

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Механико-технологический факультет
Кафедра «Материалы, технологии и конструирование машин»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов Н. В. Лобов

« 27 » 12 2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«Физико-химия наноструктурированных материалов»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа академического бакалавриата

Кафедра «Материалы, технологии и конструирование машин»
Направление подготовки 22.03.01 - «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки бакалавра: «Материаловедение и технологии
наноматериалов и наносистем»

Квалификация выпускника: бакалавр

Выпускающая кафедра: «Материалы, технологии и конструирование
машин»

Форма обучения: очная

Курс: 4 **Семестр:** 7

Трудоёмкость:

- кредитов по рабочему учебному плану (РУП):	4 ЗЕ
- часов по рабочему учебному плану (РУП):	144 ч

Виды контроля:

Экзамен: -	Диффер. - 5 сем зачёт:	Курсовой проект: -	Курсовая работа: -
------------	---------------------------	-----------------------	-----------------------

Пермь, 2016

Рабочая программа дисциплины Физико-химия наноструктурированных материалов разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "12" ноября 2015 г. № 1331;

- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению 150100.62 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», утверждённой 15.09.2014 г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);

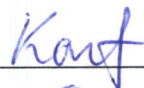
- базового учебного плана очной формы обучения образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата направленности (профиля) «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», утвержденного «28» апреля 2016 г.

Рабочая программа согласована:

- с рабочими программами дисциплин, участвующих в формировании компетенций и их составляющих, приобретение которых является целью данной дисциплины: математика; физическая химия; электротехника и электроника; сопротивление материалов; общее материаловедение и технологии материалов; кристаллография; физико-химия наночастиц и наноматериалов; общее материаловедение и технологии материалов 2; учебная практика; преддипломная практика; химия твердого тела; основы золь-гель технологии; коррозия и защита металлов; физика конденсированного состояния.

Разработчик

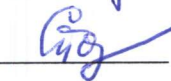
канд. техн. наук, доц.



Каченюк М.Н..

Рецензент

д-р техн. наук, проф.



Порозова С.Е..

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин» «18» ноября 2016 г., протокол № 4.

Заведующий кафедры

«Материалы, технологии и конструирование машин»,

д-р техн. наук, проф.



А. М. Ханов

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией механико-технологического факультета «21» 11 2016 г., протокол № 20.

Председатель учебно-методической комиссии

механико-технологического факультета

канд. пед. наук, доц.



Е.А. Синкина

СОГЛАСОВАНО

Заведующий выпускающей кафедрой

«Материалы, технологии и конструирование машин»,

д-р техн. наук, профессор



А. М. Ханов

Начальник управления образовательных программ, канд. техн. наук, доц.



Д. С. Репецкий

1. Общие положения

1.1 Цель дисциплины - ознакомление с физико-химическими процессами, происходящими в наноструктурированных материалах.

В процессе изучения данной дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

– готовностью применять фундаментальные математические, естественнонаучные и инженерные знания в профессиональной деятельности (ОПК-3);

– способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями (ПК-6).

1.2 Задачи дисциплины:

Изучение:

- процессов, происходящих на поверхности твёрдого тела и в приповерхностных слоях;
- основ физической химии наносистем;
- термодинамических аспектов поверхностей твёрдых тел и межфазных границ.

Формирование умений:

- выполнять анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации в области процессов, протекающих на поверхности твёрдых тел;
- рассчитывать характеристики процесса роста тонких плёнок;
- определять структуру поверхности по её обозначению.

