

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра теоретической и экспериментальной физики



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института Якунина И.Н.  
«19» января 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине ФДТ.1  
**«Физика поверхностных явлений»**

Направление подготовки:  
03.06.01 - ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ

Направленность (профиль)  
**«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

Уровень высшего образования  
подготовка кадров высшей квалификации  
по программам подготовки  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения  
очная, заочная

Год набора  
2021

**Автор программы:**

доктор, физико-математических наук, профессор Шибков А.А.,

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 - ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ (уровень - подготовка кадров высшей квалификации) (приказ Минобрнауки РФ от 30 июля 2014 г. № 867).

Рабочая программа принята на заседании кафедры теоретической и экспериментальной физики «15» января 2021 года, протокол № 6.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры
3. Объем и содержание дисциплины
4. Контроль знаний обучающихся
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы

## 1. Цели и задачи дисциплины

**1.1 Цель дисциплины** - знания о процессах и явлениях, протекающих на поверхности тел, находящихся в конденсированном состоянии, овладение методами определения характеристик и параметров этих процессов и явлений, умение применять полученные знания при разработке материалов и технологической их обработки. Цель преподавания дисциплины достигается путем овладения аспирантами теоретических знаний о поверхностных процессах и явлениях и практических навыков их определения. Данная задача решается посредством прочтения курса лекций и проведения практических занятий по данной дисциплине. Для закрепления знаний, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы, предусмотрена подготовка к докладам и сообщениям по заданной тематике.

### 1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

- научно-исследовательская деятельность в области физики и астрономии; преподавательская деятельность в области физики и астрономии;
- освоение методов научных исследований; освоение теорий и моделей; участие в проведении физических исследований по выбранной тематике; участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне; работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий;
- освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности;
- освоение методов инженерно-технологической деятельности; участие в обработке и анализе полученных данных с помощью современных информационных технологий;
- знакомство с основами организации и планирования физических исследований; участие в информационной и технической организации научных семинаров и конференций; участие в написании и оформлении научных статей и отчетов.

**1.3 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:**

Код и наименование компетенции ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения по дисциплине, необходимые для формирования компетенции
ПК-7                      Готовность разрабатывать и осуществлять научные проекты в области физики конденсированного состояния	<b>Знает и понимает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- творческие методы решения исследовательских и практических задач в рамках научно-исследовательской деятельности <b>Код 31(ПК-7)</b></li> <li>- основные научные фонды, программы <b>Код 32(ПК-7)</b></li> <li>- общие и частные требования к содержанию научно-исследовательских заявок разных типов <b>Код 33(ПК-7)</b></li> <li>- квалификационные требования к коллективу исполнителей научного проекта <b>Код 34(ПК-7)</b></li> </ul>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- количественно описывать и интерпретировать полученные результаты <b>Код У2(ПК-7)</b></li> <li>- формировать контент научного проекта <b>Код У3(ПК-7)</b></li> </ul>
	<b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками совершенствования и развития своего научно-творческого потенциала <b>Код В1(ПК-7)</b></li> <li>- навыками составления бюджета научного проекта <b>Код В2(ПК-7)</b></li> </ul>

ПК-5 Готовность к изучению экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния	<b>Знает и понимает:</b> - условия фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах <b>Код 31(ПК-5)</b> - методы изучения экспериментального состояния конденсированного вещества <b>Код 32(ПК-5)</b>
	<b>Умеет (способен продемонстрировать):</b> - реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе <b>Код У1(ПК-5)</b> - целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния <b>Код У2(ПК-5)</b>
	<b>Владеет:</b> - технологиями сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество <b>Код В1(ПК-5)</b>

**1.4 Согласование междисциплинарных связей** дисциплин, практик, научных исследований, обеспечивающих освоение компетенций.

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» и их влияние на физические свойства твердых тел» логически связана с такими дисциплинами, практиками, научными исследованиями, как:

ПК-5 – Нелинейная динамика пластических неустойчивостей в металлах, Электрофизические методы стабилизации механических свойств авиационных сплавов

ПК-7 – Физика конденсированного состояния, Организационно-методическое обеспечение научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния

## 2. Место дисциплины в структуре ОП аспирантуры:

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» и их влияние на физические свойства твердых тел» является факультативной в учебном плане ОП по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, направленность (профиль) – Физика конденсированного состояния.

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» изучается в 3 семестре.

## 3. Объём и содержание дисциплины

### 3.1 Объём дисциплины

Очная форма обучения: 2 з.е.

