

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ПРИБОРОСТРОЕНИЯ, ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЭЛЕКТРОНИКИ



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

М1.2.6.2 ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ

(Индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины)

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»
(Код, наименование направления подготовки)

Магистерская программа «Физика конденсированного состояния вещества»
(Наименование магистерской программы)

Квалификация (степень) выпускника - Магистр

Форма обучения очная
(Очная, заочная)

Пенза, 2015

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Физика поверхностных явлений» является освоение студентами комплекса теоретических и экспериментальных знаний для решения задач, связанных с адсорбцией и десорбцией чужеродных атомов и их соединений в виде молекул на поверхности твердого тела, поверхностной ионизацией этих частиц при высоких температурах, а также с неоднородностью поверхности и физикой пленочных прямонакальных катодов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина «Физика поверхностных явлений» является дисциплиной по выбору студента вариативной части (блок М1.2) программы подготовки студентов по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях по дисциплинам модулей «математика», «общая физика», по дисциплинам: квантовая теория, термодинамика. Статистическая физика, физика твердого тела программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем в научно-исследовательской работе студентов и при изучении дисциплины

- «электронно-ионные методы анализа поверхности твердых тел» – дисциплина по выбору студента вариативной части программы подготовки по указанному направлению (блок М1.2).

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Физика поверхностных явлений»

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ПК-2	Способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследования в инновационной деятельности.	Знать: физические законы и явления, наблюдаемые на поверхности твердого тела при её облучении атомными частицами.
		Уметь: использовать приобретенные знания в современных нано-технологиях.
		Владеть: навыками и научными приёмами в наукоемких производствах.
СК-1	Способность использования модельных представлений для конкретно поставленной задачи в области теоретической и экспериментальной физики.	Знать: механизмы поверхностной ионизации атомов и частиц, образования однородных и неоднородных поверхностей, включая пленочные кадры.
		Уметь: использовать приобретенные знания в решении научно-исследовательских задач, связанных с поверхностными явлениями.
		Владеть: техникой и методами изучения поверхностных явлений.

4. Структура и содержание дисциплины «Физика поверхностных явлений»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)									Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа					собеседование	коллоквиум	тест	контрольная работа	реферат	эссе и иные творческие работы	курсовая работа (проект)	др.
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа	Подготовка к экзамену								
1.	Раздел 1. Структура поверхности твёрдых тел	2	1 ÷ 3	12	6	6	-	12	6	6	-	-	1 ÷ 3	-	-	-	1 ÷ 16	-	-	-
2.	Раздел 2. Неоднородная поверхность. Теория пятен.	2	4 ÷ 8	20	10	10	-	20	10	10	-	-	4 ÷ 8	-	-	-	1 ÷ 16	-	-	-
3.	Раздел 3. Поверхностная ионизация	2	9 ÷ 13	20	10	10	-	20	10	10	-	-	9 ÷ 13	-	-	-	1 ÷ 16	-	-	-
4.	Раздел 4. Адсорбция и десорбция атомов на поверхности.	2	14 ÷ 18	20	10	10	-	20	10	10	-	-	14 ÷ 18	-	-	-	1 ÷ 16	-	-	-
	Курсовая работа (проект)							-				-								
	Подготовка к экзамену							36				36								
	Общая трудоемкость, в часах			72	36	36	-	108	36	36	-	36	Промежуточная аттестация							
												Форма			Семестр					
												Зачет			-					
												Экзамен			2					

4.2. Содержание дисциплины

4.2.1. Структура поверхности твёрдых тел.

Поверхностная структура металлов. Индексы Миллера. Типы кристаллических решёток. Плотность упаковки атомов на грани кристалла. Равновесная форма кристалла по Странскому и Зурману. Работа отрыва атомов с различных граней и вершин углов кристалла. Равновесная форма кристалла с первой фазой по Гиббсу-Вульффу. Минимальная поверхностная энергия. Возможные равновесные формы небольших кристаллов.

4.2.2. Неоднородная поверхность: Теория пятен.

