

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Шевчик Андрей Павлович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 22.11.2022 13:44:06  
Уникальный программный ключ:  
476b4264da36714552dc83748d2961662babc012



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

Утверждаю  
Проректор по научной работе

\_\_\_\_\_ А.В. Гарабаджиу

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА**

**Научная специальность**  
**1.4.15 Химия твердого тела**

**Подготовка научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

Очная форма обучения

**Санкт-Петербург**

**2022**

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

### РАЗРАБОТЧИКИ

Должность, ученое звание	Подпись	Фамилия, инициалы
доцент кафедры ХНиМЭТ, доцент		Малков А.А.
доцент кафедры ХНиМЭТ, доцент		Захарова Н.В.

Рабочая программа дисциплины «Химия твердого тела» рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ХНиМЭТ протокол № 7 от 7 февраля 2022 г.

Зав. кафедрой ХНиМЭТ

Малыгин А.А.

### СОГЛАСОВАНО

Ответственный за подготовку программы - заведующий кафедрой ХНиМЭТ, профессор		Малыгин А.А.
Ответственный за подготовку программы - доцент кафедры ХНиМЭТ, доцент		Захарова Н.В.
Начальник отдела аспирантуры и докторантуры		Еронько О.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	4
3. Объем дисциплины .....	4
4. Содержание дисциплины.....	5
5. Порядок проведения промежуточной аттестации.....	7
6. Рекомендуемая литература .....	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.....	9
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	9
10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	10
11. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	10

## 1. Перечень планируемых результатов освоения дисциплины

**Цель изучения дисциплины** – углубленное изучение наиболее важных и актуальных теоретических и практических вопросов, охватываемых паспортом специальности **1.4.15 Химия твердого тела**, приобретение навыков использования научных методов и средств для решения теоретических и прикладных задач научной специальности, подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальности «Химия твердого тела».

### Задачи изучения дисциплины:

- углубление и расширение теоретических знаний по химии твердого тела;
- овладение методами и средствами научного исследования в химии твердого тела;
- систематизация знаний в области химии твердого тела;
- подготовка к сдаче кандидатского экзамена по химии твердого тела.

В результате освоения образовательной программы аспирантуры аспирант должен продемонстрировать следующие результаты освоения дисциплины «Химия твердого тела»:

- способность демонстрировать и применять углубленные знания в профессиональной деятельности в области физической химии твердого тела;
- способность адаптировать новое знание в узкопрофессиональной и междисциплинарной деятельности в области физической химии твердого тела;
- способность к самостоятельному построению и аргументированному представлению научной гипотезы;
- свободное владение всеми разделами химии твердого тела, умение ориентироваться в разнообразии методологических подходов.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Химия твердого тела» относится к образовательному компоненту программы аспирантуры и представляет обязательные элективные дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов. Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 и 4 семестрах.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Химия твердого тела» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе аспиранта.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>5/ 180</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>40</b>
Обзорно-установочные лекции и консультации	40
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>104</b>
<b>Форма промежуточной аттестации</b> - кандидатский экзамен (4 сем.)	<b>36</b>

Рабочая программа дисциплины рассчитана на **5 ЗЕТ (180 час.)**, из них около 20% могут составлять аудиторные занятия, включая обзорно-установочные лекции, консультации с преподавателем. Основная часть работы аспиранта является самостоятельной и включает изучение рекомендованной преподавателем литературы, работу с источниками, подготовку к кандидатскому экзамену.

Обзорно-установочные лекции и консультации могут проводиться, в том числе, с использованием дистанционных образовательных технологий, электронного обучения.

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Обзорно-установочные лекции, консультации акад. часы	Самостоятельная работа, акад. часы
1	Химическая модель твердого вещества. Структура кристаллических твердых тел. Электронная теория кристаллов. Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса.	18	50
2	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Физико-химические процессы на поверхности твердых тел и в межфазных слоях.	12	30
3	Физико-химические методы исследования твердых веществ.	10	24

##### 4.2. Обзорно-установочные лекции

№ разд. дисц.	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
1	Специфика химии твердого состояния. Изменение закономерностей, связывающих состав – строение – свойства в ряду: молекула – макромолекула – твердое вещество (надмолекула). Объект химии твердого тела - конденсированные системы. Классификация твердых веществ. Кристаллические твердые тела. Моно-, поли- и нанокристаллическое состояния твердых веществ. Однофазные и гетерофазные кристаллические тела. Классификация твердых веществ по свойствам, определяющим области применения. Идеальный кристалл и операция трансляции. Основные понятия геометрической кристаллографии. Классификация кристаллов по элементам или операциям симметрии. Модель почти свободных электронов в зонной теории. Волновые функции электронов на границе зоны Бриллюэна. Металлы, полупроводники, изоляторы. Термодинамика реальных кристаллов и явления переноса. Стехиометрический кристалл. Дефектная структура кристалла. Доминирующие точечные дефекты. Определение энергии дефектообразования по термохимическим данным и измерению электропроводности.	18

