

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:06:06

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### Физика поверхности

Закреплена за подразделением

Кафедра физической химии

Направление подготовки

28.03.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ

Профиль

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 7

аудиторные занятия 51

самостоятельная работа 129

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	129	129	129	129
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*дфмн, проф., Жевненко Сергей Николаевич*

Рабочая программа

**Физика поверхности**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 28.03.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы, 28.03.03-БНМ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физической химии**

Протокол от 21.06.2022 г., №11-21/22

Руководитель подразделения Салимон А.И.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Ознакомиться с основами физики поверхности и актуальными вопросами в данной области
1.2	
1.3	Задачи
1.4	
1.5	Научить
1.6	а) использовать основные законы и понятия физики поверхности для решения материаловедческих и металлургических задач, совершенствования и создания новых материалов
1.7	б) ознакомить с основными физическими свойствами, атомными и электронными процессами, протекающими на поверхности твердых тел, включая кристаллическое и электронное строение поверхности, ее реконструкцию и релаксацию, взаимодействие с адсорбатами и кинетические процессы.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.06
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Методы обработки статистических данных (анализ данных)	
2.1.2	Планирование и организация научно-исследовательской работы	
2.1.3	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.1.5	Физика конденсированного состояния	
2.1.6	Элективные курсы по физической культуре и спорту	
2.1.7	Процессы получения наночастиц и наноматериалов	
2.1.8	Основы квантовой механики	
2.1.9	Теоретическая механика и основы теории упругости	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Методы вычислительной физики	
2.2.2	Наноструктурированные сверхтвердые материалы	
2.2.3	Нормы и правила оформления ВКР	
2.2.4	Особенности исследования наноматериалов	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.9	Статистические расчеты равновесий	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-7: Способен проектировать, разрабатывать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов</b>
<b>Знать:</b>
ОПК-7-31 производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов
<b>ПК-2: Способен осуществлять сбор, систематизацию и анализ научно-технической информации о существующих наноматериалах</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-2-У1 осуществлять сбор, систематизацию и анализ научно-технической информации о существующих наноматериалах
<b>ПК-3: Способен составлять аналитические обзоры, научные отчеты и готовить к публикации результаты исследований</b>
<b>Уметь:</b>
ПК-3-У1 оставлять аналитические обзоры, научные отчеты и готовить к публикации результаты исследований
<b>ОПК-7: Способен проектировать, разрабатывать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов</b>

<b>Уметь:</b>
ОПК-7-У1 разрабатывать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов
<b>ПК-3: Способен составлять аналитические обзоры, научные отчеты и готовить к публикации результаты исследований</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-3-В1 навыком составления аналитических обзоров, научных отчетов и подготовки к публикации результатов исследований
<b>ОПК-7: Способен проектировать, разрабатывать и сопровождать производство технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-7-В1 навыком разработки и сопровождения производства технических объектов, систем и процессов в области нанотехнологий и наноматериалов
<b>ПК-2: Способен осуществлять сбор, систематизацию и анализ научно-технической информации о существующих наноматериалах</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-2-В1 навыком сбора, систематизации и анализа научно-технической информации о существующих наноматериалах

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Введение. Атомная структура чистых поверхностей и поверхностей с дефектами</b>							
1.1	Понятие поверхности твердого кристаллического тела. /Лек/	7	2	ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.2	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.3	Способы описания поверхности /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.4	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.5	Методы описания структуры поверхностей /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.6	Реконструкция и релаксация поверхностей. Суперструктуры /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.7	Двумерная кристаллическая решетка /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

1.8	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.9	Экспериментальные методы создания атомно чистых и атомно гладких поверхностей /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.10	Матричный метод, метод Вуда /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.11	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.12	Техника создания сверхвысокого вакуума /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.13	Равновесные поверхностные дефекты /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.14	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №1 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.15	Дефекты структуры поверхности: адатомы, вакансии, террасы и уступы /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
1.16	Выполнение домашнего задания. /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 2. Электронное строение поверхности</b>							
2.1	Расчеты поверхностной энергии металлов на основе электронной теории строения /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.2	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	10	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.3	Некоторые модели электронного строения поверхностей. /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

2.4	Расчеты поверхностной энергии металлов на основе электронной теории строения /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.5	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	6	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.6	Приближения свободных электронов и сильной связи. Модель «желе» /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.7	Расчеты кинетических электронных поверхностных свойств /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.8	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.9	Поверхностные состояния. Электронная плотность и потенциал у поверхности /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.10	Расчеты поверхностной энергии исходя из структурных свойств поверхностей, полуэмпирические закономерности /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.11	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.12	Кинетические электронные свойства поверхности. Работа выхода электронов. Поверхностная проводимость /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.13	Методы определения работы выхода /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.14	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №2 /Ср/	7	7	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
2.15	Расчеты тока эмиссии, его температурной зависимости /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
	<b>Раздел 3. Элементарные процессы, протекающие на поверхности</b>							