Заочная форма обучения: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная форма обучения (всего часов)	Заочная форма обучения (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<i>Контактная работа (по учебным занятиям)</i>	22	4
Лекции (Л)	10	4
Практические (семинарские) занятия (ПЗ)	12	-
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-	-
<i>Самостоятельная работа (СР)</i>	50	68
<i>Зачет</i>		

### 3.2 Содержание курса:

№ те мы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час. (очная/заочная)				Формы текущего контроля
		Л	ПЗ	ЛЗ	СР	
1.	Тема 1. Основные понятия о поверхностных процессах и явлениях	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
2.	Тема 2. Электронные состояния на поверхностях	2/1	3/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
3	Тема 3. Атомная характеристика поверхностных процессов и явлений	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
4.	Тема 4. Поверхность раздела твердое тело-жидкость.	2/1	2/-	-	10/14	письменная самостоятельная работа
5	Тема 5. Кинетика формирования новой фазы	2/-	2/-	-	10/12	письменная самостоятельная работа

#### Тема 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ О ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЦЕССАХ И ЯВЛЕНИЯХ

**Лекция.** Термодинамика поверхностей твердых тел. Анизотропия поверхностного натяжения. Структура поверхности кристаллов. Реконструкция поверхности. Фрактальные поверхности. Плавление поверхности. Поверхностная сегрегация в твердых телах. Термодинамика адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. Фазовые переходы в адсорбционных слоях. Деформация твердых тел при адсорбции. Адсорбция на металлах . Адсорбция на полупроводниках

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Термодинамика поверхностей твердых тел. Анизотропия поверхностного натяжения. Структура поверхности кристаллов. Реконструкция поверхности. Фрактальные поверхности. Плавление поверхности. Поверхностная сегрегация в твердых телах. Термодинамика адсорбции. Физическая и химическая адсорбция. Фазовые переходы в адсорбционных слоях. Деформация твердых тел при адсорбции. Адсорбция на металлах . Адсорбция на полупроводниках

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

#### Тема 2. ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ

**Лекция.** Электронное состояние на поверхности. Поверхности металлов. Контактная разность потенциалов.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Электронное состояние на поверхности. Поверхности металлов. Контактная разность потенциалов

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 3. АТОМНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ**

**Лекция.** Пространственный заряд вблизи металлической поверхности. Поверхности полупроводников. Влияние адсорбции на электронное состояние поверхности. Двойной электрический слой

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Пространственный заряд вблизи металлической поверхности. Поверхности полупроводников. Влияние адсорбции на электронное состояние поверхности. Двойной электрический слой

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 4. ПОВЕРХНОСТЬ РАЗДЕЛА ТВЕРДОЕ ТЕЛО-ЖИДКОСТЬ.**

**Лекция.** Краевой угол. Гистерезис краевого угла. Линейное натяжение. Краевой угол на гетерогенной поверхности. Краевой угол на фронтальной поверхности. Переходы смачивания. Гомогенная нуклеация. Спинодальный распад.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Краевой угол. Гистерезис краевого угла. Линейное натяжение. Краевой угол на гетерогенной поверхности. Краевой угол на фронтальной поверхности. Переходы смачивания. Гомогенная нуклеация. Спинодальный распад.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 5. КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ НОВОЙ ФАЗЫ**

**Лекция.** Эволюция зарождения новой фазы. Зарождение и рост кристаллов. Гетерогенная нуклеация. Конденсация на ионах. Конденсация на подложках. Эпитаксия. Рост фрактальных поверхностей.

**Практическое занятие.** Сообщения и доклады по следующим вопросам: Эволюция зарождения новой фазы. Зарождение и рост кристаллов. Гетерогенная нуклеация. Конденсация на ионах. Конденсация на подложках. Эпитаксия. Рост фрактальных поверхностей.

**Задания для самостоятельной работы:** Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

## **4. Контроль знаний обучающихся**

### **4.1 Формы текущего контроля работы аспирантов:**

- письменная самостоятельная работа.

### **4.2 Типовые задания текущего контроля**

#### Типовые темы самостоятельных работ

1. Поверхностная энергия жидкостей.
2. Термодинамика поверхности жидкости.
3. Структура поверхностного слоя жидкости.
4. Ориентация молекул в поверхностном слое жидкости.
5. Температурная зависимость поверхностного натяжения.

