

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 29.09.2023 09:45:57
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
«26» марта 2019 г.

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ НОВОЙ ФАЗЫ

Направление подготовки

04.04.01 Химия

Направленность программы магистратуры
Физическая химия и химия твердого тела

Квалификация
магистр

Форма обучения
Очная

Факультет **химии веществ и материалов**
Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург
2019

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой физико-химического конструирования материалов на базе ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН		профессор, чл.-корр. РАН Гусаров В.В.

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические процессы образования новой фазы»
обсуждена на заседании кафедры физической химии
протокол от «05» февраля 2019 № 6
Заведующий кафедрой

С.Г. Изотова

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов
протокол от «21» марта 2019 № 6

Председатель

С.Г. Изотова

СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химия»		С.Г. Изотова
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н. Денисенко

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	5
3. Объем дисциплины.....	5
4. Содержание дисциплины.....	6
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	6
4.2. Занятия лекционного типа.....	6
4.3. Занятия семинарского типа.....	7
4.3.1. Семинары, практические занятия.....	7
4.3.2. Занятия лабораторного типа.....	7
4.4. Самостоятельная работа обучающихся.....	8
4.5. Темы и примеры индивидуальных заданий.....	8
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	9
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	9
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	11
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.....	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

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

В результате 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 планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	ПК-1.В.04.1 Способность использовать теоретические основы процессов зародышеобразования и информацию о современных методах физико-химического анализа при составлении общего плана исследований и детальных планов его стадий	Знать: основные механизмы, термодинамические и кинетические модели процессов зародышеобразования и роста кристаллов (ЗН-1); современные методы физико-химического исследования процессов зародышеобразования и роста кристаллов (ЗН-2); Уметь: планировать экспериментальные исследования по изучению процессов зародышеобразования и роста кристаллов (У-1); выбирать экспериментальные методы исследования процессов зародышеобразования и роста кристаллов (У-2); Владеть: навыками использования физико-химических моделей кристаллизации к решению практических вопросов химии и химической технологии. (Н-1); навыками выбора основных экспериментальных методов исследования процессов зародышеобразования и роста моно- и поликристаллических тел и массовой кристаллизации вещества в жидких средах (Н-2).

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Физико-химические процессы образования новой фазы» (Б1.В.04) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры и изучается на 1 курсе во 2 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Высшая математика», «Неорганическая химия», «Физическая химия», а также дисциплин, предусмотренных в плане подготовки бакалавров по направлению 04.03.01 «Химия».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Физико-химические процессы образования новой фазы» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
Контактная работа с преподавателем:	56
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
Самостоятельная работа	52
Форма текущего контроля (Кр, реферат, РГР, эссе)	Индивидуальные задания
Форма промежуточной аттестации (КР, КП, зачет, экзамен)	зачет

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Введение. Основные понятия и определения	2	-	-	-	ПК-1	ПК-1.В.04.1
2.	Термодинамика зародышеобразования	6	24	-	20	ПК-1	ПК-1.В.04.1
3.	Кинетика зародышеобразования	6	-	-	16	ПК-1	ПК-1.В.04.1
4.	Рост кристаллических фаз	4	12	-	16	ПК-1	ПК-1.В.04.1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<u>Введение.</u> Предмет и содержание курса. Роль теории кристаллизации фаз в развитии представлений о природе кристаллического состояния вещества. Кристаллизация и дефекты в кристаллах. Монокристаллы. Поликристаллические системы. Эпитаксиальные пленки. Нанокристаллические системы.	2	проблемная лекция
2	<u>Термодинамика зародышеобразования.</u> Термодинамические условия зародышеобразования. Критический зародыш. Термодинамика зародышеобразования в условиях пространственных ограничений. Неавтономное состояние вещества. Эпитаксиальная кристаллизация (2 часа) Термодинамика зародышеобразования в условиях пространственных ограничений. Неавтономное состояние вещества. Эпитаксиальная кристаллизация	6	лекция-визуализация