Формирование навыков:

- аргументированного изложения собственной точки зрения и публичной речи;
- термодинамического анализа поверхностных процессов;
- анализа свойств поверхности.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- поверхность твердого тела;
- поверхностная энергия и ее анизотропия;
- реконструкция и релаксация поверхностей;
- термодинамика поверхности;
- особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах;
- самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур;
- химические электронно-стимулированные реакции.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физико-химия наноструктурированных материалов» относится к *вариативной* части блока 1 «Дисциплины» и является

дисциплиной по выбору при освоении ООП по направлению 22.03.01 –
Материаловедение и технологии материалов, профилю: Материаловедение и
технологии наноматериалов и наносистем

В результате изучения дисциплины обучающийся должен
демонстрировать следующие результаты освоения:

знать:

закономерности процессов, происходящих на поверхности твердого тела
и особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах;
основы физической химии наносистем;
механизмы роста поверхности и формирования наноструктур;
физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии;

уметь:

выполнять анализ, систематизацию и обобщение научно-технической
информации по предложенной теме, связанной с протеканием поверхностных
процессов в наноструктурированных материалах;
определять строение суперструктур по их обозначению;
рассчитывать характеристики процессов роста тонких плёнок.

владеть:

навыками аргументированного изложения собственной точки зрения и
публичной речи;
основами термодинамического анализа поверхностных процессов;
навыками анализа свойств поверхности.

В табл.1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины,
направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1 «Цели
освоения дисциплины»:

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>			
ОПК-3	готовностью применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности	математика; физическая химия; электротехника и электроника; сопротивление материалов; общее материаловедение и технологии материалов; кристаллография;	коррозия и защита металлов; химия твердого тела; учебная практика;
<i>Профессиональные компетенции</i>			
ПК-6	способностью использовать на практике современные представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	общее материаловедение и технологии материалов 2	физико-химия наноструктурированных материалов; основы золь-гель технологии; ; преддипломная практика; физико-химия наночастиц и наноматериалов;

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ОПК-3, ПК-6

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-3

Код	Формулировка компетенции
ОПК-3	Готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общетехнические знания в профессиональной деятельности

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ОПК-3 Б1.ДВ.07.01	Владение базовыми знаниями об основных законах формирования поверхности и её взаимодействия с атомами и молекулами.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает - закономерности процессов, происходящих на поверхности твердого тела и особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах; - основы физической химии наносистем;	Лекции с использованием мультимедиа-технологий Практические занятия Лабораторные работы	Вопросы для текущих и промежуточных контрольных работ; Вопросы к зачёту
Умеет выполнять анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации по предложенной теме, связанной с протеканием поверхностных процессов в наноструктурированных материалах;	Практические занятия Самостоятельная работа	Практические задания для контрольных работ; Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР
Владеет навыками аргументированного изложения собственной точки зрения и публичной речи.	Лабораторные работы	Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-6

Код	Формулировка компетенции
ПК-6	Способностью использовать на практике современные

	представления о влиянии микро- и наноструктуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
--	---

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
ПК-6 Б1.ДВ.07.01	Владение основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств поверхности, некоторыми навыками их использования в исследованиях и расчётах.

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знает механизмы роста поверхности и формирования наноструктур;	Лекции с использованием мультимедиа-технологий Практические занятия Самостоятельная работа Опережающая самостоятельная работа	Вопросы для текущих и промежуточных контрольных работ; Вопросы к зачёту
Умеет анализировать свойства поверхности.	Практические занятия Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Практические задания для контрольных работ; Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР
Владеет основами термодинамического анализа поверхностных процессов.	Практические занятия Лабораторные занятия Самостоятельная работа	Индивидуальные задания для ПЗ; Отчёты ЛР

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся представлено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		семестр 7	всего
1	2	3	4
1	Аудиторная (контактная) работа	68	68
	- в том числе в интерактивной форме	10	10
	- лекции (Л)	32	32
	- в том числе в интерактивной форме	-	-
	- практические занятия (ПЗ)	18	18
	- в том числе в интерактивной форме	6	6
	- лабораторные работы (ЛР)	18	18
	- в том числе в интерактивной форме	4	4
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
3	Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72
	- самостоятельное изучение теоретического материала	6	6
	- расчётно-графическая работа	-	-
	- курсовая работа	-	-
	- курсовой проект	-	-
	- реферат	-	-
	- подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)	22	22
	- подготовка отчётов по лабораторным работам (практическим занятиям)	22	22
	- индивидуальные занятия (КСР)	22	22
	- другие виды самостоятельной работы	-	-
4	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине: зачёт/экзамен	Дифф. зачёт	Дифф. зачёт
5	Трудоёмкость дисциплины, всего:		
	в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)	144 4	144 4

