

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Костромской государственный университет»  
(КГУ)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
**ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТИ**

Направление подготовки: 03.03.02 – Физика

Направленность: Физика

Квалификация (степень выпускника): Бакалавр

**Кострома 2021**

Рабочая программа дисциплины «Физика поверхности» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования направления подготовки 03.03.02–Физика, утвержден 07.08.2020 г., приказ № 891

Разработал Красников Виктор Львович, доцент кафедры общей и теоретической физики, к.ф.-м.н., доцент.

Рецензент: Дьяков И.Г., доцент кафедры общей и теоретической физики, к.т.н., доцент.

УТВЕРЖДЕНО:

Заведующий кафедрой общей и теоретической физики

Шадрин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основной целью курса является рассмотрение процессов, протекающих на границе раздела фаз, дать обзор современных представлений о поверхности; подготовка бакалавров физики к практической деятельности в научно-исследовательских институтах, лабораториях, конструкторских бюро и на производственных предприятиях.

Задачи дисциплины:

– освоить современные программные средства, позволяющие давать графическое представление и производить статистическую обработку экспериментальных данных с помощью компьютера

В результате изучения учебной дисциплины «Физика поверхности» обучаемые должны приобрести профессиональную компетенцию:

– способен выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок (ПК-2)

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате изучения дисциплины «Физика поверхности» обучаемые должны

Освоить компетенции:

**ПК-2.** способен выполнять эксперименты и оформлять результаты исследований и разработок

Код и содержание индикаторов компетенции

**ПК-2.1.** Проводит эксперименты в соответствии с установленными полномочиями

**ПК-2.2.** Проводит наблюдения и измерения, составляет их описание и формулирует выводы

**ПК-2.3.** Составляет отчеты (разделы отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

**знать**

основные закономерности строения поверхностных слоев твердых тел, явления смачивания и капиллярности, адгезии, когезии, адсорбции.

понятийный аппарат физики поверхности, особенности структуры реальных кристаллов, экспериментальные методы изучения поверхностей твердых тел.

**уметь**

использовать специализированные знания в области физики, в частности термодинамический подход к описанию границы раздела фаз.

применять на практике профессиональные знания и умения, в частности моделировать двойной электрический слой на межфазных границах.

**владеть**

навыками использования специализированных знаний и умений в области физики для освоения профильных физических величин, в частности методами молекулярной физики и термодинамики для описания поверхностных явлений с помощью термодинамического подхода.

различными методами практического использования профессиональных знаний и умений, полученных при освоении профильных физических дисциплин, в частности навыками описания процессов в двойном электрическом слое.

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Данная дисциплина изучается в седьмом семестре и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 образовательной программы подготовки бакалавров физики и является дисциплиной по выбору. Процессы, протекающие на границе раздела фаз, имеют огромное значение. В частности,

поверхность твёрдого тела представляет интерес с точки зрения полупроводникового машиностроения, т.к. качество полупроводниковых приборов существенно зависит от свойств поверхности. Поверхностные эффекты оказывают существенное влияние на процессы разрушения реальных кристаллов. Поверхность – это арена, на которой разыгрываются адсорбционные процессы. Научиться управлять хемосорбционными свойствами поверхности – одна из первоочередных задач химической технологии. Рассматриваемый в данной дисциплине материал непосредственно связан с рядом предшествующих дисциплин: химией, квантовой теорией, термодинамикой, физикой конденсированного состояния.

#### 4. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### 4.1. Объём дисциплины в зачётных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

<b>Виды учебной работы</b>	<b>Всего</b>
Общая трудоёмкость в зачётных единицах	3
Общая трудоёмкость в часах	108
Аудиторные занятия в часах	64
Лекции	38
Практические (лабораторные) занятия	26
Самостоятельная работа в часах	44
Контроль	
Вид итогового контроля (трудоёмкость в зачётных единицах)	Зачет в 7 семестре

##### Объём контактной работы на 1 студента

<b>Виды учебных занятий</b>	<b>Количество часов</b>
Лекции	38
Практические занятия	26
Лабораторные занятия	–
Консультации	–
Зачёт/ зачёты	0.25
Экзамен/ экзамены	–
Курсовые работы	–
<b>Всего</b>	<b>64,25</b>

