

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	2	72	18	18	0	36	0	З
8	3	108	17	17	0	38	0	Э
Итого	5	180	35	35	0	35	74	

АННОТАЦИЯ

В курсе изучаются современные методы исследования физических свойств твердого тела и их зависимость от структуры и состава реальных объектов. Рассмотрены методы структурного анализа с помощью электронных, ионных, нейтронных пучков и рентгеновского излучения (в частности, растровая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, нейтронография, технология фокусированных ионных пучков, оже-электронная спектроскопия, сканирующая туннельная и атомно-силовая микроскопия). Приведены методы исследования электрических, магнитных, тепловых и оптических свойств твердого тела. Особое внимание уделено основным конструктивным особенностям аппаратуры для реализации вышеназванных методов анализа.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Показать особенности современных экспериментальных методов исследования физических свойств, структуры, элементного состава твердого тела и сплавов.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данная дисциплина относится к числу основных. Для изучения дисциплины требуется знание высшей математики в соответствии с основными разделами курса «Математика» в университетском объеме, знание основ физики в соответствии с курсами «Физика», «Статистическая физика», «Квантовая механика», «Атомная физика», «Ядерная физика», «Основы электротехники и электроники», знание экспериментального оборудования, дающееся в лабораториях кафедр общей физики.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
проведение научных и аналитических исследований по	математические модели, методы исследования и	ПК-1 [1] - Способен использовать научно-техническую	З-ПК-1[1] - знать отечественный и зарубежный опыт по

<p>отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых</p>	<p>разработок, компьютерные программы, результаты исследования</p>	<p>информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области, ; У-ПК-1[1] - уметь использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и информационные ресурсы в своей предметной области; В-ПК-1[1] - владеть современными компьютерными технологиями и методами использования информационных ресурсов в своей предметной области</p>
--	--	---	---

<p>процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной</p>	<p>математические модели, методы исследования и разработок, компьютерные программы, результаты</p>	<p>ПК-2 [1] - Способен проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов</p>

<p>области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в</p>	<p>исследования</p>	<p>автоматизированного проектирования и исследований</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>автоматизированного проектирования и исследований; ; У-ПК-2[1] - уметь использовать методы математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;; В-ПК-2[1] - владеть навыками математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;</p>
--	---------------------	---	---

<p>предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными</p>	<p>математические модели, методы исследования и разработок, компьютерные программы, результаты исследования</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчетов, анализу результатов и подготовке научных публикаций</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных</p>

<p>планами и методиками исследований; проведение фундаментальных и прикладных математических и физических исследований, направленных на решение инженерных, технических и информационных задач; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении</p>		<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией</p>
---	--	--	--

<p>полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок; создание программ и комплексов программ на базе стандартных пакетов для выполнения расчетов в рамках математических моделей, участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок.</p>			
<p>участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей; выбор методов и подходов к решению поставленной научной проблемы, формулировка математической модели явления, аналитические и</p>	<p style="text-align: center;">проектный</p> <p>компьютерные алгоритмы и программы, техническая документация</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен к расчету и проектированию элементов систем в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-4[1] - знать типовые методики планирования и проектирования систем ; У-ПК-4[1] - уметь использовать стандартные средства автоматизации проектирования;; В-ПК-4[1] - владеть методами расчета и проектирования деталей и узлов</p>

<p>численные расчеты; изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования, сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; разработка проектной и рабочей технической документации: плана работ, технического задания и научно-технического отчета.</p>			<p>приборов и установок в соответствии с техническим заданием, требованиями безопасности и принципами CDIO</p>
<p>производственно-технологический</p>			
<p>сбор и анализ информационных источников и исходных данных для планирования и разработки исследовательских проектов; участие в модернизации существующих, разработке и внедрении новых методов контроля качества материалов, производственно-технологических процессов и готовой продукции в квалифицированное использование исходных данных, материалов, оборудования, методов</p>	<p>техническое задание, текущие рабочие материалы и документация по проекту</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к монтажу, наладке, настройке, регулировке, испытанию и сдаче в эксплуатацию оборудования и программных средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-7[1] - Знать требования стандартов при проведении монтажа, наладки, настройки, регулировки, испытаний оборудования и программных средств. ; У-ПК-7[1] - Уметь проводить монтаж, наладку, настройку, регулировку, испытание оборудования и программных средств; В-ПК-7[1] - Владеть навыками монтажа, наладки, настройки, регулировки, испытания и ввода в эксплуатацию оборудования и программных средств</p>

<p>математического и физического моделирования производственно-технологических процессов и характеристик наукоемких технических устройств и объектов, включая использование алгоритмов и программ расчета их параметров; контроль соответствия выполненных работ требованиям технического задания и соотношения получаемых результатов с известными мировыми разработками и образцами в данной области исследований. составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование и т.п.), а также установленной отчетности по утвержденным формам.</p>			
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
-----------------------------	-------------------------	------------------------------------

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>7 Семестр</i>							
1	Часть 1	1-8	9/9/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Часть 2	9-16	9/9/0		25	КИ-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2,

							3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		18/18/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>8 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	9/9/0		25	КИ-8	3-ПК-1,

							У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Часть 2	9-15	8/8/0		25	КИ-15	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4,

