Дифракция электронов на кристаллической решетке.

Практическое занятие 25. Дифракция рентгеновского излучения на кристаллической решетке.

Практическое занятие 24. Построение поверхностей Эвальда

Раздел 7. Основы методов исследования топографии и химического состава поверхности.

В разделе представлены основы сканирующей зондовой микроскопии, атомно силовая и туннельная микроскопия.

Темы лекций:

Лекция 26. Особенности электронного структурного анализа поверхности.

Лекция 27. Основы сканирующей зондовой микроскопии

Лекция 28. Атомная силовая микроскопии.

Лекция 29. Туннельная зондовые микроскопии.

Лекция 30. Защита-презентация курсовой работы.

Темы практических занятий:

Практическое занятие 26. Расшифровка электронных дифрактограмм.

Практическое занятие 27. Основы сканирующей зондовой микроскопии

Практическое занятие 28. Атомная силовая микроскопии.

Практическое занятие 29. Туннельная зондовые микроскопии.(4ч)

Тематика курсовых работ (теоретический раздел)

1. Рассеяние ионов низких энергий (РИНЭ) и спектроскопия РИНЭ.
2. Вторичная электронная эмиссия (ВЭЭ) и эл
3. ектронная ожэ-спектроскопи (ЭОС).

Послойный анализ методами ВИМС и ЭОС.

4. Полевая ионная эмиссия (ПИЭ) и полевой ионный микроскоп (ПИМ)
5. Полевая электронная эмиссия (ПЭЭ) и полевой электронный микроскоп (ПЭМ)
6. Вторичная ионная эмиссия (ВИЭ) и вторичная ионная масс-спектрометрия (ВИМС).
7. Фотоэлектронная эмиссия (ФЭЭ) и ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопия (УФЭС)
8. Фотоэлектронная эмиссия (ФЭЭ) и рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
9. Высоковакуумные узлы аналитических установок для диагностики поверхности
10. Резерфордское обратное рассеяние в элементном и структурном анализе поверхности.
11. Ионно-электронная эмиссия и ионно-нейтрализационная спектроскопия (ИНС.
12. Дифракция электронов низких энергий в исследованиях структуры поверхности
13. Термо-ионная эмиссия и термодесорционная спектроскопия (ТДС).
14. Методы исследования механических свойств поверхности (параметры твердости и индентирование).
15. Методы исследования механических свойств поверхности и тонких плёнок (трение, адгезия).

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролируемых мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Выполнение курсовой работы;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Никитенков Н. Н. Основы анализа поверхности твердых тел методами атомной физики : учебное пособие / Н. Н. Никитенков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m216.pdf>. – Режим доступа : из корпоративной сети ТПУ. – Текст : электронный.
2. Никитенков, Н. Н. Технология конструкционных материалов. Анализ поверхности методами атомной физики: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Н. Н. Никитенков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Москва: Юрайт, 2016. – 203 с.
3. Никитенков Н. Н. Основы изотопного, химического и структурного анализа поверхности методами атомной физики: учебное пособие / Н. Н. Никитенков; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во ТПУ, 2002. – 197 с.

Дополнительная литература (указывается по необходимости)

1. Вудраф Д. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф Д, Т. Делчар. – Москва: Мир, 1989. – 564 с. – URL:

http://publ.lib.ru/ARCHIVES/V/VUDRAF_D/_Vudraf_D..html . – Текст : электронный.

2. Введение в физику поверхности / К. Оура, В. Г. Лифшиц, А. А. Саранин, А. В. Зотов [и др.]. – Москва : Наука, 2006. – 490 с. – URL: https://www.studmed.ru/oura-k-lifshic-vg-saranin-aa-zotov-av-katayama-m-vvedenie-v-fiziku-poverhnosti_590c8e5b2fb.html. – Текст : электронный.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Основы анализа поверхности твердых тел методами атомной физики Часть 1»: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2189>
2. Электронный курс «Основы анализа поверхности твердых тел методами атомной физики Часть 2»: <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2067>
3. Электронный курс «Isotopic, Chemical and Structural Surface Analysis with Methods of Atomic Physics» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=2482>
4. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

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

1. Microsoft Office Standard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition (021-10232)
2. Cisco Webex Meetings
3. Zoom Zoom.

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 (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 204	Масс-спектрометр MX 7304 - 1 шт.; Генератор чистого водорода ГВЧ-12М1 - 1 шт.; Блок фотоприемный - 1 шт.; Масс-спектрометр МС-7201 - 1 шт.; Источник излучения - 1 шт.; Система охлаждения и терморегулирования ионно-плазменной установки - 1 шт.; Система вакуумирования - 1 шт.; Ионная пушка - 1 шт.; Насос турбомолекулярный ТМП-303М - 1 шт.; Масс-спектрометрический комплекс - 2 шт.; Вакууметр СС10 Televac - 2 шт.; Высоковакуумный шибер ДУ63 CF - 1 шт.; Установка для исследования радиационного и термического выделения газов из неорганических материалов - 2 шт.; Чиллер замкнутого типа HRS012-AF-20-B - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Источник ускоренных электронов ИУЭ-100/2 - 1 шт.; Бидистиллятор ТУР 2102 - 1 шт.; Блок пит.Шагового двигат. - 1 шт.; Насос спиральный ISP-500C-SH 101040025597 - 1 шт.; Установка для насыщения металлов, полупроводников и диэлектриков изотопами водорода из плазмы высокочастотного разряда УНМ-02 - 1 шт.; Установка для проведения опыта Франка и Герца с ртутью - 1 шт.; Безмаслянный спиральный

		форвакуумный насос Anest Iwata ISP-500С - 2 шт.; Аналитический модуль для исследования оптических спектров материалов в атомарном водороде и плазме - 1 шт.; Вакуумметр 979В-CF40 - 1 шт.; Спиральный форвакуумный насос - 1 шт.;Комплект учебной мебели на 4 посадочных мест;Шкаф для документов - 2 шт.;Тумба подкатная - 5 шт.;Стол лабораторный - 5 шт.;Полка - 1 шт.;Компьютер - 6 шт.; Принтер - 4 шт
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 207	Комплект учебной мебели на 26 посадочных мест Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43 206	Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест Проектор - 1 шт.; Телевизор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
профессор		Никитенков Н.Н.
доцент		Сыпченко В.С.

Программа одобрена на заседании кафедры ОФ (протокол от «_15_»_05_ 2017 г. №_6_).

Зав. кафедрой -руководитель ОЭФ на правах кафедры
д.т.н, профессор

 /Лидер А.М./
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании отделения ОЭФ (протокол)
2018/2019 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Изменена система оценивания	от «14» июня 2018г. № 3 От «28» августа 2018г. № 4
2019/2020 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	от «20» июня 2019 г. № 6
2020/2021 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	от «31» августа 2020г. № 3