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)							Трудоёмкость ч/ЗЕ
			Аудиторная работа				КСР	Итоговый контроль	Самостоятельная работа	
			Всего	Л	ПЗ (С)	ЛР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	Введение		1	1						2
	1	1	6	2	4				5	6
		2	15	2	4	9			8	15
	Всего по модулю:		22	5	8	9	1		13	36/1
2.	2	3	5	1		4			6	5
		4	4	2	2				5	4
		5	4	2	2				5	4
		6	2	2					3	2
		7	4	2	2				6	4
	Всего по модулю:		19	9	6	4	1		25	45/1,25
3.	3	8	4	2	2				5	8
		9	9	2	2	5			8	9
	4	10	1	1					2	1
		11	2	2					3	2
		12	2	2					2	2
	5	13	1	1					3	1
		14	2	2					3	2
		15	2	2					2	2
		16	2	2					3	2
		17	2	2					3	2
	Всего по модулю:		27	18	4	5	2		34	63/1,75
Промежуточная аттестация								Дифф. зачёт		
Итого			68	32	18	18	4		72	144/4

4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Введение. Л – 1 час.

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

Модуль 1. Строение поверхности

Раздел 1. Кристаллография поверхности и основные методы исследования поверхности.

Лк – 4 часа, ПЗ – 8 часов, ЛР – 9 часов, СРС - 14 часов.

Тема 1. Основные понятия двумерной кристаллографии. Концепция двумерной решетки. Индексы Миллера плоскостей кристалла. Индексы направлений. Запись для описания структуры поверхности. Двумерная обратная решетка.

Тема 2. Общие методы исследования поверхности твердых тел. Дифракционные методы анализа поверхностей. Электронная спектроскопия. Зондирование поверхности ионами. Виды микроскопии.

Модуль 2. Свойства поверхности

Раздел 2. Свойства поверхности.

Лк – 9 часов, ПЗ – 6 часа, ЛР – 4 часа, СРС - 16 часов.

Тема 3. Термодинамические аспекты поверхности. Термодинамика поверхности. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях.

Тема 4. Атомная структура чистых поверхностей. Поверхностная энергия и ее анизотропия. Релаксация и реконструкция поверхности. Релаксированные поверхности металлов. Реконструированные поверхности металлов. Поверхность графита. Поверхности полупроводников.

Тема 5. Адсорбция и десорбция. Кинетика адсорбции. Изотермы адсорбции. Термическая и нетермическая десорбция. Атомная структура поверхности с адсорбатами. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка. Структурные дефекты поверхности: адатомы, вакансии, дислокации, фасетирование.

Тема 6. Электронные свойства поверхности. Основы теории функционала плотности. Модель желе. Поверхностные состояния. Поверхностная проводимость.

Тема 7. Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств. Получение атомарно чистых поверхностей.

Модуль 3. Формирование поверхностных структур

Раздел 3. Поверхностная диффузия и методы получения тонких пленок.

Лк – 4 ч, ПЗ – 4 ч, ЛР – 5 ч, СРС - 13 часов.

Тема 8. Рост тонких пленок. Механизмы роста на поверхности. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Методы получения тонких пленок. Гетероэпитаксия. Механические напряжения при гетероэпитаксии.

Тема 9. Диффузия на поверхности. Атомные механизмы поверхностной диффузии. Поверхностная диффузия и формирование фаз. Экспериментальное изучение поверхностной диффузии.

Раздел 4. Формирование наноструктур на поверхности твердых тел.

Лк – 5 часов, СРС - 11 часов.

Тема 10. Основы физической химии наносистем. Структура поверхности и межфазных границ. Уравнения и характеристика условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах.

