

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»

**СОГЛАСОВАНО**

И.о. декана ФСТ  
Кустов

С.Л.

## **Рабочая программа дисциплины**

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.7 «Физико-химическое материаловедение наноструктурных материалов»**

Код и наименование направления подготовки (специальности): **16.03.01  
Техническая физика**

Направленность (профиль, специализация): **Физико-химическое материаловедение**

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений**

Форма обучения: **очная**

<b>Статус</b>	<b>Должность</b>	<b>И.О. Фамилия</b>
Разработал	доцент	А.В. Векман
Согласовал	Зав. кафедрой «Ф»	С.Л. Кустов
	руководитель направленности (профиля) программы	М.Д. Старостенков

г. Барнаул

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор	Содержание индикатора
ПК-1	Способен к поиску научно-технической информации в избранной области технической физики и постановке задачи исследований	ПК-1.1	Выявляет сущность научно-технических проблем и осуществляет постановку задачи с применением физико-математического аппарата
		ПК-1.2	Применяет методы поиска и изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в избранной области технической физики
ПК-3	Способен формировать аналитические отчеты по результатам расчетно-экспериментальных работ и оформлять научно-техническую документацию	ПК-3.3	Способен оформлять отчеты и презентации, готовить доклады с помощью современных информационных технологий
ПК-4	Способен применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы компьютерного моделирования в профессиональной деятельности	ПК-4.2	Применяет теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований для решения задач в области технической физики

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Высшая математика, Материаловедение, Физика, Физика конденсированного состояния
Дисциплины (практики), для которых результаты освоения данной дисциплины будут необходимы, как входные знания, умения и владения для их изучения.	Механические и физические свойства материалов, Физика наноструктур

## 3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Общий объем дисциплины в з.е. /час: 7 / 252

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	52	0	36	164	107

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**Форма обучения: очная**

**Семестр: 7**

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: Зачет

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
32	0	16	60	57

**Лекционные занятия (32ч.)**

**1. Методы поиска и изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта. Квантово-механическая теория строения комплексных соединений. Химическая связь и электронное строение твердых веществ. Зонная структура кристаллов. {беседа} (6ч.) [3,4]** Метод валентных связей. Гибридизация атомных орбиталей (ММО) и структура комплексов. Приближение кристаллического поля. Типы химической связи в твердом теле. Ван-дер-Ваальсовое взаимодействие в молекулярных кристаллах, клатраты. Ионная модель строения кристаллов, константа Маделунга, энергия ионной решетки. Образование зон в результате перекрывания орбиталей. Уровень Ферми. Химический потенциал. Заселенность зон, ее влияние на электрофизические свойства кристаллов. Валентная зона, запрещенная зона, зона проводимости. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Общие представления о методах расчета зонной структуры кристаллов. Границы применимости зонной модели.

**2. Теория фазовых превращений. Механизмы фазовых переходов. (4ч.) [3,4]** Термодинамическая классификация фазовых переходов. Стабильные и метастабильные фазы. Представление фазовых переходов на диаграммах состояния. Структурные изменения при фазовых переходах. Изменения структуры с ростом температуры и давления. Кинетика фазовых переходов. Общая скорость превращения, уравнение Авраами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок. Несоразмерные фазы. Некристаллическое состояние и фазовые переходы в стеклах.

**3. Выявление сущности научно-технических проблем и постановка задачи исследований. Теоретический основы кристаллизации и стеклования. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (6ч.) [3,4]** Механизм и кинетика кристаллизации. Самопроизвольное (спонтанное) и гетерогенное образование и

рост зародышей. Влияние размеров зерен на свойства материалов. Полиморфные превращения. Неравновесная кристаллизация. Классификация аморфных тел. Оценка склонности к стеклованию.

Термодинамика и кинетика стеклования. Сравнение стеклования с кристаллизацией. Структура стекол.