### **4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.**

#### Типовые вопросы для зачёта

1. Адсорбция и хемосорбция на поверхности металла с точечными дефектами.
2. Понятия «поверхностной энергии» и «поверхностного натяжения» металла.
3. Самопроизвольный процесс образования поверхности кристалла.
4. Поверхностная энергия металла как энергия образования поверхностных вакансий и адатомов (вакансионная термодинамическая модель поверхностного слоя металла).
5. Сравнение энергий образования атомных вакансий в объеме кристалла и в его поверхностном слое.
6. Температурная зависимость поверхностной энергии металлов и концентрации вакансий и адатомов в поверхностной фазе. Термическая реконструкция структуры поверхности металлов.
7. Зависимость поверхностной энергии металла и концентрации вакансий (или адатомов) от электродного потенциала.
8. Адсорбционное снижение прочности металлов.
9. Термодинамика поверхностей твердых тел. Анизотропия поверхностного натяжения.
10. Структура поверхности кристаллов. Реконструкция поверхности. Фрактальные поверхности.
11. Плавление поверхности. Поверхностная сегрегация в твердых телах.
12. Термодинамика адсорбции. Физическая и химическая адсорбция.
13. Фазовые переходы в адсорбционных слоях.
14. Деформация твердых тел при адсорбции.
15. Адсорбция на поверхности металла. Адсорбция на поверхности полупроводника.
16. Электронное состояние на поверхности металлов. Контактная разность потенциалов.
17. Поверхностные состояния в полупроводниках.
18. Эволюция зарождения новой фазы. Зарождение и рост кристаллов.
19. Гетерогенная нуклеация кристалла.
20. Конденсация на ионах. Конденсация на подложках. Эпитаксия.
21. Рост фрактальных поверхностей.

#### 4.4 Шкала оценивания промежуточной аттестации

##### Зачет

Оценка	Компетенции	
«зачтено»	ПК-7	<p>Сформированные систематические представления о творческих методах решения исследовательских и практических задач в рамках научно-исследовательской деятельности</p> <p>Сформированные систематические знания об основных научных фондах, программах</p> <p>Сформированные систематические знания об общих и частных требованиях к содержанию научно-исследовательских заявок разных типов</p> <p>Сформированные систематические знания о квалификационных требованиях к коллективу исполнителей научного проекта</p> <p>Сформированное умение определять перспективные направления научных междисциплинарных исследований</p> <p>Сформированное умение количественно описывать и интерпретировать полученные результаты</p> <p>Сформированное умение формировать контент научного проекта</p> <p>Успешное и систематическое применение навыков совершенствования и развития своего научно-творческого</p>

		<p>потенциала</p> <p>Успешное и систематическое применение навыков составления бюджета научного проекта</p>
	ПК-5	<p>Сформированные систематические представления об условиях фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах</p> <p>Сформированные систематические представления о методах изучения экспериментального состояния конденсированного вещества</p> <p>Сформированное умение реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе</p> <p>Сформированное умение целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния</p> <p>Успешное и систематическое владение технологиями сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество</p>
«не зачтено»	ПК-7	<p>Неполные представления о творческих методах решения исследовательских и практических задач в рамках научно-исследовательской деятельности</p> <p>Неполные знания об основных научных фондах, программах</p> <p>Неполные знания об общих и частных требованиях к содержанию научно-исследовательских заявок разных типов</p> <p>Неполные знания о квалификационных требованиях к коллективу исполнителей научного проекта</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение определять перспективные направления научных междисциплинарных исследований</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение количественно описывать и интерпретировать полученные результаты</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение формировать контент научного проекта</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков совершенствования и развития своего научно-творческого потенциала</p> <p>В целом успешное, но не систематическое применение навыков составления бюджета научного проекта</p>
	ПК-5	<p>Неполные представления об условиях фазовых переходов в конденсированном веществе при сильных сжатиях, ударных воздействиях, низких температурах</p> <p>Неполные представления о методах изучения экспериментального состояния конденсированного вещества</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое умение реализовывать экстремальные условия, вызывающие фазовые переходы в конденсированном веществе</p> <p>В целом успешное, но не систематическое осуществляемое</p>

		<p>умение целенаправленно использовать сильное сжатие, ударное воздействие, низкие температуры для создания определенного структурного состояния</p> <p>Испытывает трудности при использовании технологий сильного сжатия, ударного воздействия и воздействия низкими температурами на конденсированное вещество</p>
--	--	--

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Основная литература

1. Владимир Г.Г. Физика поверхности твердых тел. СПб. Лань. 2016. 352 с.
2. Козик В.В., Боролю Л.П., Кузнецов С.А., Лютова Е.С. Химия твердого тела и химическое материаловедение. Томск. 2018.
3. Андреев Ю.Я. Электрохимия металлов и сплавов. М.: Высшее Образование и Наука. 2016. 320 с.