Тема 11. Особенности поверхностных процессов в наноструктурах. Дефекты и напряжения в наноструктурах. Механохимические превращения.

Тема 12. Размерные эффекты и фазовые переходы. Структурные фазовые переходы в наноструктурах.

Раздел 5. Кластеры и самоорганизация упорядоченных структур.

Лк – 9 часов, СРС - 18 часов.

Тема 13. Зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур. Кластеры. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций. Кластерные модели. Молекулярные лигандные кластеры. Безлигандные металлические кластеры. Кластеры малых молекул.

Тема 14. Самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур. Суперрешетки из кластеров на поверхности кристаллов.

Тема 15. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов. Атомные и молекулярные орбитали. Поверхностные центры кислотного и основного типа.

Тема 16. Физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии. Атомные манипуляции с помощью сканирующей туннельной микроскопии.

Тема 17. Локальные химические электронно-стимулированные реакции. Каталитические превращения с участием наноструктурированной поверхности твердого тела.

Заключение. Лк - 1 час.

4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Продолжительность, ч
1	1	Изучение основ двумерной кристаллографии	2
2	1	Тренировка умения читать и составлять обозначения суперструктур	2
3	2	Расчёт элементного анализа при помощи зондирования ионами	2

4	2	Расчёты характеристик зондов в СЗМ	2
5	4	Изучение строения реальных поверхностей	2
6	5	Расчёты параметров адсорбции и десорбции	2
7	7	Расчёт концентрации молекул и свободного пробега в условиях СВВ	2
8	8	Изучение процесса роста тонких плёнок	2
9	9	Расчёты характеристик диффузии	2

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Продолжительность, ч
1	2	Исследование структуры наноструктурированной керамики при помощи АСМ	4
2	2	Получение зонда для СТМ методом электролитического травления	5
3	3	Исследование влияния ПАВ на поверхностное натяжение жидкостей	4
4	9	Моделирование роста дендритного кристалла на компьютерной модели	5

5. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Тематика для самостоятельного изучения дисциплины:

Введение. Основные понятия, термины и определения. Понятийно-терминологический аппарат физики поверхности.

Тема 1. Основные понятия двумерной кристаллографии

Концепция двумерной решетки. Индексы Миллера плоскостей кристалла. Индексы направлений. Запись для описания структуры поверхности. Двумерная обратная решетка.

Тема 2. Общие методы исследования поверхности твердых тел

Дифракционные методы анализа поверхностей. Электронная спектроскопия. Зондирование поверхности ионами. Виды микроскопии.

Тема 3. Термодинамические аспекты поверхности

Термодинамика поверхности. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях.

Тема 4. Атомная структура чистых поверхностей

Поверхностная энергия и ее анизотропия. Релаксация и реконструкция поверхности. Релаксированные поверхности металлов. Реконструированные поверхности металлов. Поверхность графита. Поверхности полупроводников.

Тема 5. Адсорбция и десорбция

Кинетика адсорбции. Изотермы адсорбции. Термическая и нетермическая десорбция. Атомная структура поверхности с адсорбатами. Поверхностные фазы в субмонослойных системах адсорбат/подложка. Структурные дефекты поверхности: адатомы, вакансии, дислокации, фасетирование.

Тема 6. Электронные свойства поверхности

Основы теории функционала плотности. Модель желе. Поверхностные состояния. Поверхностная проводимость.

Тема 7. Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств

Получение атомарно чистых поверхностей.

Тема 8. Рост тонких пленок

Механизмы роста на поверхности. Кинетические эффекты в гомоэпитаксии. Методы получения тонких пленок. Гетероэпитаксия. Механические напряжения при гетероэпитаксии.

Тема 9. Диффузия на поверхности

Атомные механизмы поверхностной диффузии. Поверхностная диффузия и формирование фаз. Экспериментальное изучение поверхностной диффузии.

Тема 10. Основы физической химии наносистем

Структура поверхности и межфазных границ. Уравнения и характеристика условий термодинамической стабильности межфазных границ в наносистемах.