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
3	<u>Кинетика зародышеобразования</u> Кинетические модели гомогенного зародышеобразования. Кинетические модели гетерогенного зародышеобразования. Метастабильные кластеры. Модели агрегативного зародышеобразования. Фазойды. Зародышеобразование и рост наносвитков.	6	лекция-визуализация
4	<u>Рост кристаллических фаз</u> Фронт кристаллизации. Устойчивое и неустойчивое движение фронта кристаллизации. Дендритные структуры. Рост кристаллических структур по механизму ориентированной агрегации.	4	лекция-визуализация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
2	Расчет равновесной формы кристаллов. Термодинамический расчет размеров и формы критического зародыша с учетом зависимости поверхностной энергии от размера частиц. Расчет размеров кристаллитов по данным о форме линий рентгеновской дифракции. Определение структуры кристаллизующихся фаз от размеров пространственных ограничений. Определение структуры кристаллических фаз от формы пространственных ограничений.	24	метод малых групп, подготовка письменных аналитических работ
4	Определение условий неустойчивого движения фронта кристаллизации в зависимости от температуры переохлаждения расплава заданного состава.	12	метод малых групп, подготовка письменных аналитических работ

4.3.2. Занятия лабораторного типа.

Не предусмотрены

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Расчет минимального размера устойчивого оксидного нанокристалла, формирующегося при разложении гидроксида соответствующего состава. Анализ влияния кристаллического и аморфного состояния гидроксида на размер оксидной наночастицы.	20	Проверка индивидуально домашнего задания
3	Подготовка презентации доклада к научному семинару «Современные представления о формировании нанокристаллов, наночастиц и наноструктур, как зародышей и ансамблей зародышей кристаллических фаз»	17	Доклад на семинарском занятии
4	Подготовка презентации доклада к научному семинару «Роль современных представлений о росте кристаллических фаз монокристаллов и поликристаллических материалов»	15	Доклад на семинарском занятии

4.5. Темы и примеры индивидуальных заданий

Задача 1.

Расчитать зависимость поверхностной энергии частиц оксида MeO_n от его размеров, используя формулы А.И.Русанова и Толмена. Сравнить полученные по разным выражениям зависимости с данными из литературных источников. Сделать выводы о применимости использованных выражений.

(Варианты выбора оксида MeO_n : $Me = Be, Mg, Al, Si, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Zr$; Me в различных характерных для них степенях окисления; оксиды в различных структурных состояниях, известных из литературы).

Задача 2.

Расчитать зависимость изменения энергии Гиббса от размера частиц оксида MeO_n при его образовании путем дегидратации в гидротермальных условиях аморфного и кристаллического гидроксида $Me(OH)_{2n}$. Сравнить зависимости, полученные для дегидратации исходного гидроксида с различным строением и для различных P - T условий.

(Варианты выбора оксида MeO_n : $Me = Be, Mg, Al, Si, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Zr$; Me в различных характерных для них степенях окисления; оксиды в различных структурных состояниях, известных из литературы).

Задача 3.

Расчитать размер критического зародыша оксида MeO_n при его образовании путем дегидратации в гидротермальных условиях аморфного и кристаллического гидроксида $Me(OH)_{2n}$. Сравнить зависимости, полученные для дегидратации исходного гидроксида с различным строением и для различных P - T условий. Определить условия, при которых можно получить нанокристаллы с меньшими размерами.

(Варианты выбора оксида MeO_n : $Me = Be, Mg, Al, Si, Ti, Cr, Fe, Co, Ni, Zr$; Me в различных характерных для них степенях окисления; оксиды в различных структурных состояниях, известных из литературы).

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

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (заданиями) (для проверки знаний).

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

Вариант № 1

1. В чем заключается отличие гомогенной нуклеации от гетерогенной?
2. Какими термодинамическими параметрами определяется размер критического зародыша?
3. От чего зависит образование метастабильных кластеров определенной формы?

