

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 26.09.2023 17:14:17
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной
и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
«24» мая 2021 г.

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО СОСТОЯНИЯ
ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ
Направление подготовки
22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность программы магистратуры
Функциональные наноматериалы и покрытия для твердотельной электроники

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Химической нанотехнологии и материалов электронной техники**

Санкт-Петербург

2021

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Доцент		доцент Е.А. Соснов

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия наноразмерного состояния твердых веществ» обсуждена на заседании кафедры химической нанотехнологии и материалов электронной техники

протокол от 19.04.21 2021 №9

Заведующий кафедрой

профессор А.А. Малыгин

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 20.05. 2021 № 8

Председатель

доцент С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Материаловедение и технологии материалов»		доцент Н.В. Захарова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины	06
4.3. Занятия лекционного типа	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	09
4.4.1. Семинары, практические занятия	09
4.4.2. Лабораторные занятия	10
4.5. Самостоятельная работа.....	10
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины	13
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	14
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	15
10.1. Информационные технологии	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	16
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	16
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	17

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

Для освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-1 Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	ПК-1.3 Понимание физических и химических процессов, вызывающих формирование наноматериалов различной структуры и пространственной размерности и закономерностей изменения строения и свойств материалов по мере перехода к макрообъектам	Знать: - механизмы формирования твердотельных наноматериалов с различной пространственной размерностью; основные эффекты строения и физико-химических свойств материалов, вызванные наноразмерным состоянием вещества (ЗН-1). Уметь: - определять механизмы формирования и роста наноматериалов различной пространственной размерности; прогнозировать пространственное строение наноструктурированных материалов по изменению их физико-химических свойств (У-1). Владеть: - представлениями о современных теориях зарождения, формирования и роста наноразмерных твердотельных материалов (Н-1).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Физическая химия наноразмерного состояния твердых веществ" относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.04) и изучается на втором году обучения в 3 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в ходе обучения по программам бакалавриата по направлению подготовки 22.03.01 при изучении курсов "Физика", "Физическая химия твердого тела и наноразмерных систем", "Химическая технология наноматериалов и наносистем".

Полученные в результате освоения дисциплины "Физическая химия наноразмерного состояния твердых веществ" знания, умения и навыки могут быть использованы магистрантами при выполнении магистерских диссертаций по тематике, связанной с разработкой и внедрением наукоемких процессов, материалов и технологий, созданием функциональных или конструкционных наноматериалов и разработкой нанотехнологических процессов.

3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц / академических часов)	6 / 216
Контактная работа с преподавателем:	108
занятия лекционного типа	34
занятия семинарского типа, в т.ч.	68
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	40 (14)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	28 (20)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	81
Формы текущего контроля	-
Форма промежуточной аттестации	экзамен (27)

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Твердотельные наноматериалы	2	6		6	ПК-1
2	Термодинамика наноразмерных объектов	4	4		10	ПК-1
3	Зародышеобразование наноструктур	4			8	ПК-1
4	Зарождение и рост дисперсных наноматериалов	4			6	ПК-1
5	Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии	4	10	8	12	ПК-1
6	Свойства наночастиц	4	8		15	ПК-1
7	Химические реакции с участием наноразмерных частиц	4	8		8	ПК-1
8	1D и 2D-наноматериалы	4		16	8	ПК-1
9	3D-нанокompозиты	4	4	4	8	ПК-1
ИТОГО		34	40	28	81	

4.2 Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-1.3	Твердотельные наноматериалы Термодинамика наноразмерных объектов Зародышеобразование наноструктур Зарождение и рост дисперсных наноматериалов Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии Свойства наночастиц Химические реакции с участием наноразмерных частиц 1D и 2D-наноматериалы 3D-нанокompозиты