**4. Поверхностные свойства и явления. Термодинамика поверхностных явлений. Теоретические и экспериментальные методы исследования поверхностной энергии твердых тел. Сорбция: адсорбция и абсорбция.(8ч.)[3,4]** Электронные свойства поверхности. Поверхностная динамика решетки. Объемная диффузия вблизи поверхности и поверхностная диффузия. Поверхностное плавление. Электроповерхностные явления. Оптические свойства поверхности. Избыточные термодинамические функции. Термодинамическое уравнение Гиббса для поверхности раздела фаз. Состав поверхности, сегрегация в приповерхностных слоях. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз. Связь поверхностного натяжения с объемными свойствами веществ. Сорбент и сорбат. Физическая адсорбция, хемосорбция. Величина адсорбции. Влияние характера поверхности на протекание адсорбционных процессов. Практическое использование адсорбции. Системы с фрактальной размерностью.

**5. Выявление сущности научно-технических проблем и постановка задачи исследований с применением физико-математического аппарата. Химические равновесия в гомогенных и гетерогенных системах. Химические реакции твердых веществ. Кинетика образования и роста зародышей. Химические реакции с участием различных фаз.(8ч.)[3,4]** Гомогенные и гетерогенные системы. Химический потенциал. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Равновесия в многокомпонентных системах. Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций с участием твердых тел. Общие закономерности гетерогенных химических процессов с участием твердых тел. Термодинамика формирования новой фазы. Классификация химических гетерогенных процессов с участием твердых фаз. Термическое разложение твердых фаз. Распад твердых растворов. Реакции твердая фаза-твердая фаза, твердая фаза-газ, твердая фаза-жидкость. Основные факторы, влияющие на реакционную способность твердых тел. Роль примесей и дефектов. Химические реакции на поверхности. Способы повышения реакционной способности твердых тел.

### **Практические занятия (16ч.)**

**1. Применение физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований. Химическая связь и электронное строение твердых тел. Зонная теория твердых тел.(6ч.)[5,7]** Метод валентных связей. Гибридизация атомных орбиталей. Приближение кристаллического поля.

Энергия ионной решетки. Уровень Ферми и химический потенциал. Расчет

зонной структуры кристаллов.

**2. Фазы в металлических сплавах. Изучение двойных диаграмм состояния. Диаграммы состояния бинарных сплавов. Атомный порядок в твердых растворах. Параметры порядка. Корреляционные функции и флуктуации. {работа в малых группах} (4ч.)[5,7]** Изучение фазовых переходов на диаграммах состояния. Изменения структуры с ростом температуры и давления. Расчет скорости фазового превращения. Переходы типа порядок-беспорядок.

**3. Структура поверхности и структурные дефекты. Сорбционные процессы. Объёмная диффузия вблизи поверхности и поверхностная диффузия. Электронные свойства поверхности. Оптические свойства поверхности(4ч.)[5,7]** Поверхностная динамика решетки. Поверхностная диффузия и плавление. Отражение и преломление на поверхности. Сегрегация в приповерхностных слоях. Поверхностное натяжение и свободная энергия поверхностей раздела фаз.

**4. Применение физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований. Тепловые характеристики металлов и оксидов {работа в малых группах} (2ч.)[5,7]** Изменение теплоемкости. Характеристическая температура Дебая

#### Самостоятельная работа (60ч.)

**1. Подготовка к лекционным занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (20ч.)[3,4,6,8]**

**2. Подготовка к практическим занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (12ч.)[3,5,7]**

**3. Подготовка к текущему контролю успеваемости {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (8ч.)[3,4,5,7]**

**4. Подготовка реферата {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (12ч.)[2,3,4,5,6,7,8]**

**5. Подготовка к промежуточной аттестации (зачету) {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (8ч.)[3,4,5,7]**