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенции достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «зачет».

7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

а) печатные издания:

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн; пер. с англ. К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина, под ред. В. П. Зломанова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 400 с. : ил.
2. Фахльман, Б.Д. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой, под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 463 с. : ил.

б) электронные учебные издания:

3. Новые подходы к проблеме зародышеобразования: учеб. пособие / О. В. Альмяшева [и др.]. – СПб.: СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии, 2015. – 79 с. (ЭБ)
4. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей: Учебное пособие - СПб: Издательство «Лань», 2013. - 240 с. : ил (ЭБС «Лань»)

8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД, учебно-методические материалы, размещенные на <http://media.technolog.edu.ru>.

Электронно-библиотечные системы:

ЭБС «Лань»: <https://e.lanbook.com/books/>;

электронный читальный зал – БиблиоТех фундаментальной библиотеки СПбГТИ(ТУ): <http://bibl.lti-gti.ru/ЭБС.>, <https://technolog.bibliotech.ru/>.

справочно-информационный портал «Научная электронная библиотека»: <http://elibrary.ru>.

<http://chemdm.ru/index.php> Научная группа «Химическое конструирование материалов»

<http://www.nanometer.ru> - Нанометр (нанотехнологическое сообщество)

<http://www.school.cdu.ru/default.asp> - Российский общеобразовательный портал

<http://www.allscience.ru> all Science - Российский научный портал

<http://nano.msu.ru> - Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ

www.sciencedirect.com - Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink

Периодические научные издания – Российские и зарубежные рецензируемые журналы по химии, материаловедению, технологии.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Физико-химические процессы образования новой фазы» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;
серьезное отношение к изучению материала;
постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

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;
взаимодействие с обучающимися посредством электронной почты.

10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel): Office 2007 Russian OLP NL AE (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), Office Std 2013 Rus OLP NL (Контракт № 02(03)15 от 15.01.2015, срок действия -20 лет), LibreOffice (открытая лицензия),

10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

База термодинамических данных IVTANTHERMO.

11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 33 посадочных места.

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

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Физико-химические процессы образования новой фазы»**

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-1	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией наук	промежуточный

1. 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)
			«зачтено»
ПК-1.В.04.1 Способность использовать теоретические основы процессов зародышеобразования и информацию о современных методах физико-химического анализа при составлении общего плана исследований и детальных планов его стадий	Знает: основные механизмы, термодинамические и кинетические модели процессов зародышеобразования и роста кристаллов (ЗН-1); современные методы	Ответы на вопросы №1-11, 17-36 к зачету.	Перечисляет основные механизмы, термодинамические и кинетические модели процессов зародышеобразования и роста кристаллов. Может пояснить основные положения перечисленных моделей и механизмов без ошибок. Может предложить модель для описания того или иного процесса.
	Знает: современные методы физико-химического исследования процессов зародышеобразования и роста кристаллов (ЗН-2)	Ответы на вопросы № 11-16 к зачету;	Имеет представление о современных методах физико-химического исследования процессов зародышеобразования и роста кристаллов. Знает их области и пределы применимости. Может предложить набор методов для анализа заданных характеристик.
	Умеет: планировать экспериментальные исследования по изучению процессов зародышеобразования и роста кристаллов (У-1)	Ответы на вопросы № 1-11 к зачету	Может предложить детальный план экспериментального исследования заданного процесса с описанием конкретных методов и методик и ожидаемых результатов