Тема 11. Особенности поверхностных процессов в наноструктурах

Дефекты и напряжения в наноструктурах. Механохимические превращения.

Тема 12. Размерные эффекты и фазовые переходы

Структурные фазовые переходы в наноструктурах.

Тема 13. Зародышеобразование, кластерообразование и формирование наноструктур

Кластеры. Нуклеация и рост кластеров на основе твердотельных реакций. Кластерные модели. Молекулярные лигандные кластеры. Безлигандные металлические кластеры. Кластеры малых молекул.

Тема 14. Самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур

Суперрешетки из кластеров на поверхности кристаллов.

Тема 15. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов

Атомные и молекулярные орбитали. Поверхностные центры кислотного и основного типа.

Тема 16. Физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии

Атомные манипуляции с помощью сканирующей туннельной микроскопии.

Тема 17. Локальные химические электронно-стимулированные реакции

Каталитические превращения с участием наноструктурированной поверхности твердого тела.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов (СРС)	Трудоемкость, часов
1	2	3
1	Подготовка к лекции	2
	Подготовка к практическому занятию №1, 2	3
2	Подготовка к лекции	3
	Подготовка к практическому занятию №3, 4	2
	Подготовка к лабораторной работе №1, 2	3
3	Подготовка к лекции	3

	Подготовка к лабораторной работе №3	3
4	Подготовка к лекции	2
	Подготовка к практическому занятию №5	3
5	Подготовка к лекции	3
	Подготовка к практическому занятию №6	2
6	Подготовка к лекции	3
7	Подготовка к лекции	3
	Подготовка к практическому занятию №7	3
8	Подготовка к лекции	2
	Подготовка к практическому занятию №8	3
9	Подготовка к лекции	2
	Подготовка к практическому занятию №9	3
	Подготовка к лабораторной работе №4	3
10	Подготовка к лекции	2
11	Подготовка к лекции	3
12	Подготовка к лекции	2
13	Подготовка к лекции	3
14	Подготовка к лекции	3
15	Подготовка к лекции	2
16	Подготовка к лекции	3
17	Подготовка к лекции	3
	Итого: в АЧ/ в ЗЕТ	72/2

5.2 Индивидуальные задания

5.2.1 Перечень тем рефератов

Не предусмотрены.

5.2.2 Перечень тем расчётно-графических работ

Не предусмотрены.

5.2.3 Перечень тем курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

5.3 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом. При проведении лекционных занятий используются мультимедийные технологии.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при которой учащиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе

обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Совместная работа студентов в группе при выполнении лабораторных работ приучает их работать в команде.

При подготовке к лабораторным и практическим занятиям используется опережающая самостоятельная работа, т.е. изучение студентами нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий (лекции).

Практические занятия проводятся на основе реализации метода проблемного обучения, т.е. стимулирование студентов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

6 Управление и контроль освоения компетенций

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций проводится в форме защиты отчетов по практическим и лабораторным занятиям. Всего предусмотрено 9 отчетов по практическим занятиям и 4 отчёта по лабораторным работам внутри каждого учебного модуля (модуль 1 – 5 работ, модуль 2 – 5 работ, модуль 3 – 3 работы).

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольная работа (модуль 1, 2, 3).

Тематика контрольных работ:

Модуль 1

1. Методы описания структуры поверхности
2. Типы модификации поверхности
3. Методы определения химического состава поверхности
4. Методы определения структуры поверхности

Модуль 2

5. Термодинамика поверхности
6. Атомная структура чистых поверхностей
7. Адсорбция и десорбция
8. Электронная структура поверхности

Модуль 3

9. Диффузия на поверхности
10. Формирование наноструктур на поверхности
11. Самоорганизация поверхностных атомов

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Дифференцированный зачёт.

Зачёт проводится в дифференцированной форме по билетам, содержащим два вопроса. Зачёт выставляется по результатам ответов на вопросы билета и выполнения практических заданий.