#### Семестр: 8

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 4 / 144

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
20	0	20	104	50

#### Лекционные занятия (20ч.)

**7. Методы поиска и изучения научно-технической информации,**

**отечественного и зарубежного опыта. Технологические процессы получения наночастиц. Физико-химические свойства наночастиц. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (10ч.)[3,4]** Особенности процессов переноса заряда в наноструктурных материалах. Электропроводность наноразмерных материалов. Магнитные свойства наноматериалов. Влияние размерных факторов на намагниченность и на температуру Кюри. Суперпарамагнетизм в нанодисперсных системах. Диффузионные свойства наносистем. Диффузия в порошковых наноматериалах. Диффузия в объемных наноструктурных средах. Теплоемкость наноматериалов. Решёточная теплопроводность в нанодисперсных материалах. Изменение температура Дебая в наноструктурных средах. Химические свойства наночастиц. Проявление размерного эффекта в химических процессах. Кинетика гетерогенных реакций. Каталитические свойства наночастиц.

**10. Выявление сущности научно-технических проблем и постановка задачи исследований. Наночастицы - инновационные технологии будущего. Термодинамика наночастиц.(10ч.)[3,4]** Нанообъекты в твердом веществе, жидкостях и газах. Особенности наноструктурного состояния вещества. Особые физические, химические и биологические свойства наночастиц. Идеальная и реальная структура наночастиц. Классификация наночастиц. Размерные зависимости свойств наночастиц. Реконструкция и релаксация поверхностей в наноструктурах. Поверхностная энергия наночастиц. Связь поверхностного натяжения с размером частиц. Химический потенциал как функция кривизны поверхности. Процесс Оствальда. Механизмы, приводящие к уменьшению поверхностной энергии. Термодинамика образования наночастиц. Критический размер зародыша новой фазы. Скорость зародышеобразования. Модели изотермической кластеризации. Самоорганизация наночастиц.

#### **Практические занятия (20ч.)**

**4. Применение физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований. Тепловые характеристики металлов и оксидов {работа в малых группах} (2ч.)[5,7]** Коэффициенты объемного и линейного расширения твердых тел

**5. Применение физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Твердофазные реакции. Факторы, влияющие на их протекание. Химические реакции на поверхности.(4ч.)[5,7]** Химическое равновесия в многокомпонентных системах. Термодинамические оценки возможности прохождения химических реакций. Термическое разложение твердых фаз. Распад твердых растворов.

**6. Классификация нанообъектов. Соотношение площадей поверхностей нанообъектов различной формы и их объемов.(4ч.)[6,8]** Структура наночастиц. Классификация наночастиц.

**7. Электронное строение наночастиц. Поведение электронной подсистемы в наноматериалах. Относительная роль физических и химических связей и**



**взаимодействий применительно к наночастицам.(4ч.)[6,8]** Электронные свойства поверхности наночастиц. Фононы. Электроповерхностные явления.

**8. Применение физико-математического аппарата, теоретических, расчетных и экспериментальных методов исследований. Термодинамика явлений в наносистемах. Квазиравновесие в наносистемах. Формула Томсона и границы ее применимости. Кинетика процессов в наноразмерных системах. Порядок и скорость реакций в наночастицах. {творческое задание} (4ч.)[6,8]** Реконструкция и релаксация поверхностей в наноструктурах. Поверхностная энергия наночастиц. Теплоемкость наноматериалов. Решёточная теплопроводность в нанодисперсных материалах. Изменение температура Дебая в наноструктурных средах.

**9. Парамагнетизм и диамагнетизм. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Магнитный резонанс.(2ч.)[6,8]** Электропроводность наноразмерных материалов. Магнитные свойства наноматериалов. Температура Кюри нанобъектов.