	<p>Умеет: выбирать экспериментальные методы исследования процессов зародышеобразования и роста кристаллов (У-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 11-17 к зачету</p>	<p>Может выбрать набор методов для проведения исследования заданного процесса с оценкой корректности и информативности ожидаемых результатов.</p>
	<p>Владеет: навыками использования физико-химических моделей кристаллизации к решению практических вопросов химии и химической технологии. (Н-1)</p>	<p>Ответы на вопросы № 1-11 17-36 к зачету.</p>	<p>Может физико-химическую выбрать модель описывающую заданный процесс и обосновать выбор.</p>
	<p>Владеет: навыками выбора основных экспериментальных методов исследования процессов зародышеобразования и роста моно- и поликристаллических тел и массовой кристаллизации вещества в жидких средах (Н-2)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы № 11-17 к зачету</p>	<p>Способен представить обоснованный план проведения экспериментального исследования заданных процессов, с оценкой корректности и информативности выбранных методов.</p>

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено», «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

а) Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

1. В чем заключается отличие гомогенной нуклеации от гетерогенной?
2. Каковы общие закономерности гетерогенной нуклеации?
3. Перечислите основные положения теории гомогенной нуклеации.
4. Чем отличается в термодинамическом и кинетическом плане бинодальный распад фаз от спиnodального?
5. Поясните механизм гетерофазных флуктуаций, на котором базируется бинодальный распад фаз.
6. Поясните модель гомогенной флуктуации, на которой базируется спиnodальный распад фаз.
7. Что общего и в чем различия у процессов зародышеобразования в газообразной, жидкой и твердофазной системах?
8. При каком условии реализуется образование критического зародыша из одного нанокластера?
9. Приведите примеры зародышеобразования в системах с пространственными ограничениями, образующими закрытые системы.
10. Постройте зависимость размера (значения диаметра) критического зародыша оксида магния при его образовании вследствие дегидратации гидроксида магния в гидротермальных условиях от температуры и давления.
11. Сравните размеры (значения диаметра) критических зародышей Al_2O_3 , Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , имеющих структуру типа корунда, полученных из соответствующих гидроксидов в температурном интервале 300-600°C.
12. Какие методы физико-химического анализа могут быть использованы для исследования процессов зародышеобразования и кинетики кристаллизации?
13. Метод ИК-спектроскопии
14. Метод динамического светорассеяния.
15. Термические методы анализа
16. Методы рентгеновской дифракции.
17. В чем различие между предзародышевым кластером и критическим зародышем?
18. Что такое наноситок? Какие морфологические типы наноситков могут сформироваться при сворачивании плоских кристаллических слоев?
19. Что больше по размеру: критический зародыш или предзародышевый кластер?
20. В каких средах обнаруживаются нанометровые кластеры?
21. От каких параметров зависит распределение кластеров по размерам?
22. Как зависит поверхностное натяжение от размера частиц?
23. От чего зависит образование метастабильных кластеров определенной формы?
24. Почему разделение механизмов нуклеации на гомогенную и гетерогенную является условным?
25. Чем отличается агрегационный механизм нуклеации от образования зародыша по механизму Оствальда?
26. При каком условии реализуется образование критического зародыша из одного нанокластера?

27. Какими термодинамическими параметрами определяется размер критического зародыша?
28. В каких случаях зависимость энергии Гиббса от размера частицы может иметь два экстремума?
29. При каком механизме кристаллизации можно ожидать с большой вероятностью образования наноструктур типа фазойдов?
30. Как зависит толщина неавтономной фазы от температуры?
31. Находится ли вещество на границе зерен кристаллов одного вида в неавтономном состоянии, и можно ли рассматривать это вещество как неавтономную фазу?
32. При каких условиях можно ожидать, что твердофазная химическая реакция будет проходить в режиме автокаталитической реакции?
33. Перечислите типы пространственных ограничений.
34. Каким условиям должен удовлетворять нанореактор для получения вещества в неавтономном состоянии?
35. Какова зависимость между температурой плавления неавтономной и автономной фаз?
36. Как связаны значения температуры плавления неавтономных фаз и скорости протекания твердофазных химических реакций?

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня, приведенного выше.

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

5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД Порядок проведения зачетов и экзаменов.