Работа выхода электронов. Потенциальный барьер. Однородная и неоднородная поверхность. Модель границы металла по Смолуховскому. Теория пятен. Поверхность с двумя значениями работы выхода пятен. Электрическое поле пятен. Эмиссия электронов с участков с минимальной и максимальной работой выхода. Нормальные и аномальные эффекты Шоттки. Влияние пятен на термоэлектронную эмиссию. Кажущаяся работа выхода с неоднородной поверхности. Случаи слабых и сильных внешних электрических полей. Торированный вольфрам. Степень покрытия. Активация и дезактивация кадров из торированного вольфрама. Миграция атомов тория по поверхности вольфрама. Зависимость скорости миграции и испарения атомов для равных степеней покрытия.

4.2.3. Поверхностная ионизация:

Общее понятие поверхностной ионизации. Формула Саха-Ленгмюра. Положительная поверхностная ионизация. Статистическая теория положительной поверхностной ионизации. Зависимость ионного тока положительной поверхностной ионизации с однородной поверхности от температуры и электрического поля. Температурные пороги положительной поверхностной ионизации. Экспериментальные исследования положительной поверхностной ионизации. Отрицательная поверхностная ионизация. Уровень электронного сродства.

4.2.4. Адсорбция и десорбция атомов на поверхности.

Пленки атомов цезия и бария на поверхности вольфрама. Зависимость равновесной степени покрытия от температуры катода Cs-W. Температурная зависимость эмиссионного электронного тока и работы выхода катода Cs-W. Кривые адсорбции и определение оптимальной поверхностной ионизации. Изотермы десорбции атомов в ионном и нейтральном состоянии. Метод определения теплоты испарения ионов при нулевом покрытии. Гистерезис ионного тока положительной поверхностной ионизации.

5. Образовательные технологии

Форма проведения теоретических занятий – интерактивные лекции с применением мультимедиа-технологий (электронные презентации).

Форма проведения практических занятий – прослушивание и обсуждение докладов по разделам дисциплины (дискуссии по всем темам занятий).

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 50 % аудиторных.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами, в том числе, в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.
Оценочные средства для текущего контроля успеваемости,
промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература (см. п. 7)	Количество часов
2 сем. 1÷3	Строение твердых тел. Элементы кристаллографии.	Подготовка к аудиторным занятиям. Доклад Реферат.	Понятие кристаллической решетки и элементарной кристаллической ячейки. Основные кристаллические системы(сингонии): 1) кубическая (простая кубическая, объемно-центрированная кубическая, границентрированная кубическая); 2) гексагональная; 3) тетрагональная; 4) тригональная (ромбоэдрическая); Обозначение плоскостей и направлений в кристалле. Равновесная форма кристалла по Гиббсу-Вульфу. Поверхностная энергия.	1, 2	12
2 сем. 4÷8	Неоднородная поверхность	Подготовка к аудиторным занятиям. Доклад Реферат.	Физическая неоднородность. Дефекты решетки и междоузлия. Кристаллические плоскости на поверхности. Индуцированная неоднородность. Химическая неоднородность. Работа выхода. Теория пятен. Пленочные прямонакальные катоды.	1, 2, 3	20
2 сем. 9÷13	Методы, основанные на разрыве связей.	Подготовка к аудиторным занятиям. Доклад Реферат	Зарядовое состояние частиц, уходящих от поверхности. Степень и коэффициент ионизации. Формула Саха-Ленгмюра для степени ионизации.	1, 3	20

			Ток положительной поверхностной ионизации с однородной и неоднородной поверхности. Ионный эффект Шоттки. Трудно ионизируемые и легкоионизируемые элементы. Потенциалы ионизации.		
2.сем 14÷18	Адсорбционно-десорбционные процессы на поверхности твердого тела	Подготовка к аудиторным занятиям. Доклад Реферат.	Физическая адсорбция и хемосорбция. Тепловая адсорбция. Кривая адсорбции. Изотермы десорбции(S-кривые). Гистерезис ионного тока положительной поверхностей ионизации. Темно полости положительной поверхностной ионизации.	1, 3	20