## 5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

### 5.1. Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е./час	Аудиторные занятия		Самост. работа
			Лекции	Практ.	
1	Введение. Поверхность как объект исследования	10	4	2	4
2	Поверхностное натяжение	12	4	2	6
3	Термодинамическое описание поверхностных явлений	14	6	4	4
4	Явление смачивания и несмачивания	14	4	4	6
5	Адсорбция	14	4	4	6
6	Поверхностные явления в растворах	14	4	4	6
7	Поверхностные плёнки малорастворимых веществ. Поверхностное давление.	10	4	2	4
8	Коллоидное состояние вещества	10	4	2	4
9	Электроповерхностные явления	10	4	2	4
10					
	<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>38</b>	<b>26</b>	<b>44</b>

### 5.2. СОДЕРЖАНИЕ:

#### **ТЕМА 1. Введение. Поверхность как объект исследования.**

Поверхностный слой как граница раздела фаз. Влияние поверхности на объёмные свойства вещества. Адсорбционно-активные вещества. Границы блоков как внутренние поверхности реального кристалла. Структура границ блоков. Влияние границ блоков на свойства реальных твёрдых тел. Поверхностные трещины. Механизмы образования трещин. Разрушение твёрдых тел.

#### **ТЕМА 2. Поверхностное натяжение.**

Свободная поверхностная энергия. Поверхностная энергия твёрдых тел и методы её вычисления. Коэффициент поверхностного натяжения для границы раздела двух фаз одного и того же вещества и для различных веществ (твёрдое тело – газ, жидкость – газ). Зависимость коэффициента поверхностного натяжения жидких и твёрдых тел от температуры.

#### **ТЕМА 3. Термодинамическое описание поверхностных явлений.**

Коэффициент поверхностного натяжения и свободная энергия. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для поверхностных явлений. Полная поверхностная энергия и скрытая теплота образования поверхности. Добавочное давление над искривлённой поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Зависимость давления насыщенного пара от радиуса кривизны жидкой капли. Поверхностное натяжение кристаллов. Правило Кюри-Вульфа. Равновесная форма кристалла. Опыты Лукирского.

#### **ТЕМА 4. Явление смачивания и несмачивания.**

Краевой угол. Уравнение Юнга. Адгезия и когезия. Уравнение Дюпре. Связь работы адгезии с краевым углом смачивания. Оценка когезии внутри жидкой фазы. Особенности адгезионного взаимодействия расплавов. Капиллярные явления.

#### **ТЕМА 5. Адсорбция.**

Типы адсорбции. Виды взаимодействия адсорбата и адсорбента. Адсорбция газов и паров на твёрдых поверхностях. Физическая адсорбция. Уравнение изотермы Ленгмюра. Адсорбционная изотерма Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ). Экспериментальные методы изучения адсорбции на границе газ – твёрдое тело. Классификация изотерм адсорбции по Брунауэру. Хемосорбция, изобара адсорбции.

#### **ТЕМА 6. Поверхностные явления в растворах.**

Характеристики и свойства растворов. Слабые растворы. Неидеальные растворы. Активность. Адсорбция из растворов. Уравнение Гиббса для идеального и неидеального раствора. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества. Практическое использование ПАВ.

#### **ТЕМА 7. Поверхностные плёнки малорастворимых веществ. Поверхностное давление.**

Мономолекулярная природа поверхностных плёнок. Основные типы плёнок. Понятие поверхностного давления и методы его измерения. Вычисление площади поперечного сечения молекулы и толщины мономолекулярной плёнки.

#### **ТЕМА 8. Коллоидное состояние вещества.**

Понятие о коллоидах. Типы коллоидных систем. Устойчивость и изменчивость коллоидов. Роль поверхностных явлений в коллоидных системах. Заряды коллоидных частиц. Коллоиды в природе и технике.

#### **ТЕМА 9. Электроповерхностные явления.**

Двойной электрический слой и примеры его возникновения. Двойной электрический слой на границе раздела металл – электролит, его строение и механизмы возникновения. Теории Гельмгольца, Гуи-Чепмена и Штерна. Математическое описание двойного электрического слоя.

### **6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

#### **6.1. Самостоятельная работа обучающихся по освоению дисциплины**

№	Название темы	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Введение. Поверхность как объект исследования	Изучение литературы	4	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Устный опрос
2	Поверхностное натяжение	Изучение литературы.	6	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Устный опрос
3	Термодинамическое описание поверхностных явлений	Изучение литературы, решение задач	4	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной	Контрольная

				литературы	
4	Явление смачивания и несмачивания, адгезия и когезия	Изучение литературы, решение задач	6	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Контрольная
5	Адсорбция	Изучение литературы, решение задач	6	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Контрольная
6	Поверхностные явления в растворах	Изучение литературы, решение задач	6	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Контрольная
7	Поверхностные плёнки малорастворимых веществ. Поверхностное давление.	Изучение литературы, решение задач	4	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Контрольная
8	Коллоидное состояние вещества	Изучение литературы	4	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Устный опрос
9	Электроповерхностные явления	Изучение литературы	4	Рекомендуется использовать пособия [1] и [2] из списка основной литературы	Письменный опрос

## 6.2. Тематика и задания для практических занятий

Все практические занятия проводятся в форме виртуальных лабораторных работ на компьютерах. Специализированного программного обеспечения не требуется, так как тематика работ приспособлена под имеющееся в компьютерных классах программное обеспечение. Ниже приводится список лабораторных работ.

