

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 2020 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		В. Кривобок	Кривобок В.П.
			Бычков П.Н.
			Блейхер Г.А.

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	<i>Знает</i> 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 мольные 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

Основная литература

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: для авториз. пользователей

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	Компьютер - 1 шт.; проектор - 1 шт.; экран

занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина пр., 2, стр. 4 326	1 шт.; доска аудиторная настенная - 1 шт.; комплект учебной мебели на 46 посадочных мест.
---	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.03.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Пучковые и плазменные технологии» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность		ФИО
профессор		Г. А. Блейхер

Программа одобрена на заседании НОЦ Б.П. Вейнберга ИЯТШ (протокол от 01.09.2020 г. № 43).

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)