

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

СОГЛАСОВАНО

Декан ФСТ

С.В. Ананьин

Рабочая программа дисциплины

Код и наименование дисциплины: **Б1.В.5 «Физико-химические основы материаловедения твердых тел и наночастиц»**

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

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

Статус дисциплины: **часть, формируемая участниками образовательных отношений (вариативная)**

Форма обучения: **очная**

Статус	Должность	И.О. Фамилия
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 планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции из УП и этап её формирования	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию	методы организации научно-исследовательской и инженерно-технической деятельности; принципы работы с научно-технической литературой	планировать проведение научного эксперимента; использовать возможности поиска информации литературы в библиотеках и сети интернет	навыками организации научных исследований; навыками проведения инженерно-технических расчетов
ОПК-3	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	основные законы и модели классической и современной физики; возможности и области применения физико-технического оборудования для проведения исследований в том числе; задачи и содержание основных этапов технологической подготовки производства; структуру нормативного обеспечения машиностроительного производства; методы теоретических и экспериментальных исследований в физике и материаловедении; методы математического исследования физико-технических процессов и систем	применять законы физики в своей профессиональной деятельности; проводить исследования в избранной области, учитывая современные тенденции развития технической физики; осуществлять выбор оборудования и методик для решения конкретных задач; эксплуатировать современную физическую аппаратуру и оборудование; использовать методы математического исследования физико-технических процессов систем; использовать методы теоретического и экспериментального исследования для решения научно-технических задач.	навыками теоретического и экспериментального исследования; навыками проведения эксперимента и обработки его результатов
ПК-12	готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических	современные наукоемкие технологии в различных областях	принимать и обосновывать технические решения при	навыками принятия технических решений при разработке

Код компетенции из УП и этап её формирования	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
		знать	уметь	владеть
	процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований	технической физики; экономические и экологические требования к технологическим процессам, в том числе ...	разработке технологических процессов и изделий; разрабатывать и внедрять современные технологии в различных областях технической физики	технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований
ПК-4	способностью применять эффективные методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов, проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий с использованием современных аналитических средств технической физики	методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов; методы проведения стандартных и сертификационных испытаний	проводить исследования физико-технических объектов, процессов и материалов; проводить стандартные и сертификационные испытания технологических процессов и изделий	навыками исследования физико-технических объектов, процессов и материалов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), предшествующие изучению дисциплины, результаты освоения которых необходимы для освоения данной дисциплины.	Математика, Физика, Физика конденсированного состояния, Физические основы материаловедения
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 нанотехнологий и наноразмерных структур, Физика поверхности и границ раздела, Физико-химические основы материаловедения наноструктурированных материалов

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: 9 / 324

Форма обучения	Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
очная	46	0	70	208	138

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: 4.25 / 160

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
34	0	34	92	78

Лекционные занятия (34ч.)

1. Самообразование в области теоретических и экспериментальных исследований в материаловедении. 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. Теоретические и экспериментальные исследования в материаловедении. 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 Аврами. Факторы, влияющие на кинетику фазовых переходов. Мартенситные превращения. Переходы типа порядок-беспорядок. Несоразмерные фазы. Некристаллическое состояние и

фазовые переходы в стеклах.

3. 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 энергия твердых тел. Сорбция: адсорбция и абсорбция.(10ч.)[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. 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 (34ч.)

1. Химическая связь и электронное строение твердых тел. Зонная теория твердых тел.(12ч.)[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} (8ч.)[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(12ч.)[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. Тепловые характеристики металлов и оксидов {работа в малых группах} (2ч.)[5,7] Изменение теплоемкости. Характеристическая температура Дебая

Самостоятельная работа (92ч.)

1. Подготовка к лекционным занятиям(21ч.)[3,4,6,8]

2. Подготовка к практическим занятиям(32ч.)[3,5,7]

3. Подготовка к текущему контролю успеваемости(12ч.)[3,4,5,7]

4. Подготовка к экзамену, сдача экзамена(27ч.)[3,4,5,7]

Семестр: 8

Объем дисциплины в семестре з.е. /час: 4.75 / 164

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Виды занятий, их трудоемкость (час.)				Объем контактной работы обучающегося с преподавателем (час)
Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа	
12	0	36	116	60

Лекционные занятия (12ч.)

6. Принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований. Наночастицы - инновационные технологии будущего. Термодинамика наночастиц.(6ч.)[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.

7. Технологические процессы получения наночастиц. Методы исследования физико-технических объектов, процессов и материалов. Физико-химические свойства наночастиц. {лекция с разбором конкретных ситуаций} (6ч.)[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. Решётчатая теплопроводность в нанодисперсных материалах. Изменение температуры Дебая в наноструктурных средах. Химические свойства наночастиц. Проявление размерного эффекта в химических процессах. Кинетика гетерогенных реакций. Каталитические свойства наночастиц.

Практические занятия (36ч.)

4. Тепловые характеристики металлов и оксидов {работа в малых группах} (2ч.)[5,7] Коэффициенты объемного и линейного расширения твердых тел

5. Химическое равновесие в гомогенных и гетерогенных системах.

Твердофазные реакции. Факторы, влияющие на их протекание.

Химические реакции на поверхности.(10ч.)[5,7] Химический потенциал. Химическое равновесие 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.(8ч.)[6,8] Электронные свойства поверхности наночастиц. Фононы. Электроповерхностные явления.

8. 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} (8ч.)[6,8] Реконструкция и релаксация поверхностей в наноструктурах. Поверхностная энергия наночастиц. Теплоемкость наноматериалов. Решётчатая теплопроводность в нанодисперсных материалах. Изменение температуры Дебая в наноструктурных средах.

9. Парамагнетизм и диамагнетизм. Ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Магнитный резонанс.(4ч.)[6,8] Электропроводность наноразмерных материалов. Магнитные свойства наноматериалов. Температуру Кюри нанобъектов.

Самостоятельная работа (116ч.)

- 1. Подготовка к лекционным занятиям(10ч.)[3,4]**
- 2. Подготовка к практическим занятиям(32ч.)[5,6,7,8]**
- 3. Подготовка к текущему контролю успеваемости(8ч.)[3,4,5,6,7,8]**
- 4. Выполнение курсовой работы(30ч.)[2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]**
- 5. Подготовка к экзамену, сдача экзамена(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., Жуковская Т.М., Науман Л.В. Физическое материаловедение. Лабораторный практикум (часть 1) Учебно-методическое пособие: для студентов всех форм обучения./ Разраб. и сост. 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. Рыжонков, Д.И. Наноматериалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.И. Рыжонков, В.В. Лёвина, Э.Л. Дзидзигури. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2017. — 368 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94117>. — Загл. с экрана.

6.2. Дополнительная литература

4. Андриевский Р.А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы: монография. – М.: "Лаборатория знаний", 2017. – 255

с. Доступ из ЭБС «Лань». <https://e.lanbook.com/book/94128>

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

6. Андриевский Р. А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Академия, 2005. – 192 с. (12 экз.)

7. Егоров-Тисменко Ю.К.. Кристаллография и кристаллохимия. – М.: Изд-во Книжный дом "Университет", 2010. – 532 с. (6 экз.)

8. Меньшутина, Н. В. Введение в нанотехнологию. – Калуга: Изд-во науч. лит. (Бочкарева Н. Ф.), 2006. – 131 с. (10 экз.)

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://materials.ucoz.ru>

12. <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	Windows
2	Microsoft Office
3	Opera
4	LibreOffice
5	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 (http://Window.edu.ru)
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. (http://нэб.рф/)

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

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа
учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа
учебные аудитории для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ)
учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций
учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации
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».