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа представляет собой задание по разделам дисциплины, представленное в форме доклада с последующим обсуждением.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Собеседование (Доклад) Реферат	Раздел 1. Структура поверхности твердых тел.	ПК-2, СК-1
2	Собеседование (Доклад) Реферат	Раздел 2. Неоднородная поверхность. Теория пятен.	ПК-2, СК-1
3	Собеседование (Доклад) Реферат	Раздел 3. Поверхностная ионизация.	ПК-2, СК-1
4	Собеседование (Доклад) Реферат	Раздел 4. Адсорбция и десорбция атомов на поверхности.	ПК-2, СК-1

6.3.1 Примерный перечень вопросов к собеседованию

1. Дать понятие кристаллической ячейки.
2. Назвать основные кристаллические системы (сингонии).
3. Каково условие равновесной формы кристалла с паром?
4. Укажите возможные равновесные формы небольших кристаллов.
5. Как определяются индексы Миллера?
6. Каковы обозначения плоскостей и направлений в кристалле?
7. понятие однородной и неоднородной поверхности. Физическая неоднородность.
8. Что называется индуктированной неоднородностью?
9. Что такое химическая неоднородность?
10. В чём заключается физическая суть теории пятен?
11. Что такое кажущаяся работа выхода?
12. Дать понятие работы выхода
13. Принцип работы пленочных катодов.
14. Степень поверхностной ионизации. Формула Саха-Ленгмюра.
15. В чем заключается ионный эффект Шоттки?
16. Какие элементы относятся к трудно ионизируемым атомам?
17. Какие элементы относятся к легкоионизируемым атомам?
18. Что называется физической адсорбцией?
19. Что такое хемосорбция?
20. Какой вид имеют кривые адсорбции?
21. Какой вид имеют изотермы десорбции?
22. Какой физический смысл
23. Что называется степенью покрытия?
24. Что называется под монослоем атомов?
25. Как ведут себя атомы Cs и Th на поверхности вольфрама и к чему приводит их присутствие?

6.3.2 Перечень вопросов и заданий к экзамену.

1. Поверхностная структура металлов. Понятие кристаллической решетки и элементарной кристаллической ячейки. Сингонии.
2. Физическая адсорбция и хемосорбция. Теплота адсорбции. Кривые адсорбции.
3. Типы кристаллических решеток. Кристаллические плоскости и направления. Индексы Миллера.
4. Изотермы десорбции.
5. Плотность упаковки атомов на грани поверхности кристалла.
6. Пленки атомов цезия и бария на поверхности вольфрама.
7. Равновесная форма кристалла по Странскому и Зурману.
8. Зависимость равновесной степени покрытия от температуры катода Cs-W. Определение степени покрытия.
9. Работа отрыва атомов с различных граней и вершин углов кристалла.
10. Температурная зависимость эмиссионного тока и работы выхода катода Cs-W.
11. Равновесная форма кристалла с правой фазой по Гиббсу-Вульффу. Поверхностная энергия.
12. Кривые адсорбции и определение оптимальной степени покрытия поверхности вольфрама атомами цезия.
13. Работа выхода электронов. Адиабатическая работа выхода.
14. Изотермы десорбции атомов в ионном и нейтральном состоянии.
15. Изотермическая работа выхода. Связь изотермической работой выхода с адиабатической.
16. Тонированные вольфрамовые катоды. Принцип работы в электронных лампах. Режимы активации и дезактивации.
17. Модель граница металла по Смолуховскому.
18. Температурные пороги положительной поверхности ионизации. Гистерезис ионного то-

ка.