#### **Курсовые работы (30ч.)**

**1. Формирование аналитических отчетов по результатам расчетно-экспериментальных работ, оформление научно-технической документации. Выполнение курсовой работы {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (30ч.)[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11]**  
Выполнение курсовой работы по заданной теме

#### **Самостоятельная работа (104ч.)**

**1. Подготовка к лекционным занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (15ч.)[3,4]**

**2. Подготовка к практическим занятиям {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (15ч.)[5,6,7,8]**

**3. Подготовка к текущему контролю успеваемости {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (8ч.)[3,4,5,6,7,8]**

**4. Выполнение курсовой работы {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (30ч.)[1,2]**

**5. Подготовка к промежуточной аттестации {с элементами электронного обучения и дистанционных образовательных технологий} (36ч.)[3,4,5,6,7,8]**

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

Для каждого обучающегося обеспечен индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечным системам: Лань, Университетская

библиотека он-лайн, электронной библиотеке АлтГТУ и к электронной информационно-образовательной среде:

1. Андрухова, О. В. Лабораторный практикум по физическому материаловедению : учебно-методическое пособие для студентов направления "Техническая физика" : Часть 1. / О. В. Андрухова, Т. М. Жуковская, Л. В. Науман. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2012. – 72 с.  
<http://elib.altstu.ru/eum/download/of/andruhova-fm.pdf>

2. Андрухова О.В., Векман А.В. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Физико-химические основы материаловедения твердых тел и наночастиц» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» / Разраб. и сост.: О.В. Андрухова, А.В. Векман – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2021. – 31 с  
Прямая ссылка: <http://elib.altstu.ru/eum/download/of/fhom-kr.pdf>

## 6. Перечень учебной литературы

### 6.1. Основная литература

3. Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – 2-е изд., испр. – Москва : Физматлит, 2009. – 416 с. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859>. – ISBN 978-5-9221-0582-8. – Текст : электронный.

### 6.2. Дополнительная литература

4. Наноструктурные материалы / ред. Р. Ханнинк, А. Хилл ; пер. А. А. Шустиков. – Москва : РИЦ Техносфера, 2009. – 488 с. – (Мир материалов и технологий). – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=115678>. – ISBN 978-5-94836-221-2. – Текст : электронный.

5. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. – М.: Бином, 2011. – 400 с. (6 экз.)

6. Рамбиди, Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий : [16+] / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. – Москва : Физматлит, 2009. – 455 с. : ил. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76611>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9221-0988-8. – Текст : электронный.

7. Кульбачинский, В. А. Физика наносистем / В. А. Кульбачинский. – Москва : Физматлит, 2022. – 768 с. : ил., табл, схем. – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=687716> . – ISBN 978-5-9221-1913-9. – Текст : электронный.

8. Верещагина, Я. А. Инновационные технологии. Введение в нанотехнологии : учебное пособие / Я. А. Верещагина. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2009. — 115 с.  
Прямая ссылка: <http://www.iprbookshop.ru/61850.html>



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

9. <https://sites.google.com/site/nanolab400/elektronnyj-obucausij-resurs>

10. <http://www.materialscience.ru>

11. <http://materialu-adam.blogspot.com>

## 8. Фонд оценочных материалов для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Содержание промежуточной аттестации раскрывается в комплекте контролирующих материалов, предназначенных для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, которые хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном виде и в ЭИОС.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) по дисциплине представлен в приложении А.

## 9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Для успешного освоения дисциплины используются ресурсы электронной информационно-образовательной среды, образовательные интернет-порталы, глобальная компьютерная сеть Интернет. В процессе изучения дисциплины происходит интерактивное взаимодействие обучающегося с преподавателем через личный кабинет студента.

№пп	Используемое программное обеспечение
1	LibreOffice
2	Windows
3	Антивирус Kaspersky

№пп	Используемые профессиональные базы данных и информационные справочные системы
1	Бесплатная электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам" для студентов и преподавателей; каталог ссылок на образовательные интернет-ресурсы ( <a href="http://Window.edu.ru">http://Window.edu.ru</a> )
2	Национальная электронная библиотека (НЭБ) — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. Содержит коллекции оцифрованных документов (как открытого доступа, так и ограниченных авторским правом), а также каталог изданий, хранящихся в библиотеках России. ( <a href="http://нэб.рф/">http://нэб.рф/</a> )

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения учебных занятий
помещения для самостоятельной работы

Материально-техническое обеспечение и организация образовательного процесса по дисциплине для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с «Положением об обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья».