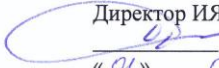
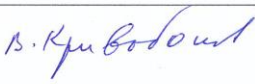


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЯТШ ТПУ
 Долматов О.Ю.
« 01 » 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ – очная

Физика поверхности и тонкие плёнки			
Направление подготовки/ специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Ядерные физика и технологии		
Специализация	Пучковые и плазменные технологии		
Уровень образования	высшее образование – бакалавриат		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		22
	Практические занятия		22
	Лабораторные занятия		-
	ВСЕГО		44
Самостоятельная работа, ч		64	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной аттестации	экзамен	Обеспечивающее подразделение	НОЦ Б.П. Вейнберга
Заведующий кафедрой – руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель			Кривобоков В.П.
			Бычков П.Н.
			Г.А. Блейхер

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Готовность принимать участие в теоретических исследованиях в различных областях физики, связанных с современными высокотехнологическими способами энергетического воздействия на материалы, основанными на использовании радиационных и плазменных потоков, разрабатывать адекватные физические и математические модели изучаемых процессов.	И.ПК(У)-1.3	Демонстрирует понимание механизмов явлений, происходящих на поверхности твёрдого тела, структуры поверхностных слоёв, основных закономерностей роста тонких плёнок и покрытий	ПК(У)-1.3В1	<i>Владеет</i> навыками выполнения анализа поверхностных свойств материалов и тонкопленочных структур
				ПК(У)-1.3У1	<i>Умеет</i> анализировать и интерпретировать результаты исследования свойств материалов и различных структур, полученные с помощью современных методов
				ПК(У)-1.3З1	<i>Знает</i> фундаментальные понятия, законы и закономерности, касающиеся свойств поверхности твёрдого тела, механизмов роста тонких плёнок и покрытий
ПК(У)-2	Способность участвовать в экспериментальных исследованиях в различных областях физики, связанных с воздействием плазмы и пучков заряженных частиц на вещество, самостоятельно осваивать современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру, применять современные методы исследования свойств материалов и различных структур, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов, оборудования и изделий.	И.ПК(У)-2.3	Демонстрирует готовность проводить научные исследования в области модифицирования поверхностных свойств материалов различного назначения	ПК(У)-2.3В1	<i>Владеет</i> современными методами плазменно-пучковой модификации поверхности материалов, в том числе медицинского назначения, а также методами анализа свойств материалов и поверхностных структур
				ПК(У)-2.3У1	<i>Умеет</i> объяснять и применять на практике физические принципы, положенные в основу плазменных и пучковых технологий
				ПК(У)-2.3З1	<i>Знает</i> основные принципы модифицирования свойств различных материалов и изделий с помощью плазменно-пучкового воздействия на них

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-5	Готовность к участию в производственно-технологической деятельности, связанной с применением плазменных и пучковых технологий для обработки материалов и синтеза новых материалов (в том числе нанесению функциональных покрытий), определению основных параметров технологических процессов, анализу физических и механических свойств изделий и материалов.	И.ПК(У)-5.1	Демонстрирует способность принимать участие в производственно-технологической деятельности, направленной на создание модифицирующих покрытий и технологий их осаждения вакуумными плазменно-пучковыми методами	ПК(У)-5.131	Знает основы модификации поверхности с использованием вакуумных плазменно-пучковых методов и принципы работы оборудования

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		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Способность выбирать необходимые методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы исходя из задач конкретного исследования.	И.ПК(У)-1.3
РД-2	Способность определять необходимые методы проведения аналитических и имитационных исследований с применением современных достижений науки и техники.	И.ПК(У)-2.3
РД-3	Планировать, организовывать и проводить необходимые эксперименты, в том числе с использованием программных продуктов.	И.ПК(У)-1.3 И.ПК(У)-5.1
РД-4	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях.	И.ПК(У)-5.1

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.
Раздел 1. <i>Термодинамика свойств и превращений вещества.</i>	РД-1	Лекции	6
		Практические занятия	6
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	16

Раздел 2. <i>Основы двумерной кристаллографии.</i>	РД-2	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12
Раздел 3. <i>Поверхностные явления и тонкие пленки.</i>	РД-3	Лекции	8
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	24
Раздел 4. <i>Структура и свойства поверхности и тонких пленок.</i>	РД-4	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	12

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Термодинамика свойств и превращений вещества.

Темы лекций:

1. Термодинамические системы и процессы. Основные термодинамические функции. Химический потенциал и парциальные молярные величины. Понятие о стандартном состоянии веществ.
2. Фазовые превращения и фазовые диаграммы. Закон действия масс и константы химического равновесия. Правило фаз Гиббса. Направление протекания химической реакции.
3. Кинетические и диффузионные процессы. Законы Фика. Термоактивационные процессы. Закон Аррениуса. Атомные механизмы поверхностной диффузии.

Темы практических занятий:

1. Основные термодинамические функции и соотношения между ними.
2. Условия фазового и химического равновесия.
3. Законы Фика. Диффузионные задачи на введение вещества в твердое тело.

Раздел 2. Основы двумерной кристаллографии.

Темы лекций:

1. Основы двумерной кристаллографии. Двумерные решетки. Индексы Миллера. Запись для описания структуры поверхности. Матричная запись. Запись Вуда. Двумерная обратная решетка. Зоны Бриллюэна.
2. Дефекты и физические свойства твердых тел. Квазихимический метод описания дефектов. Поверхностные дефекты. Ступени, сингулярные и вицинальные поверхности, фасетки. Общее рассмотрение с использованием модели террас-ступеней-изломов (ТСИ).

Темы практических занятий:

1. Кристаллическая структура твердых тел.
2. Дефекты кристаллической решетки.

Раздел 3. Поверхностные явления и тонкие пленки.

Темы лекций:

1. Поверхностная энергия. Физическая и химическая адсорбция на поверхности твердых

тел. Кинетика процесса физической адсорбции. Уравнение изотермы Ленгмюра.

2. Механизмы роста пленок на реальных поверхностях. Кристаллическая структура поверхности и расположение адатомов.

3. Зародышеобразование. Гомогенное зародышеобразование. Термодинамические условия гетерогенного зародышеобразования. Морфология тонких слоев. Зависимость зародышеобразования от температуры подложки и скорости осаждения.

4. Атомистические модели зародышеобразования. Кинетические модели зародышеобразования. Коалесценция кластеров и истощение. «Вызревание» Оствальда. Спекание. Миграция кластеров. Коалесценция и размер зерен.

Темы практических занятий:

1. Эпитаксиальный рост тонких плёнок.
2. Методы осаждения тонких плёнок из паровой фазы.
3. Атомные манипуляции и формирование наноструктур.
4. Кинетические модели зародышеобразования.

Раздел 4. Структура и свойства поверхности и тонких пленок.

Темы лекций:

1. Структура и морфология осажденных пленок и покрытий. Плотность пленок. Текстура тонких пленок. Эффекты подложки.
2. Механические свойства тонких пленок. Электронные свойства поверхности. Функционал плотности. Поверхностные состояния. Электронная структура поверхности. Поверхностная проводимость.

Темы практических занятий:

1. Топография поверхности. Шероховатость.
2. Вычисление твердости и модуля упругости тонких плёнок методом Оливера–Фарра.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Подготовка к практическим и семинарским занятиям;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Фомин, Д. В. Экспериментальные методы физики твердого тела: учебное пособие / Д.В. Фомин. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 186 с. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259074> - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шпольский, Эдуард Владимирович. Атомная физика: учебник: в 2 т. / Э. В. Шпольский. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — ISBN 978-5-8114-1004-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/442> - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Владимиров, Г. Г. Физика поверхности твердых тел: учебное пособие / Г. Г. Владимиров. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1997-5. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/71707> Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Никитенков, Н. Н. Технология конструкционных материалов. Анализ поверхности методами атомной физики: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Н. Н. Никитенков. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 202 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-6528-5. — Текст: электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/414062> Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература.

1. Milton, Ohring. Materials Science of Thin Films / Ohring Milton. — San Diego: Academic Press, 2002. — 794 p. — Текст: электронный // ScienceDirect. — URL: <https://www.sciencedirect.com/book/9780125249751/materials-science-of-thin-films>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. <http://www.lib.tpu.ru/> - Научно-техническая библиотека ТПУ
2. <http://www.sciencedirect.com/>
3. <http://www.springerlink.com/>
4. Сборник программного обеспечения для студентов НИ ТПУ, режим доступа <https://vap.tpu.ru>

Информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>
2. Справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnaya-biblioteka-grebennikon-0>

Свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Document Foundation LibreOffice.

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

1. Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian Academic.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины.

В учебном процессе используется следующее оборудование для лекционных и практических занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран 1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 46 посадочных мест.

	аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина пр., 2, стр. 4 326	
--	--	--

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Пучковые и плазменные технологии» (приема 2018 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
профессор		Г.А. Блейхер

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 28.06.2018 г. № 24-а).

Заведующий кафедрой –
 руководитель Научно-
 образовательного центра Б.П.
 Вейнберга
 на правах кафедры, д.ф.-м.н,
 профессор

Кривобоков В.П./

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга (протокол)
2019/20 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол № 38 от 28.06.2019 г.
2020/2021 уч. год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Обновлено содержание разделов дисциплины 4. Обновлен список литературы, в том числе ссылок ЭБС	протокол № 43 от 01.09.2020 г.