4.3. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p>Твердотельные наноматериалы</p> <p>Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.</p> <p>Молекулярные кластеры металлов. Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и нанокompозиты. Тонкие наноструктурированные пленки.</p>	2	Лекция-беседа
2	<p>Термодинамика наноразмерных объектов</p> <p>Термодинамика искривленных поверхностей. Материальное равновесие на границах наночастицы. Связь свободной энергии и химического потенциала с размерами частиц. Растворимость (испарение) наночастиц. Влияние размера наночастицы на поверхностную энергию и поверхностное натяжение. Поверхностное натяжение в двухкомпонентной системе.</p>	4	Лекция-беседа
3	<p>Зародышеобразование наноструктур</p> <p>Зарождение и рост наночастиц в гомогенной среде и на поверхности твердого тела. Модели и механизмы зародышеобразования (Теория Гиббса-Фольмера, ассоциация наночастиц, нуклеация из ограниченного объема, Теория Фольмера-Вебера-Френкеля, Теория Беккера-Деринга-Зельдовича, гетерогенное зарождение, кристаллизация расплавов).</p> <p>Критический зародыш, формирование зародыша в условиях пространственных ограничений, предзародышевые кластеры. Дискообразный зародыш. Спинодальный распад.</p> <p>Механические напряжения в наноструктурах.</p>	4	Лекция-беседа
4	<p>Зарождение и рост дисперсных наноматериалов</p> <p>Эволюция твердых веществ. Зарождение и рост наночастиц. Магические кластеры, стабилизация нанокластеров. Захват вещества кристаллом. Форма кристаллита</p> <p>Фрактальные структуры. Усложнение и деградация наносистем (оствальдово созревание, агрегирование и агломерация).</p> <p>Внутрикластерная атомная динамика. Поверхностная энергия наночастиц. Плавление наночастиц.</p>	4	Лекция-беседа
5	<p>Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии</p> <p>Твердотельные химические реакции, механохимические реакции, ударно-волновой синтез, наноструктурирование под действием давления, кристаллизация аморфных структур, компактирование. Газовое испарение и конденсация. Химическое, фотохимическое и радиационно-химическое восстановление.</p>	4	Лекция-беседа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
	Макромолекулы как стабилизаторы наноразмерных частиц. Стабилизация мицеллами и полимерами. Стабилизация полиэлектролитами. Матричная изоляция. Диспергирование. Капсулирование. Напыление. Термическое разложение прекурсора. Восстановительные методы.		
6	Свойства наночастиц Особые свойства нанообъектов и наноструктурированных систем. Размерные эффекты. Оптические, механические, электрические, термодинамические и магнитные свойства наночастиц. Фазовый состав наноразмерных материалов. Размерные эффекты в адсорбционных и диффузионных процессах.	4	Лекция-беседа
7	Химические реакции с участием наноразмерных частиц. Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Статистический и макроскопический подходы. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц. Кинетика кластерных химических реакций. Стохастический подход.	4	Лекция-беседа
8	1D и 2D-наноматериалы Поверхность твердых тел. Релаксация и реконструкция поверхности твердых тел. Зонная диаграмма твердых тел вблизи поверхности. Обедненный слой. Транспорт носителей заряда через поверхности раздела. Неавтономное состояние вещества. Массоперенос и плавление в неавтономных фазах. 1D-наноматериалы (нанотрубки, наносвитки, нановолокна). Модель скручивания наносвитка. Тонкие пленки (2D). Схемы роста тонких пленок. Механические напряжения при гетероэпитаксии. Релаксация упругих напряжений. Магические островки и квантовые точки. Анизотропия поверхностной диффузии. Электропроводность тонких пленок.	4	Лекция-беседа
9	3D-наноконпозиты Пористые матрицы для трехмерных решеток наноструктур. Наногранулированные композиты металл – диэлектрик с хаотичным распределением компонентов. Порог перколяции. Слоистые наноконпозиты металл – полупроводник. Магнитные свойства наноконпозитов. Магнитоэлектрический эффект. Границы раздела фаз, роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Классификация наноразмерных материалов.	4	Лекция-беседа