19. Теория пятен. Поверхность с двумя значениями работы выхода пятен. Пятна с минимальной и максимальной работой выхода.
20. Метод определения теплоты испарения ионов при нулевом покрытии.
21. Влияние пятен на термоэлектронную эмиссию. Эмиссия электронов с участков с минимальной и максимальной работой выхода.
22. Нормальный и аномальный эффекты Шоттки.
23. Общее понятие поверхностной ионизации. Степень ионизации α^+ для положительной поверхностной ионизации.
24. Кажущаяся работа выхода с неоднородной поверхности.
25. Статистическая теория положительной поверхности ионизации вольфрама. Формула Саха-Ленгмюра.
26. Миграция атомов тория по поверхности вольфрама. Зависимость скорости миграции испарения атомов для разных степеней покрытия.
27. Зависимость ионного тока положительной поверхностной ионизации с однородной поверхности от температуры и напряженности внешнего электрического поля.
28. Химическая неоднородность поверхности.
29. Ионный положительный поверхностной ионизации с неоднородной поверхности. Ионный эффект Шоттки.
30. Физическая неоднородность. Дефекты решетки и междоузлия.
31. Отрицательная поверхностная ионизация. Степень отрицательной поверхностной ионизации α^- .
32. Влияние плотности упаковки атомов на границы термоэлектронную эмиссию.

6.3.3 Темы рефератов предлагаются преподавателем или студентами в соответствии с основными разделами дисциплины. Материал, содержащий новейшие сведения о методах исследования поверхностей твердых тел, оформляется в соответствии с ГОСТ в виде реферата (одного за семестр) и представляется в форме доклада с последующим обсуждением.

Темы рефератов

1. Электронно-фотостимулированная десорбция.
2. Термическая десорбция.
3. Физическая и химическая адсорбция. Кинетика адсорбции.
4. Поверхностная ионизация атомов с большими потенциалами ионизации и молекулярных соединений.
5. Исследование электронной структуры поверхности.
6. Исследование поверхностной диффузии.
7. Неоднородная поверхность.
8. Однородная поверхность. Монокристаллы.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Физика поверхностных явлений»

а) основная литература:

1. Евстифеев, В.В. Эмиссионные явления на поверхности твердого тела: учебное пособие / В. В. Евстифеев; Пенз. Гос. Ун-т. - Пенза: Изд-во Пенз. Гос. Ун-та, 2008. <http://window.edu.ru/resource/468/66468>
2. Рыбкин В.В., Титов В.А., Смирнов С.А. Физика твердого тела: Структура и симметрия твердых тел. Колебания кристаллической решетки. Точечные дефекты. Электроны в твердом теле: Учебное пособие / Иван. гос. хим.-технол. университет. - Иваново, 2001. <http://window.edu.ru/resource/532/69532>

б) дополнительная литература:

3. Владимиров, Г.Г. Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом: учебное пособие. – СПб: Изд-во «Лань», 2013.

[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=16754)

[bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=16754](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=16754)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Оснащенность учебных аудиторий:

Комплект учебной мебели: парты, стол преподавательский, стулья, доска.

Проектор NEC V260X, экран Lumien Master Control, ноутбук HP Pro Book 4710s VQ738EA.

2. Программное обеспечение:

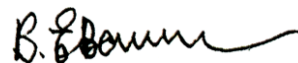
«Microsoft» (подписка Eopen), «Антивирус Касперского»

Рабочая программа дисциплины «Физика поверхностных явлений» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.04.02 «Физика».

Программу составили:

1. Евстифеев Виктор Васильевич, профессор

(Ф.И.О., должность, подпись)



Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры «Физика»

Протокол № 3

от « 19 » ноября 2015 года

Зав. кафедрой «Физика»

(подпись, Ф.И.О.)



Семенов М.Б.

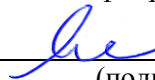
Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой

«Физика»

(название кафедры)

Семенов М.Б. 19.11.2015

(подпись, Ф.И.О., дата)



Программа одобрена методической комиссией факультета приборостроения, информационных технологий и электроники

Протокол № 4

от « 30 » ноября 2015 года

Председатель методической комиссии

факультета приборостроения,

информационных технологий и электроники



(подпись)

Задера А.В.

(Ф.И.О.)



**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2016-17	№1 от 9.09.2016 	учебно-методическое и информационное обеспе- чение дисциплины	8		
2017-18	№1 от 14.09.2017 	учебно-методическое и информационное обеспе- чение дисциплины	8-9		