3.1	Поверхностная энергия твердого тела. Зависимость от типа поверхности.  /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.2	Расчеты адсорбции на поверхности по моделям Генри и Лангмюра  /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.3	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.4	Диаграмма Вульфа. Методы оценки поверхностной энергии /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.5	Расчеты адсорбции на поверхности по модели БЭТ /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.6	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.7	Определение адсорбции из измерений работы выхода /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.8	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.9	Экспериментальные методы измерения поверхностной энергии. Экспериментальные результаты /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.10	Десорбция и адсорбция атомов на поверхности. Процессы и атомные механизмы диффузии по поверхности. Анизотропия диффузии /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.11	Расчеты поверхностной энергии двухкомпонентных систем /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.12	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	5	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

3.13	Тонкие пленки и кластеры. Эпитаксия. Самоорганизация и начальные стадии роста пленок. Атомные манипуляции на поверхности /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.14	Расчеты скоростей формирования и залечивания поверхностного гофра /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.15	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	8	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.16	Поверхность жидкости. Методы измерения поверхностного натяжения. Смачивание. Искривленные поверхности. /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.17	Расчеты диффузионных параметров поверхностей /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.18	Выполнение домашнего задания. Подготовка к контрольной работе №3 /Ср/	7	8	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.19	Супергидрофобные поверхности. Пленки Лангмюра-Блоджет Спектроскопические методы изучения поверхностей. Некоторые результаты /Лек/	7	2	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			
3.20	Оценки вязкости твердых металлов /Пр/	7	1	ПК-3-В1 ОПК-7-31 ОПК-7-У1 ОПК-7-В1 ПК-2-У1 ПК-2-В1	Л1.1Л2.1 Л2.2Л3.1 Э1			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
--------	-------------------------	------------------------------------	------------------------



КМ1	Контрольная работа №1	ОПК-7-31;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	<p>Что такое «поверхность» кристалла?          Какова «толщина» поверхности?          Когда свойства поверхности начинают определять свойства анализируемого кристалла?          Каково число атомов в самом поверхностном слое кристалла?          Какая плоскость в кристалле более плотно упакована – (111), (100) или (110).          Плоскость отсекает по оси <math>x</math> – 1 п.р., <math>y</math> – 2 п.р., <math>z</math> – 3 п.р. Определить индексы Миллера этой плоскости.          Что такое «кристаллическая решетка»?          Чем отличается «кристаллическая решетка» от «кристаллической структуры»?          «Базис» это ?          Анизотропна ли поверхность кристалла, почему?          Что такое «излом на ступени» с точки зрения кристаллической структуры?          Что такое «ступень» с точки зрения кристаллической структуры?          Сколько атомов в половине монослоя золота на поверхности кремния (111), если число атомов кремния в самом верхнем слое – <math>7.8 \cdot 10^{14}</math> ат./см<sup>2</sup>, а атомные веса кремния и золота – 28 и 197 соответственно?          Что означает запись <math>Si(111)5 \times 2 - Au</math>?          Можно ли из обозначения <math>Si(111)5 \times 2 - Au</math> определить концентрацию или покрытие атомов золота в этой поверхностной фазе?          Какова величина покрытия золота на поверхности кремния (111), если число атомов золота <math>0.33 \times 7.8 \cdot 10^{14}</math> ат./см<sup>2</sup>, атомов кремния в самом верхнем слое – <math>7.8 \cdot 10^{14}</math> ат./см<sup>2</sup>, а атомный вес кремния – 28, золота – 197?</p>
КМ2	Контрольная работа №2	ОПК-7-В1;ОПК-7-У1;ОПК-7-31;ПК-2-У1;ПК-3-У1;ПК-2-В1;ПК-3-В1	<p>Что такое адсорбция, какие модели ее описывают?          Изотерма БЭТ          Изотерма Лангмюра          Поверхностная энергия, методы определения</p>
КМ3	Контрольная работа №3	ОПК-7-31;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	<p>Поверхностная энергия, методы определения          Что такое поверхностная диффузия?          Насколько сильно изменится коэффициент поверхностной диффузии, если энергия активации диффузии увеличится в 1.3 раза, а абсолютная температура уменьшится в 1.3 раза?          Изменится коэффициент поверхностной диффузии, если энергия активации диффузии увеличится в 2.6 раза, а абсолютная температура уменьшится в 1.3 раза?          В чем физическая сущность первого уравнения Фика?          В чем состоит основное физическое содержание второго закона Фика.          Зависит ли скорость залечивания царапин на поверхности кристалла при его отжиге от того, в каком направлении они сделаны?          Что такое канавки термического травления, как они формируются?          Может ли реализовываться поверхностная диффузия без оттока атомов в объем?          Коэффициент диффузии атомов по поверхности больше, чем в объеме. Почему?          В поверхностной фазе <math>Si(111)4 \times 1 - In</math> атомы индия образуют подрешетку <math>4 \times 1</math>. А атомы кремния? Как в этом убедиться?          Что такое «суммарная плотность электронных состояний»?          Что такое «локальная» плотность поверхностных электронных состояний?          Что такое электронные состояния типа «поверхностного резонанса»?          Что такое «электронные состояния типа Шокли»?          Что такое «Таммовские электронные состояния»?          Что такое «электронные состояния поверхностных фаз»?</p>
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы

P1	Домашнее задание	ОПК-7-31;ОПК-7-У1;ОПК-7-В1;ПК-2-У1;ПК-2-В1;ПК-3-У1;ПК-3-В1	Домашнее задание. Расчет работы выхода электрона. Решение задач
----	------------------	--	--

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Вопросы к тестам по курсу Физика поверхности

Что такое «поверхность» кристалла?