4.4. Занятия семинарского типа

4.4.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
1	Твердотельные наноматериалы Супрамолекулярные наноструктуры.	2		
	Углеродные и неорганические нанотрубки	4		
2	Термодинамика наноразмерных объектов Термодинамические модели зародышеобразования.	4		
5	Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии Криохимический синтез наноматериалов.	4		Групповая научная дискуссия
	Электрохимический синтез наноструктур.	4		
	Иммобилизация наночастиц.	2	2	Групповая научная дискуссия
6	Свойства наночастиц Механические колебания и резонансы в наноразмерных системах. Диссипативный резонанс.	4		
	Капли на твердой и жидкой поверхностях. Самоочищающаяся нанотрава и «эффект лотоса». Полное и неполное смачивание. Гидрофильность и гидрофобность твердых тел. Гистерезис угла смачивания. Роль химической неоднородности и шероховатости. Супергидрофобные поверхности.	4	4	Групповая научная дискуссия
7	Химические реакции с участием наноразмерных частиц. Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц.	4		
	Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц.	4	4	
9	3D-нанокompозиты Иммобилизация монометаллических кластеров. Наногибридные полимер-неорганические композиты. Интеркаляция полимеров. Металлополимерные пленки. Фуллерены и углеродные нанотрубки как матрицы.	4	4	Групповая научная дискуссия

4.4.2. Лабораторные занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечания
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	
5	Определение удельной поверхности и пористости методом низкотемпературной адсорбции азота	4	4	
	Изучение возможностей СЗМ для исследования наноматериалов	4		
8	Оценка электропроводности элементоксидных тонких пленок на поверхности боросиликатного стекла	4	4	
	Определение состояния элементов в оксидных нанослоях по спектрам диффузного отражения	4	4	
	Определение параметров кристаллической решетки пленочного образца	4	4	
	Получение пленок Ленгмюра-Блоджетт	4		
9	Определение порога перколяции проводящих композитов	4	4	

4.5. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Твердотельные наноматериалы Молекулярные кластеры металлов. Коллоидные кластеры. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Матричные нанокластеры. Кластерные кристаллы и фуллериты. Компактированные наносистемы и нанокомпозиты. Тонкие наноструктурированные пленки.	6	устный опрос
2	Термодинамика наноразмерных объектов Термодинамика дисперсных систем. Связь свободной энергии с размерами частиц. Работа образования новой фазы. Применение понятия поверхностного натяжения к малым частицам. Термодинамические модели зародышеобразования.	10	устный опрос
3	Зародышеобразование наноструктур Зарождение и рост наночастиц в гомогенной среде и на поверхности твердого тела. Модели и механизмы зародышеобразования. Критический зародыш, формирование зародыша в условиях пространственных ограничений, предзародышевые кластеры. Роль свободных и внутренних поверхностей.	8	устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
4	Зарождение и рост дисперсных наноматериалов Кинетика фазообразования при наличии химической реакции. Кинетика газофазных реакций образования наночастиц. Кинетика образования наночастиц в жидкофазных редокс-реакциях. Кинетика гетерогенных реакций образования наночастиц с участием твердых тел.	6	устный опрос
5	Методы получения нанокластеров и стабилизация твердотельных материалов в наноразмерном состоянии Твердотельные и механохимические реакции, ударно-волновой синтез. Газовое испарение и конденсация. Химическое, фотохимическое и радиационно-химическое восстановление. Макромолекулы как стабилизаторы наноразмерных частиц. Стабилизация мицеллами и полимерами. Стабилизация полиэлектролитами. Матричная изоляция.	6	устный опрос
	Свойства наночастиц Особые свойства нанообъектов и наноструктурированных систем. Размерные эффекты. Оптические, механические, электрические, термодинамические и магнитные свойства нанообъектов. Механические колебания и резонансы в наноразмерных системах. Диссипативный резонанс. Границы раздела фаз, роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов. Структурные особенности: дефекты и напряжения, сегрегация в приповерхностных слоях, фазовые переходы. Зонная диаграмма твердых тел вблизи поверхности. Обедненный слой. Транспорт носителей заряда через поверхности раздела. Капли на твердой и жидкой поверхностях. Самоочищающаяся нанотрава и «эффект лотоса». Полное и неполное смачивание. Гидрофильность и гидрофобность твердых тел. Гистерезис угла смачивания. Роль химической неоднородности и шероховатости. Супергидрофобные поверхности.	8	устный опрос
6	Химические реакции с участием наноразмерных частиц Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Статистический и макроскопический подходы. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц. Кинетика кластерных химических реакций. Стохастический подход.	7	устный опрос
	Химические реакции с участием наноразмерных частиц Термодинамика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Константа равновесия и размерный эффект. Разность потенциалов в реакции с участием наночастиц металлов. Кинетика химических реакций с участием наноразмерных частиц. Статистический и макроскопический подходы. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц. Кинетика кластерных химических реакций. Стохастический подход.	8	устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
8	<p>1D и 2D-наноматериалы</p> <p>Углеродные нанотрубки (УНТ). Хиральность углеродных нанотрубок. Одностенные и многостенные УНТ. Нановолокна и другие углеродные наноматериалы. Электронная структура, энергетический спектр и проводимость нанотрубок. Сверхупругие свойства однослойных УНТ. Гибридные и эндодральные наносистемы на основе УНТ.</p> <p>Получение моно- и полимолекулярных слоёв методом Ленгмюра-Блоджетт. Наноструктурированные поверхности. Магические кластеры и другие атомные конструкции. Атомная сборка и самоорганизация упорядоченных наноструктур на поверхности кремния.</p>	8	устный опрос
9	<p>3D-Нанокompозиты</p> <p>Иммобилизация монометаллических кластеров. Наногибридные полимер-неорганические композиты. Интеркаляция полимеров. Металлополимерные пленки. Фуллерены и углеродные нанотрубки как матрицы.</p>	8	устный опрос