1. Изучение температурной зависимости поверхностного натяжения жидкостей.
2. Изотерма Ленгмюра. Изучение адсорбции окиси углерода на слюде и определение площади, приходящейся на 1 молекулу окиси углерода при насыщении монослоя.
3. Изотерма Ленгмюра. Изучение адсорбции окиси азота на фтористом барии.
4. Изотерма БЭТ. Изучение адсорбции аммиака на фтористом барии.
5. Изотерма Френдлиха. Изучение адсорбции СО на древесном угле.
6. Изучение адсорбции по результатам измерения поверхностного натяжения (адсорбция на поверхности жидкостей).
7. Плёнка малорастворимого вещества на поверхности жидкости. Изучение «жидкого» монослоя и определение площади, приходящейся на одну молекулу.
8. Плёнка малорастворимого вещества на поверхности жидкости. Изучение «газообразного» монослоя с применением уравнения состояния почти идеального газа.
9. Плёнка малорастворимого вещества на поверхности жидкости. Две фазы монослоя. Определение поверхностного давления.

10. Определение числа Авогадро путём изучения свойств мономолекулярных плёнок и плотности жидкости.

## **7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **а) основная литература:**

1. Мамонова, М.В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М.В. Мамонова, В.В. Прудников, И.А. Прудникова. - Москва : Физматлит, 2011. - 400 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9221-1236-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457455>
2. Дадашев, Р.Х. Термодинамика поверхностных явлений / Р.Х. Дадашев. - Москва : Физматлит, 2008. - 279 с. - ISBN 978-5-9221-1017-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68816>

### **б) дополнительная литература:**

1. Калинин, В.В. Динамика поверхности неоднородных сред / В.В. Калинин, Т.И. Белянкова. - Москва : Физматлит, 2009. - 313 с. - ISBN 978-5-9221-1186-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69492>
2. Козаков, А.Т. Физические основы электронной спектроскопии заряженных поверхностей твердых тел : монография / А.Т. Козаков ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2009. - 406 с. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9275-0711-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241000> .
3. Айвазов, Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции / Б.В. Айвазов. - Москва : Издательство Высшая школа, 1973. - 210 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477089>.
4. Салем, Р.Р. Теория двойного слоя / Р.Р. Салем. - Москва : Физматлит, 2003. - 103 с. - ISBN 5-9221-0063-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82610>

## **8. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Пакет LibreOffice 4.2.3.3;

Электронные библиотечные системы:

1. Университетская библиотека онлайн <http://biblioclub.ru>
2. «Лань» <http://e.lanbook.com/>

## **9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

### **Аудитория для лекций**

Лекционные занятия проводятся в аудиториях с требуемым числом посадочных мест, оборудованные мультимедиа (например, корпус Е, № 226, количество посадочных мест – 60, мультимедийный комплекс, включающий экран, компьютер и проектор)

### **Аудитория для практических занятий:**

Корпус Е, № 227, количество посадочных мест – 16. Блок системный KM Office T3-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от



10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.

**Аудитории для самостоятельной работы:**

Читальный зал корпуса «Е», количество посадочных мест – 22, 9 компьютеров (6 для читателей, 3 для сотрудников); 1 сканер.

Читальный зал корпуса «Б1», количество посадочных мест – 200. 3 компьютера для сотрудников; 1 принтер; 1 копир/принтер; 1 проектор; 2 экрана для проектора; 1 ворота «Антивор»; 1 WIFI-точка доступа. Лицензионное ПО: АИБС МаркSQL.

Компьютерный класс, корпус "Е", ауд.227, количество посадочных мест – 16, Блок системный КМ Office ТЗ-4170, монитор Philips. Лицензионное ПО: Windows 8.1 Pro договор № 50155/ЯР4393 от 12.12.2014 с ООО Софт-лайн Проекты, MathCAD Education договор № 208/13 от 10.06.2013 с ООО ЮнитАльфаСофт.