Фонд оценочных средств, включающий типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входит в состав УМКД на правах отдельного документа.

2) Экзамен.

Не предусмотрен.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Промежуточная аттестация
	ПЗ	ЛР	РК	
	Усвоенные знания			
3.1 закономерности процессов, происходящих на поверхности твердого тела и особенности поверхностных процессов в микро- и наноструктурах;		ЛР1	РКР 1	ТВ
3.2 основы физической химии наносистем;		ЛР 2, 3	РКР 2	
3.3 механизмы роста поверхности и формирования наноструктур;		ЛР1	РКР 3	
3.4 физико-химические эффекты в туннельно-зондовой нанотехнологии;		ЛР 5	РКР 4	
	Освоенные умения			
У.1 выполнять анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации по предложенной теме, связанной с протеканием поверхностных процессов в наноструктурированных материалах;	ПЗ 1, 2	ЛР1-4		ПЗ
У.2 определять строение суперструктур по их обозначению;	ПЗ 3, 4			
У.3 рассчитывать характеристики процессов роста тонких плёнок.	ПЗ 8, 9	ЛР 4		
	Приобретенные владения			
В.1 навыками аргументированного изложения собственной точки зрения и публичной речи;	ПЗ 5, 6	ЛР 1-4		ПЗ

В.2 основами термодинамического анализа поверхностных процессов;	ПЗ 7	ЛР 4		
В.3 навыками анализа свойств поверхности.		ЛР 1-4		

ОПЗ – отчет по практическому занятию;

ЛР – отчёт по лабораторной работе

РКР – рубежная контрольная работа;

ИКЗ – индивидуальное комплексное задание

ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине входит в состав РПД в виде приложения.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Виды работ	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Разделы	P1		P2				P3				P4				P5				
<i>Лекции</i>	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	32
<i>Практические занятия</i>	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
<i>Семинары</i>																			
<i>Лабораторные работы</i>										4		5		4		5			18
<i>КСР</i>		1					1			1								1	4
<i>Подготовка к занятиям</i>	5	8	6	5	5	3	6	5	8	2	3	2	3	3	2	3	2	1	72
<i>Самостоятельное изучение теоретического материала</i>																			
<i>Реферат</i>																			
Модули	M1		M2				M3												
Контр. тестирование		+						+										+	
Дисциплин. контроль																			Диф. зачёт

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.07.01 Физико-химия наноструктурированных материалов (полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (Модули) (цикл дисциплины)
	☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ обязательная ☒ по выбору студента
22.03.01 код направления / специальности	Материаловедение и технологии материалов / Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем полное название направления / специальности
МТМ/МТН аббревиатура направления / специальности	Уровень подготовки и ☐ специалитет ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2014 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u> Количество студентов: <u>24</u>

Каченюк Максим Николаевич, доцент,
механико-технологический факультет,
кафедра МТиКМ, телефон: 239-11-27, e-mail: max@pm.pstu.ru

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. — Москва : Физматлит, 2011. — 400 с. http://нэб.пф/catalog/000199_000009_02000010903/	1 + Нац. электрон. библиотека