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2012.- 41 с. (ЭБ)
2. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие./ А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2019.- 109 с. (ЭБ)
3. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие./ О.В. Альмяшева и др.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 79 с. (ЭБ)

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Примеры вопросов, предлагаемых на экзамене:

1. Термодинамика формирования / растворения наночастиц.
2. Особенности фазовых переходов материалов в наноразмерном состоянии.
3. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение: размерный эффект, влияние адсорбции и примесей.
4. Неавтономное состояние вещества. Плавление и массоперенос в неавтономных фазах.
5. Теория зародышеобразования Гиббса-Фольмера.

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины

а) печатные издания:

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с.
2. Винтайкин, Б.Е. Физика твердого тела / Б.Е.Винтайкин. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2008. - 359 с. - ISBN 978-5-7038-2459-7
3. Кнотько, А.В. Химия твердого тела / А.В.Кнотько, И.А.Пресняков, Ю.Д.Третьяков. - Москва: Academia, 2006. - 302 с. - ISBN 5-7695-2262-3
4. Матухин, В.Л. Физика твердого тела: Учебное пособие / В.Л.Матухин, В.Л.Ермаков. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2010. - 218 с. - ISBN 978-5-8114-0923-5
5. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с.
6. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с.
7. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л.Дзидзигури. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 365 с. - ISBN 978-5-94774-724-9
8. Синельников, Б.М. Физическая химия кристаллов с дефектами: учебное пособие / Б.М. Синельников. - Москва: Высшая школа, 2005. - 136 с. - ISBN 5-06-004784-9
9. Старостин, В.В. Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие / В.В. Старостин; Под ред. Л.Н.Патрикеева. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.- 431 с. - ISBN 978-5-94774-727-0
10. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов: Учебное пособие / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
11. Фахльман, Б. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б.Фахльман; под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А.Гудилина. - Пер. с англ. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7
12. Химическая диагностика материалов/ В.Г.Корсаков, М.М.Сычев, С.В.Мякин, Л.Б.Сватовская. – Санкт-Петербург: ПГУПС, 2010. - 224 с. - ISBN 978-5-7641-0254-2
13. Цао, Гочжун. Наноструктуры и наноматериалы. Синтез, свойства и применение / Г.Цао, Ин Ван; Пер. с англ. - Москва: Научный мир, 2012. - 520 с. - ISBN 978-5-91522-224-2