№ разд. дисц.	Наименование тем обзорно-установочных лекций	Объем, акад. часы
2	Кинетика и механизмы гетерогенных процессов. Физико-химические факторы, определяющие механизм и кинетику твердофазных реакций. Хаотическая самодиффузия. Коэффициент самодиффузии. Гетеродиффузия. Уравнение Даркена. Эффекты Френкеля и Киркендала. Направленная диффузия. Реконструкция поверхности. Строение и устойчивость поверхностных состояний. Пространственный приповерхностный заряд. Слои, обогащения, обеднения, инверсии. Электронные процессы при хемосорбции на поверхности полупроводников и ионных кристаллов. Поверхностная проводимость. Низкоразмерные системы. Изменение свойств вещества в межфазных слоях. Термодинамика искривленных поверхностей. Зависимость свободной энергии поверхности и температуры фазовых и релаксационных переходов от размера частиц.	12
3	Общие принципы физико-химических методов анализа. Классификация по природе возбуждающего воздействия и регистрируемых частиц. Абсорбция, эмиссия и рассеяние. Спектроскопия и спектрометрия. Методы изучения кристаллического строения твердых тел. Кристаллооптический анализ. Электронная микроскопия: принципы и возможности сканирующей электронной микроскопии, туннельной электронной микроскопии, электронной микроскопии высокого разрешения. Спектральные методы: колебательная спектроскопия, ИК- и КР- спектры; спектроскопия видимого излучения и УФ-спектроскопия; спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР) и электронного парамагнитного резонанса (ЭПР); ядерная $\gamma$ -резонансная (мессбауэровская) спектроскопия. Методы определения химического состава. Методы исследования поверхности. Исследования термических свойств веществ. Термогравиметрический анализ. Методы исследования ближнего окружения атомов. Рентгеновская абсорбционная спектроскопия (EXAFS, XANES).	10

#### 4.3. Самостоятельная работа аспирантов.

№ разд. дисц.	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
1	Некристаллические и частично кристаллические вещества. Аморфные полупроводники. Жидкие кристаллы. Органические металлы, полупроводники, сверхпроводники. Сегнето-, пьезо-, пирозлектрики. Геометрия кристаллической решетки. Определение плоскостей и направлений в кристаллических структурах. Симметрия. Эффект Холла. Ферромагнетики. Антиферромагнетики. Фотомагнетизм. Строение сложных кристаллов. Цеолиты. Белки. Спиральные кристаллы.	30

№ разд. дисц.	Наименование тем для самостоятельной работы	Объем, акад. часы
2	Высокотемпературная и низкотемпературная сверхпроводимость. Твердые электролиты, ионисторы. Металлооптика. Акустоэлектроника. Упорядочение дефектов и образование сверхструктур. Ассоциаты. Квазихимическое описание взаимодействия дефектов. Электропроводность. Типы носителей. Проводимости и реакционная способность оксидов. Термоэлектрические эффекты в полупроводниках – эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона.	50
3	Аналитические возможности Оже-спектроскопии для анализа профилей распределения элементов по глубине и контроля состава поверхности материалов. Электронно-зондовый анализ морфологии и состава поверхности твердых тел. Анализ строения некристаллических твердых материалов методом спектроскопии EXAFS. Аналитические возможности и особенности пробоподготовки ПЭМ высокого разрешения.	24

## 5. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме кандидатского экзамена в соответствии с избранной специальностью.

Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных результатов обучения по дисциплине и комплектуется вопросами, представленными в программе кандидатского экзамена по научной специальности 1.4.15 Химия твердого тела.

## 6. Рекомендуемая литература

### а) печатные издания

1. Барановский, В.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В.И. Барановский. - Москва: Academia, 2008. - 383 с. - ISBN 978-5-7695-3961-9
2. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8
3. Ермаков, А.И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие для вузов / А.И. Ермаков. - Москва: Юрайт, 2010.– 555 с. - ISBN 978-5-9916-0587-8
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. Суздаев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П.Суздаев. – Изд. 2-е испр. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. – 592 с. - ISBN 978-5-397-00217-2
6. 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
7. Бёккер, Ю. Спектроскопия / Ю. Бёккер.- Москва: Техносфера, 2009.- 528 с.- ISBN 978-5-94836-220-5
8. Грибов, Л.А. Колебания молекул / Л.А. Грибов - Москва: Книжный дом "ЛИБРОКОМ", 2009.- 542 с. - ISBN 978-5-397-00062-8
9. Электрохимические методы исследования в термодинамике металлических систем / А. Г. Морачевский, Г. Ф. Воронин, В. А. Гейдерих, И. Б. Куценко. - М. : Академкнига, 2003. - 334 с.- ISBN 5-94628-064-3
10. Чоркендорф, Иб. Современный катализ и химическая кинетика / И.Чоркендорф, Х. Наймантсведрайт; пер. с англ. В. И. Ролдугина. – Долгопрудный: Издат. Дом «Интеллект», 2010. – 501 с. - ISBN 978-5-91559-044-0