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.07.01 Физико-химия наноструктурированных материалов (полное название дисциплины)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Блок 1. Дисциплины (Модули)</th> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">(цикл дисциплины)</th> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px; vertical-align: top;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">базовая часть цикла</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">вариативная часть цикла</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px; vertical-align: top;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">по выбору студента</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	Блок 1. Дисциплины (Модули)		(цикл дисциплины)		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">базовая часть цикла</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">вариативная часть цикла</td> </tr> </table>		базовая часть цикла	X	вариативная часть цикла	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">по выбору студента</td> </tr> </table>		обязательная	X	по выбору студента
Блок 1. Дисциплины (Модули)															
(цикл дисциплины)															
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">базовая часть цикла</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">вариативная часть цикла</td> </tr> </table>		базовая часть цикла	X	вариативная часть цикла	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30px; height: 30px;"></td> <td style="padding: 2px 5px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="padding: 2px 5px;">по выбору студента</td> </tr> </table>		обязательная	X	по выбору студента						
	базовая часть цикла														
X	вариативная часть цикла														
	обязательная														
X	по выбору студента														
22.03.01 код направления / специальности	Материаловедение и технологии материалов/ Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем полное название направления/ специальности														
МТМ/МТН аббревиатура направления/ специальности	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%; vertical-align: top;"> Уровень подготовки и </td> <td style="width: 20%; text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> </table> </td> <td style="width: 40%; vertical-align: top;"> <table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">специалист</td> <td style="width: 50%;">Форма обучения</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">бакалавр</td> <td style="vertical-align: top;">X очная</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">магистр</td> <td style="vertical-align: top;">заочная</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="vertical-align: top;">очно-заочная</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>	Уровень подготовки и	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> </table>		X		<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">специалист</td> <td style="width: 50%;">Форма обучения</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">бакалавр</td> <td style="vertical-align: top;">X очная</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">магистр</td> <td style="vertical-align: top;">заочная</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="vertical-align: top;">очно-заочная</td> </tr> </table>	специалист	Форма обучения	бакалавр	X очная	магистр	заочная		очно-заочная
Уровень подготовки и	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">X</td></tr> <tr><td style="height: 30px;"></td></tr> </table>		X		<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">специалист</td> <td style="width: 50%;">Форма обучения</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">бакалавр</td> <td style="vertical-align: top;">X очная</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">магистр</td> <td style="vertical-align: top;">заочная</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="vertical-align: top;">очно-заочная</td> </tr> </table>	специалист	Форма обучения	бакалавр	X очная	магистр	заочная		очно-заочная		
X															
специалист	Форма обучения														
бакалавр	X очная														
магистр	заочная														
	очно-заочная														
2014 (год утверждения учебного плана ОПОП)	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Семестр: 7</td> <td style="width: 50%;">Количество групп: 1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Количество студентов: 24</td> </tr> </table>	Семестр: 7	Количество групп: 1		Количество студентов: 24										
Семестр: 7	Количество групп: 1														
	Количество студентов: 24														

Каченюк Максим Николаевич, доцент,
механико-технологический факультет,
кафедра МТиКМ, телефон: 239-11-27, e-mail: max@pm.pstu.ru

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. — Москва : Физматлит, 2011. — 400 с. http://nzb.pf/catalog/000199_000009_02000010903/	1 + Нац. электрон. библиотека

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.07.01 Физико-химия наноструктурированных материалов (полное название дисциплины)	Блок 1. Дисциплины (Модули) (цикл дисциплины)
	☐ базовая часть цикла ☒ вариативная часть цикла ☐ обязательная ☒ по выбору студента
22.03.01 код направления / специальности	Материаловедение и технологии материалов / Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем полное название направления / специальности
МТМ/МТН аббревиатура направления / специальности	Уровень подготовки ☐ специалитет ☒ бакалавр ☐ магистр Форма обучения ☒ очная ☐ заочная ☐ очно-заочная
2014 (год утверждения учебного плана ОПОП)	Семестр: <u>7</u> Количество групп: <u>1</u>
	Количество студентов: 24

Каченюк Максим Николаевич, доцент,
 механико-технологический факультет,
 кафедра МТиКМ, телефон: 239-11-27, e-mail: max@pm.pstu.ru

СПИСОК ИЗДАНИЙ

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, кол-во страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы / М. В. Мамонова, В. В. Прудников, И. А. Прудникова. — Москва : Физматлит, 2011. — 400 с.	1 + Нац. электрон. библиотека

