Приложение 5

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»
Инженерно-технический институт
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
И.о. директора института



Т. В. Пасько
«13» апреля 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине 2.1.Ф.1 Физика поверхностных явлений

Научная специальность: 1.3.8. Физика конденсированного состояния

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

Формы обучения: очная

год набора: 2026

Тамбов, 2026

Автор программы:
Доктор физико-математических наук, профессор Шибков Александр Анатольевич

Рабочая программа составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов) (приказ Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «13» апреля 2026 г. Протокол № 6

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины…… 4

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры……. 4

3. Объем и содержание дисциплины…… 4

4. Контроль знаний обучающихся……. 6

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины…… 8

6. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы……. 9

1. Цели и задачи дисциплины

1.1 Цель дисциплины - развитие знаний 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.

1.2 Задачи дисциплины:

- развитие теоретических представлений и навыков научно-исследовательской деятельности в области физики поверхности;
- освоение методов научных исследований; освоение теорий и моделей; участие в проведении физических исследований по выбранной тематике с использованием методов стабилизации физических свойств материалов, участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне, работа с научной литературой;
- освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной деятельности.

1.3 Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- феноменологию и теоретические основы процессов, протекающих на поверхности твердых тел;
- фундаментальные отличия поверхностных и объемных физических свойств тел в конденсированном состоянии.

Уметь:

- применять теоретические представления для расчета эволюции поверхности материалов;
- количественно и качественно оценивать скорость деградации поверхности под влиянием внешних факторов.

Владеть:

- методами исследования поверхности твердых тел;
- методами определения характеристик и параметров приповерхностных и межфазных процессов.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» относится к образовательному компоненту "Дисциплины (модули)" программы аспирантуры по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» изучается в 3 семестре.

3.Объем и содержание дисциплины

3.1.Объем дисциплины: 2 з.е.

Очная: 2 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
Общая трудоёмкость дисциплины	**72**
Контактная работа	4
Лекции (Лекции)	2
Практические (Практ. раб.)	2
Самостоятельная работа (СР)	68
Зачет	-

3.2.Содержание дисциплины:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лекции	Практ. раб.	СР	
		О	О	О	
3 семестр					
1	Основные понятия о поверхностных процессах и явлениях	1	1	4	Собеседование; письменная самостоятельная работа
2	Электронные состояния на поверхностях	1	1	4	Собеседование; письменная самостоятельная работа
3	Атомная характеристика поверхностных процессов и явлений	-	-	20	Собеседование; письменная самостоятельная работа
4	Поверхность раздела твердое тело-жидкость	-	-	20	Собеседование; письменная самостоятельная работа
5	Кинетика формирования новой фазы	-	-	20	Собеседование; 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 поверхно-сти. 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

Задания для самостоятельной работы.

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

Сообщения и доклады по следующим вопросам: Пространственный заряд вблизи металлической поверхности. Поверхности полупроводников. Влияние адсорбции на электронное состояние поверхности. Двойной электрический слой. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

Тема 4. Поверхность раздела твердое тело-жидкость

Задания для самостоятельной работы.

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

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. Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

Тема 5. Кинетика формирования новой фазы

Задания для самостоятельной работы.

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

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. 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: Собеседование, письменная самостоятельная работа

4. Контроль знаний обучающихся и оценочные средства

4.1 Оценочные средства текущего контроля

письменная самостоятельная работа

1. Термодинамика поверхностей твердых тел.
2. Анизотропия поверхностного натяжения.
3. Структура поверхности кристаллов.
4. Реконструкция поверхности.
5. Фрактальные поверхности.
6. Гомогенная нуклеация.

7.Гетерогенная нуклеация.
8. Неравновесный рост кристаллов.
Двойной электрический слой на межфазной границе.

Собеседование

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.
6. Зарождение и рост кристаллов.
7. Эпитаксиальный рост
8. Влияние адсорбции на электронное состояние поверхности.
9. Контактная разность потенциалов.
10. Поверхностная сегрегация в твердых телах.

4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета

Вопросы зачета

1. Адсорбция и хемосорбция на поверхности металла с точечными дефектами.
2. Понятия «поверхностной энергии» и «поверхностного натяжения» металла.
3. Самопроизволный 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.

Задания для зачета

1. Рассчитать значение поверхностной энергии на границе раздела твердое тело-расплав.
2. Оценить эффективность испарения приповерхностного слоя при различных температурах поверхности.