11. Байрамов, В. М. Основы химической кинетики и катализа : учебное пособие / В. М. Байрамов. – М. : Академия, 2003. – 252 с. - ISBN 5-7695-1297-0
12. Бердетт, Дж. Химическая связь / Дж. Бердетт; пер. с англ. А. В. Хачояна. – М.: Мир; М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 245 с. - ISBN 978-5-94774-760-7
13. Корсаков, В. Г. Физическая химия твердого тела / В. Г. Корсаков, М. М. Сычев, С. В. Мьякин. - СПб. : Петерб. гос. ун-т путей сообщения, 2008. - 176 с.- ISBN 978-5-7641-0171-2
14. Буданов, В. В. Химическая кинетика : Учебное пособие // В. В. Буданов, Т. Н. Ломова, В. В. Рыбкин. - Электрон. текстовые дан. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2014. - 288 с. ISBN 978-5-8114-1542-7
15. Третьяков, Ю.Д. Введение в химию твердофазных материалов / Ю.Д. Третьяков, В.И.Путляев. - Москва: Изд-во МГУ, Наука, 2006. - 400 с. - ISBN 5-211-06045-8

#### **б) электронные издания:**

16. Артемов, А.В. Физическая химия: учебник для учреждений высшего профессионального образования / А. В. Артемов - Электрон. текстовые дан. - М. : Академия, 2013. - 288 с.- ISBN 978-5-7695-9550-9 // СПБГТИ(ТУ). Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
17. Каллистер, У. Д. Материаловедение: от технологии к применению (металлы, керамика, полимеры) / У. Д. Каллистер, Д. Дж. Ретвич; пер. с англ. под ред. А. Я. Малкина. - СПб. : НОТ, 2011. - 895 с.- ISBN 978-5-91703-022-7 //Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: по подписке.
18. Афанасьев, Б.Н. Физическая химия: учеб.пособие для вузов / Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. – СПб.: Лань, 2012. – 464 с. -ISBN 978-5-8114-1402-4//Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: по подписке.
19. Горшков, В. И. Основы физической химии: учебник / В. И. Горшков, И. А. Кузнецов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2021. – 407 с.- ISBN 978-5-906828-87-3//Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: по подписке.
20. Барановский, В. И. Квантовая механика и квантовая химия: учебное пособие / В. И. Барановский. - М.: Краснодар : Лань, 2019. - 428 с. - ISBN 978-5-8114-3961-4// Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.02.2022). - Режим доступа: по подписке.

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

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
10. Электронно-библиотечная система "Лань" <http://e.lanbook.com>

#### **8. Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины.**



Методические указания для аспирантов по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

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

Основными условиями правильной организации учебного процесса для аспирантов является:

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

В ходе обзорно-установочных лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.

В ходе лекций аспирантам рекомендуется:

- вести конспектирование учебного материала;
- обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений или процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению;
- задавать преподавателю уточняющие вопросы.

Самостоятельная работа – ключевой аспект освоения аспирантом дисциплины «Физическая химия», основывающийся на понимании материала, излагаемого в ходе обзорно-установочных лекций, самостоятельном поиске, подборе и обработке информации. При этом значительную часть необходимых для освоения курса данных необходимо будет найти в научной литературе.

## **9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **9.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с аспирантом посредством электронно-информационной образовательной среды.

### **9.2. Программное обеспечение.**

Windows XP Starter Edition. (Государственный контракт № 24 от 14.09.2007, срок действия – бессрочно), 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), стандартные компьютерные программы, находящиеся в свободном доступе, в частности, Mathcad 14. Professional, Microsoft Excel, Image J.

### **9.3. Информационные справочные системы.**

База данных “Phase equilibria”.

Электронная база данных термодинамических констант веществ «ТКВ». Доступна онлайн - <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>.

База данных термодинамических величин IvTanThermo.

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Для ведения лекций используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 15 посадочных мест.

Материально-техническое обеспечение дисциплины: доступ к фондам учебных пособий, библиотечным фондам с периодическими изданиями по соответствующим темам, наличие компьютеров, подключенных к сети Интернет и оснащенных средствами медиапрезентаций (медиакоммуникаций).

#### **11. 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 г.