б) электронные издания:

1. Альмяшева, О.В. Основы физической химии наноразмерных систем: Конспект лекций / О.В.Альмяшева; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2012. - 41 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

2. Дьячков, П.Н. Электронные свойства и применение нанотрубок / П.Н.Дьячков. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 491 с. - ISBN 978-5-00101-842-1 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
3. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела: учебное пособие / А.П.Мейлахс, А.Я.Вуль; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. - 109 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
4. Методы компактирования и консолидации наноструктурных материалов и изделий: учебное пособие / О.Л.Хасанов и др. - 3-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 270 с. - ISBN 978-5-00101-716-5 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
5. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям: учебное пособие / Е.Д.Мишина и др.; под ред. А.С.Сигова.- 5-е изд.- М.: Лаборатория знаний, 2017.- 187 с.- ISBN 978-5-00101-473-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
6. Морачевский, А.Г. Физическая химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: учебное пособие/ А.Г.Морачевский.- 2-е изд.- Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2015.- 160 с. - ISBN 978-5-8114-1857-2 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
7. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: Учебное пособие / О.В.Альмяшева и др.; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Кафедра физической химии. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2015. - 79 с. // СПбГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
8. Раков, Э.Г. Неорганические наноматериалы: учебное пособие / Э.Г.Раков. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 480 с. - ISBN 978-5-00101-741-7 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.
9. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы: Учебное пособие./ Д.И.Рыжонков, В.В.Лёвина, Э.Л.Дзидзигури. - 5-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 368 с. - ISBN 978-5-00101-474-4 // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 15.12.2020). - Режим доступа: по подписке.

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины

1. Учебный план, РПД и учебно-методические материалы - media.technolog.edu.ru
2. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
3. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Все виды занятий по дисциплине проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

1. СТО СПбГТИ(ТУ) 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.
2. СТП СПбГТИ 040-02. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2002.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2002.- 7 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 018-2014. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2014.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2014.- 16 с.
4. СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.07.2011.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2011.- 21 с.
5. СТП СПбГТИ 048-2009. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2010.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009.- 6 с.
6. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.

В ходе лекционных занятий магистранту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой магистрантов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в конце 3 семестра в виде экзамена в устной форме (включает 2 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

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

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

10.2. Программное обеспечение.

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3

MS PowerPoint 97 и выше

10.3. Базы данных и информационные справочные системы

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
"Физическая химия наноразмерного состояния твердых веществ"**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-1.3 Понимание физических и химических процессов, вызывающих формирование наноматериалов различной структуры и пространственной размерности и закономерностей изменения строения и свойств материалов по мере перехода к макрообъектам	Знает механизмы формирования твердотельных наноматериалов с различной пространственной размерностью; основные эффекты строения и физико-химических свойств материалов, вызванные наноразмерным состоянием вещества (ЗН-1).	Ответы на вопросы №№ 1-14 к экзамену	Имеет представления о механизмах формирования твердотельных наноматериалов с различной пространственной размерностью и основных эффектах строения и физико-химических свойств материалов, вызванные наноразмерным состоянием вещества	Знает механизмы формирования твердотельных наноматериалов с различной пространственной размерностью; основные эффекты строения и физико-химических свойств материалов, вызванные наноразмерным состоянием вещества	Знает основные направления и результаты научных исследований по формированию твердотельных наноматериалов с различной пространственной размерностью, их строение и физико-химических свойства
	Умеет определять механизмы формирования и роста наноматериалов различной пространственной размерности; прогнозировать пространственное строение наноструктурированных материалов по изменению их физико-химических свойств (У-1)	Ответы на вопросы №№ 15-24 к экзамену	Имеет представление о методах определения механизмов формирования и роста наноматериалов различной пространственной размерности; прогнозировать пространственное строение наноструктурированных материалов по изменению их физико-химических свойств	Умеет определять механизмы формирования и роста наноматериалов различной пространственной размерности; прогнозировать пространственное строение наноструктурированных материалов по изменению их физико-химических свойств	Умеет использовать различные методики определения механизмов формирования наноматериалов различной пространственной размерности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет представлениями о современных теориях зарождения, формирования и роста наноразмерных твердотельных материалов (Н-1).	Ответы на вопросы №№ 25-29 к экзамену	Имеет слабые представления о современных теориях зарождения, формирования и роста наноразмерных твердотельных материалов	Владеет представлениями о современных теориях зарождения, формирования и роста наноразмерных твердотельных материалов	Знает современные теории зарождения, формирования и роста наноразмерных твердотельных материалов