4.3. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Основные показатели достижения результата
«зачтено»	Знает феноменологию и теоретические основы процессов, протекающих на поверхности твердых тел, фундаментальные отличия поверхностных и объемных физических свойств тел в конденсированном состоянии. Умеет применять теоретические представления для расчета эволюции поверхности материалов, количественно и качественно оценивать скорость деградации поверхности под влиянием внешних факторов. Владеет методами исследования поверхности твердых тел и методами определения характеристик и параметров приповерхностных и межфазных процессов.
«не зачтено»	Демонстрирует незнание феноменологии и теоретических основ процессов, протекающих на поверхности твердых тел, фундаментальные отличия поверхностных и объемных физических свойств тел в конденсированном состоянии. Не умеет применять теоретические представления для расчета эволюции поверхности материалов, количественно и качественно оценивать скорость деградации поверхности под влиянием внешних факторов. Не владеет методами исследования поверхности твердых тел и методами определения характеристик и параметров приповерхностных и межфазных процессов.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература:

1. Владимиров Г. Г. Физика поверхности твердых тел : учебное пособие. - Санкт-Петербург, Москва, Краснодар: Лань, 2021. - 348 с. - Текст : электронный // АБИС "Руслан" ТГУ им. Г.Р. Державина [сайт]

2. Ролдугин В.И. Физикохимия поверхности : [учебник-монография]. - 2-изд., испр.. - Долгопрудный: Издат. Дом "Интеллект", 2011. - 568 с.

3. Мамонова М. В., Прудников В. В., Прудникова И. А. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы : монография. - Москва: Физматлит, 2011. - 400 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457455

5.2 Дополнительная литература:

1. Коноплева А. А., Гатауллин А. Р., Галяметдинов Ю. Г. Физикохимия композиционных полимерных материалов : учебное пособие. - Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2018. - 100 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612365

2. Невоструев В. А. Радиационная физикохимия материалов : учебное пособие. - Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2014. - 76 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278909

5.3 Методические разработки:

1. Пермякова И.Е., 070 И.Е., Федоров В.А. Химия твердого тела : Учеб. пособие. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2003. - 83 с. - Текст : электронный // АБИС "Руслан" ТГУ им. Г.Р. Державина [сайт]

5.4 Иные источники:

1. БД издательства SpringerNature: Databases (БД Nano) - URL: - https://goo.gl/PdhJdo
2. БД издательства SpringerNature: Home - Springer - URL: - https://link.springer.com/

3. БД издательства SpringerNature: SpringerMaterials - свойства материалов. - URL: - https://materials.springer.com/

4. Библиотека научной и учебной литературы - http://sbiblio.com

5. Библиотека РАН - http://www.rasl.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: помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

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.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

ABBYY FineReader 8.0 Professional Edition

Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows "Лаборатория Касперского"

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Microsoft Windows 10

Операционная система "Альт Образование"

Операционная система Microsoft Windows 10

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Scopus: база данных . – URL: https://www.scopus.com

2. Springer Journal – база данных журналов коллекции Springer Journal изд-ва Springer Nature (1997-2015 гг.). – URL: https://link.springer.com

3. Springer Open (ресурсы Springer открытого доступа): база данных. – URL: https://www.springeropen.com

4. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: https://apps.webofknowledge.com

5. Архив научных журналов зарубежных издательств. – URL: https://arch.neicon.ru

6. Журналы Российской академии наук – полнотекстовая коллекция (140 наименований) на платформе Российского центра научной информации. – URL: https://journals.rcsi.science/

7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: https://elibrary.ru

8. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: https://www.monographies.ru

9. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: https://www.prlib.ru

10. Российская государственная библиотека: официальный сайт. – URL: https://www.rsl.ru

11. Российская национальная библиотека: официальный сайт. – URL: http://nlr.ru

12. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система. – URL: https://biblioclub.ru

13. ЭБС "Лань" - консорциум Сетевых электронных библиотек вузов, коллекция учебников для СПО и учебников для 10-11 кл.. – URL: https://e.lanbook.com/books

14. Электронная библиотека ТГУ. – URL: https://elibrary.tsutmb.ru/

15. Электронная библиотека РФФИ. – URL: https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library

16. Юрайт: образовательная платформа, электронно-библиотечная система. – URL: https://urait.ru

17. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: https://www.tsutmb.ru/biblio/elektronnyij-katalog/

Электронная информационно-образовательная среда

https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz

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