Какова «толщина» поверхности?

Когда свойства поверхности начинают определять свойства анализируемого кристалла?

Каково число атомов в самом поверхностном слое кристалла?

Какая плоскость в кристалле более плотно упакована – (111), (100) или (110).

Плоскость отсекает по оси  $x$  – 1 п.р.,  $y$  – 2 п.р.,  $z$  – 3 п.р. Определить индексы Миллера этой плоскости.

Что такое «кристаллическая решетка»?

Чем отличается «кристаллическая решетка» от «кристаллической структуры»?

«Базис» это ?

Анизотропна ли поверхность кристалла, почему?

Что такое «излом на ступени» с точки зрения кристаллической структуры?

Что такое «ступень» с точки зрения кристаллической структуры?

Сколько атомов в половине монослоя золота на поверхности кремния (111), если число атомов кремния в самом верхнем слое-  $7.8 \cdot 10^{14}$  ат./см<sup>2</sup>, а атомные веса кремния и золота – 28 и 197 соответственно?

Что означает запись Si (111)5x2 – Au?

Можно ли из обозначения Si (111) 5x2 – Au определить концентрацию или покрытие атомов золота в этой поверхностной фазе?

Какова величина покрытия золота на поверхности кремния (111), если число атомов золота  $0.33 \times 7.8 \cdot 10^{14}$  ат./см<sup>2</sup>, атомов кремния в самом верхнем слое –  $7.8 \cdot 10^{14}$  ат./см<sup>2</sup>, а атомный вес кремния – 28, золота – 197?

Что такое адсорбция, какие модели ее описывают?

Изотерма БЭТ

Изотерма Лангмюра

Поверхностная энергия, методы определения

Что такое поверхностная диффузия?

Насколько сильно изменится коэффициент поверхностной диффузии, если энергия активации диффузии увеличится в 1.3 раза, а абсолютная температура уменьшится в 1.3 раза?

Изменится ли коэффициент поверхностной диффузии, если энергия активации диффузии увеличится в 2.6 раза, а абсолютная температура уменьшится в 1.3 раза?

В чем физическая сущность первого уравнения Фика?

В чем состоит основное физическое содержание второго закона Фика.

Зависит ли скорость залечивания царапин на поверхности кристалла при его отжиге от того, в каком направлении они сделаны?

Что такое канавки термического травления, как они формируются?

Может ли реализовываться поверхностная диффузия без оттока атомов в объем?

Коэффициент диффузии атомов по поверхности больше, чем в объеме. Почему?

В поверхностной фазе Si (111)4x1-In атомы индия образуют подрешетку 4x1. А атомы кремния? Как в этом убедиться?

Что такое «суммарная плотность электронных состояний»?

Что такое «локальная» плотность поверхностных электронных состояний?

Что такое электронные состояния типа «поверхностного резонанса»?

Что такое «электронные состояния типа Шокли»?

Что такое «Таммовские электронные состояния»?

Что такое «электронные состояния поверхностных фаз»?

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно применяет полученные знания на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляет их после дополнительных и наводящих вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания для решения простых задач, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «неявка» – обучающийся на экзамен не явился.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Ашкрофт Н., Мермин Н.	Физика твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1979

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Пригожин И. Р., Белоконь В. А., Угаров В. А., Зубарев Д. Н.	Неравновесная статистическая механика: монография	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1964
Л2.2	Маделунг О., Ансельм А. И.	Теория твердого тела	Электронная библиотека	Москва: Наука, 1980

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Векилов Ю. Х., Кузьмин Ю. М., Мухин С. И., Муковский Я. М., Векилов Ю. Х.	Курс теоретической физики в задачах и упражнениях: учебное пособие для студ. вузов спец. - 'Физика металлов', 'Металловедение и термическая обработка металлов'	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	. База данных по термодинамическим свойствам веществ и физическим свойствам элементов:	<a href="http://webbook.nist.gov/chemistry/">http://webbook.nist.gov/chemistry/</a>
----	---	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Win Pro 10 32-bit/64-bit

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.2	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.3	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.4	

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. При самостоятельной работе можно использовать электронную версию конспекта.

Освоение каждого раздела курса необходимо начинать с изучения лекционного материала: конспекта лекции, рекомендуемой литературы. Критерием успешного освоения лекционного материала для каждого студента могут служить результаты самоконтроля. Если студент оказывается способным справиться с большинством предлагаемых в каждом разделе дисциплины контрольных вопросов, тестов и задач, значит, процесс освоения материала идет успешно. В противном случае необходимо обратиться к лектору на консультации или на факультативном теоретическом семинаре