### 5.2. Дополнительная литература

1. Методы синтеза и их физико-химические свойства в водных растворах и на твердых подложках / В. Е. Баулин [и др.] // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2013. Т. 49, № 1. С. 7-34.
2. Подгаецкий, Э. М. Адсорбция на твердой поверхности с учетом ее конечных деформаций/ Э. М. Подгаецкий // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2013. Т. 49, № 3. С. 239-246
3. Андриевский, Р. А. Роль размерных эффектов в реакциях взаимодействия наноструктурных материалов с окружающей средой / Р. А. Андриевский // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2013.
4. Белякова, Л. Д. Хроматография - метод исследования химии поверхности и процессов на межфазных границах [[Текст]] / Л. Д. Белякова, А. К. Буряк, О. Г. Ларионов // Физикохимия поверхности и защита материалов. 2013. Т. 49, № 6. С. 551-574.
5. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011. 568 с.
6. Семенченко В.К. Поверхностные явления в металлах и сплавах. М., 2006. 321 с.
7. Федоров В.А., Пермякова И.Е. Химия твердого тела 2004. Изд.дом ТГУ. 83 с.

### 5.3. Иные источники

К рекомендуемым Интернет-ресурсам по данной дисциплине относятся Интернет-ресурсы ведущих российских и зарубежных журналов, а также образовательные порталы и сайты ведущих российских университетов.

Интернет-ресурсы ведущих российских журналов по данной тематике:

[www.journals.ioffe.ru](http://www.journals.ioffe.ru) / ftt – «Физика твёрдого тела»

[www.iournals.ioffe.ru](http://www.iournals.ioffe.ru) / ftp – «Физика и техника полупроводников»

[www.journals.ioffe.m](http://www.journals.ioffe.m) / pjtf – «Письма в журнал технической физики»

[www.iounials.ioffe.nl](http://www.iounials.ioffe.nl) / itf – «Журнал технической физики»

[www.ietsp.ac.ru](http://www.ietsp.ac.ru) – ЖЭТФ

[www.ietspleters.ac.ru](http://www.ietspleters.ac.ru) – «Письма в ЖЭТФ»

[www.ufn.ru](http://www.ufn.ru) – «Успехи физических наук»

[www.nanom.ru](http://www.nanom.ru) – «Российские нанотехнологии»

[www.quant-electron.ru](http://www.quant-electron.ru) – «Квантовая электроника»

<http://impo.imp.uran.ru/fmm/> – «Физика металлов и металловедение»

Интернет-ресурсы иностранных журналов

[www.aps.org](http://www.aps.org)

[www.springeropen.com](http://www.springeropen.com)

Интернет-порталы: <http://window.edu.ni>.; <https://elibrarv.ru>

## **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

### **Электронная информационно-образовательная среда**

<http://moodle.tsutmb.ru>

Взаимодействие преподавателя и аспиранта в процессе освоения дисциплины осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.

#### **Лицензионное программное обеспечение:**

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI (11.0.08) - Russian Adobe Systems Incorporated 10.11.2014 187, 00 MB 11.0.08

7-Zip 9.20

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

#### **Информационные справочные системы и профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий):**

1. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyj-katalog/>
2. Электронная библиотека ТГУ – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru>
3. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» - URL: <http://www.biblioclub.ru>
4. ЭБС «IPRbooks» - URL: <http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «Юрайт»: (ВО и СПО), включая коллекцию «Легендарные книги» - URL: [www.urait.ru](http://www.urait.ru)
6. Сетевая электронная библиотека педагогических вузов - URL: <https://lanbook.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - URL: <http://elibrary.ru>
8. Государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» - URL: <https://нэб.рф>
9. Электронный справочник «Информιο» - URL: [www.informio.ru](http://www.informio.ru)
10. БД издательства SpringerNature
  - URL: <https://link.springer.com/>
  - URL: <https://materials.springer.com/>

- URL: <https://zbmath.org/>
- URL: <https://goo.gl/PdhJdo> - БД Nano
- 11. БД ScienceDirect - URL: <https://www.sciencedirect.com/>
- 12. БД Scopus - URL: <http://www.scopus.com>
- 13. БД Web of Science
  - URL:  
[WOS GeneralSearch input.do?product=WOS&search\\_mode=GeneralSearch&SID=Q1qfWXliB25bAcrIBPM&preferencesSaved](https://www.webofscience.com/WoSCover/input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=Q1qfWXliB25bAcrIBPM&preferencesSaved)
- 14. Архив научных журналов зарубежных издательств URL: <https://arch.neicon.ru>
- 15. Словари ABBYY Lingvo x3 Европейская версия – установлены стационарно на ПК ТГУ