2	Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: учебник. М.: Академия, 2005. – 187 с.	18
3	Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3.: учебник. 2005. – 317 с.	50
4	Конструкционные нанокристаллические материалы : научные основы и приложения : пер. с англ. / К. Коч [и др.] ; Под ред. М. Ю. Гуткина .— Москва : Физматлит, 2012 .— 447 с.	1
5	Нанoeлектроника : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009, 2012 .— 223 с.	6
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1.	Введение в физику поверхности : пер. / К. Оура [и др.] ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение; Институт автоматики и процессов управления .— М. : Наука, 2006 .— 490 с.	1
2.	Физикохимия поверхности : учебник для вузов / В. И. Ролдугин — Долгопрудный : Интеллект, 2008, 2011 .— 565 с.	9
2.2. Периодические издания		
1	Физикохимия поверхности и защита материалов : журнал / Российская академия наук, Отделение химии и наук о материалах .— Москва : Наука, 1965 -. 2015	
2.3 Нормативно-технические издания		
Не используются		
2.4 Официальные издания		
Не используются		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Национальна Электронная Библиотека [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн. по всем отраслям знания] / М-во культуры Рос. Федерации. – [Москва, 2016]. Режим доступа: http://нэб.рф , компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 20.11.2013 г

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав.отделом комплектования научной библиотеки
Тюрикова Н.В.

Текущие данные об обеспеченности на _____

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная ☐ обеспечена ☐ не

Карта книго-
обеспеченности
в библиотеку сдана

2	Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы: учебник. М.: Академия, 2005. – 187 с.	18
3	Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3.: учебник. 2005. – 317 с.	50
4	Конструкционные нанокристаллические материалы : научные основы и приложения : пер. с англ. / К. Коч [и др.] ; Под ред. М. Ю. Гуткина .— Москва : Физматлит, 2012 .— 447 с.	1
5	Нанoeлектроника : учебное пособие для вузов / В. Е. Борисенко, А. И. Воробьева, Е. А. Уткина .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009, 2012 .— 223 с.	6
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1.	Введение в физику поверхности : пер. / К. Оура [и др.] ; Российская академия наук, Дальневосточное отделение; Институт автоматизации и процессов управления .— М. : Наука, 2006 .— 490 с.	1
2.	Физикохимия поверхности : учебник для вузов / В. И. Ролдугин — Долгопрудный : Интеллект, 2008, 2011 .— 565 с.	9
2.2. Периодические издания		
1	Физикохимия поверхности и защита материалов : журнал / Российская академия наук, Отделение химии и наук о материалах .— Москва : Наука, 1965 -. 2015	
2.3 Нормативно-технические издания		
Не используются		
2.4 Официальные издания		
Не используются		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Национальная Электронная Библиотека [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн. по всем отраслям знания] / М-во культуры Рос. Федерации. – [Москва, 2016]. Режим доступа: http://нэб.рф , компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на 20.11.2013 г

основная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

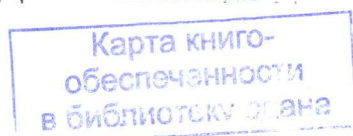
дополнительная литература ☒ обеспечена ☐ не обеспечена

Зав.отделом комплектования научной библиотеки
Тюрикова Н.В.

Текущие данные об обеспеченности на _____

Основная литература ☐ обеспечена ☐ не обеспечена

Дополнительная ☐ обеспечена ☐ не



8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	Лабораторная работа	Phemtoscan Online		Определение размеров зерна наноструктурированной керамики
2				

8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.3 – Используемые аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п.п.	Помещения			Площадь (м ²)	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Аудитория с мультимедийным обеспечением	Кафедра МТиКМ	21 корпуса МТиКМ	40	30
2	Технологическая лаборатория	Кафедра МТиКМ	15 корпуса МТиКМ	40	10
3	Компьютерный класс (учебный лабораторный комплекс «Фемтоскан»)	Кафедра МТиКМ	23 корпуса МТиКМ	40	10
4	Химическая лаборатория	Кафедра МТиКМ	238 корпуса МТиКМ	40	10

9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1.	Мультимедиапроектор, ноутбук, акустическая система	1	оперативное управление	20
2.	Компьютеры системы Фемтоскан	1	оперативное управление	23

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания ка- федры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1.	Лист регистрации изменений	
2.		
3.		
4.		