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. Критерии оценивания – «**удовлетворительно**», «**хорошо**» и «**отлично**» приведены в таблице 2.

Оценка «**не удовлетворительно**» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1

1. Классификация наноматериалов, наноструктур по конфигурации и химическому составу
2. Термодинамика формирования / растворения наночастиц.
3. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение: размерный эффект, влияние адсорбции и примесей.
4. Физические и химические методы получения нанообъектов. Получение с помощью молекулярных пучков, конденсации пара и пиролиза. Плазменно-химический метод.
5. Механохимический синтез. диспергирование; детонационный синтез, электровзрыв, литография. Синтез в пористых средах, микроэмульсиях и мицеллах.
6. Химические реакции наночастиц. Кинетика топохимических реакций в коллективе наночастиц. Явления в области контакта наночастиц твердых реагентов.
7. Механизм термолиза наночастиц. Взаимодействие наночастиц с макромолекулами и полимерными средами.
8. Взаимодействие углеродных нанотрубок с газами. Механохимические реакции в коллективе наночастиц.
9. Релаксация и реконструкция поверхности твердых тел. Состояния Шоуки и Тамма. Изменение зонной структуры на поверхности.
10. Неавтономное состояние вещества. Плавление и массоперенос в неавтономных фазах.
11. 1D-наноматериалы. Особенности электрофизических и магнитных свойств. Формирование наносвитков.
12. Физическая адсорбция и хемосорбция на поверхности твердых тел. Поверхностная диффузия и ее анизотропия.
13. Механические напряжения в тонких пленках. Их причины и пути релаксации.
14. Оценка электропроводности тонких пленок.
15. Механизмы загрязнения растущих наночастиц примесями.
16. Связь поверхностной энергии и внутрикластерной атомной динамики.
17. Влияние размеров наночастиц на протекание фазовых превращений. Природа избыточной теплоемкости. Температура Дебая.
18. Зависимость физических свойств материалов от размеров наночастиц.
19. Прочностные характеристики наночастиц. Напряжения в наноструктурах. Природа отклонения от соотношения Холла-Петча. Сверхпластичность наноматериалов.
20. Особенности зонной структуры наноматериалов. Влияние размеров наночастиц на их электрофизические, сегнетоэлектрические и магнитные свойства.
21. Особенности фазовых переходов материалов в наноразмерном состоянии.
22. Влияние толщины на свойства тонких пленок. Роль матрицы в усилении эффектов.
23. Наногранулированные композиты металл-диэлектрик. Роль когерентности границ раздела фаз. Порог перколяции.
24. Суперпарамагнетизм нанокомпозитов. Порог перколяции. Изменение магнитных свойств нанокомпозита и магнитоэлектрические эффекты.
25. Теория зародышеобразования Гиббса-Фольмера.
26. Теория нуклеации Фольмера-Вебера-Френкеля и Беккера-Деринга-Зельдовича. Освальдово старение.
27. Кластерообразование. Магические кластеры. Стабилизация кластеров. Образование зародышей и рост наночастиц.
28. Гетерогенное зародышеобразование, эпитаксия и гетероэпитаксия. Химические методы (химическое осаждение, гидротермальный и сольвотермальный синтез, золь-гель метод).
29. Формирование и рост тонких пленок. Механизмы роста пленки. Причины появления фрактальных и ограненных островков.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает билет с двумя вопросами из перечня, приведенного выше.

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.