							3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		17/17/0		50		
	Контрольные мероприятия за 8 Семестр				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	18	18	0
1-8	Часть 1	9	9	0
1	Тема 1 Предмет изучения физики твердого тела. Основы методов экспериментальной физики. Классификация экспериментальных методов физики твердого тела.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
2	Тема 2 Плотность твердых тел. Экспериментальные методы измерения плотности твердого тела.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
3 - 4	Тема 3 Теплоемкость. Закон Дюлонга-Пти. Квантовые теории теплоемкости (теория Эйнштейна, модель Дебая). Теплоемкость реальных металлов и сплавов.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
5 - 6	Тема 4 Основы термического и калориметрического анализов. Дифференциальная и импульсная калориметрия. Аппаратура и применение термического анализа и методов калориметрии.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
7 - 8	Тема 5 Основные закономерности и методы исследования теплового расширения тел. Применение дилатометрии.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
9-16	Часть 2	9	9	0
9 - 10	Тема 6 Теплопроводность. Основные определения и зависимости. Стационарные и нестационарные методы измерения теплопроводности и температуропроводности твердых тел.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
11	Тема 7 Термоэлектрические свойства твердых тел. Методы измерения термоЭДС и их применение.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
12 - 13	Тема 8 Электропроводность твердых тел. Факторы, влияющие на электропроводность. Экспериментальные методы определения электрического сопротивления.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
14 - 15	Тема 9 Магнитные явления в веществах. Классификация веществ по магнитным свойствам. Методы измерения магнитной восприимчивости, коэрцитивной силы, остаточной индукции и магнитострикции.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
16	Тема 10 Оптические методы исследования структуры твердого тела. Оптический диапазон. Области применения. Оптическая микроскопия.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
0	0	0	0	
	<i>8 Семестр</i>	17	17	0
1-8	Часть 1	9	9	0
1 - 3	Тема 1 Исследование кристаллов при помощи дифракции	Всего аудиторных часов		
		3	3	0

	рентгеновского излучения. Формула Вульфа-Брэгга. Свойства рентгеновского излучения, методы получения и регистрации.	Онлайн	0	0	0
4 - 5	Тема 2 Дифракция нейтронов и электронов в структурном анализе. Особенности нейтронографии и электронографии. Аппаратура и измерения рассеяния нейтронов и электронов кристаллами.	Всего аудиторных часов	3	3	0
		Онлайн	0	0	0
6 - 7	Тема 3 Просвечивающая электронная микроскопия. Абберации электронной оптики, контраст в изображении, разрешающая способность и глубина фокуса просвечивающего электронного микроскопа.	Всего аудиторных часов	2	2	0
		Онлайн	0	0	0
8	Тема 4 Растровая (сканирующая) электронная микроскопия. Особенности и применение сканирующего электронного микроскопа.	Всего аудиторных часов	1	1	0
		Онлайн	0	0	0
9-15	Часть 2		8	8	0
9	Тема 5 Гамма-резонансная спектроскопия. Эффект Мессбауэра. Энергия отдачи. Особенности экспериментального применения мессбауэровской спектроскопии.	Всего аудиторных часов	2	2	0
		Онлайн	0	0	0
10	Тема 6 Физические основы Оже-электронной спектроскопии. Электронные спектры в ОЭС. Использование метода ОЭС в исследовании твердого тела.	Всего аудиторных часов	1	1	0
		Онлайн	0	0	0
11 - 14	Тема 7 Сканирующая зондовая микроскопия. Задачи, методы и особенности СЗМ. Физические основы сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. Аппаратура и применение методов сканирующей зондовой микроскопии в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела.	Всего аудиторных часов	4	4	0
		Онлайн	0	0	0
15	Тема 8 Технология фокусированных ионных пучков. Физические основы, принцип действия и применение технологии ФИП.	Всего аудиторных часов	1	1	0
		Онлайн	0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются презентации, обсуждения последних научных работ, новые модели в физике конденсированного состояния. Обязательным условием успешного освоения дисциплины является самостоятельная работа студентов, выполнение индивидуальных заданий, работа с литературой.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-4	З-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-4	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать

			теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н99 Solid-State Physics : An Introduction to Principles of Materials Science, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009
2. ЭИ Ш51 Вакуумная техника. Концепция разреженного газа : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. ЭИ С50 Сборник задач по физике конденсированного состояния : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 539.2 Г95 Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие для вузов, Москва: Техносфера, 2012
5. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
6. 539.2 Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : лабораторный практикум, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
7. ЭИ Ф50 Физические основы методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2014

8. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

9. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.3 Методы исследования структурно-фазового состояния материалов, Н. В. Волков [и др.], Москва: МИФИ, 2008

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , : МИФИ, 2007

2. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.2 Основы материаловедения, , : МИФИ, 2007

3. 669 Л55 Физические свойства металлов и сплавов : Учебник для вузов, Б. Г. Лившиц, В. С. Крапошин, Я. Л. Линецкий, М.: Металлургия, 1980

4. 548 К82 Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : Учеб. пособие для вузов, Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н., М.: Металлургия, 1982

5. 539.2 К45 Введение в физику твердого тела : , Ч. Киттель , М.: МедиаСтар, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Студенты должны твердо усвоить основные понятия, относящиеся к современным методам анализа физических свойств твердого тела и сплавов и их зависимости от структуры и состава реальных объектов. Изучить методы определения физических свойств твердого тела: плотность (пикнометрия), термическое расширение (дилатометрия), теплоемкость (методы калометрического и термического анализов), теплопроводность и температуропроводность, электропроводность, термоэлектрические свойства, магнитные свойства, а также методы структурного анализа с помощью электронных, нейтронных пучков и рентгеновского излучения. Необходимо ознакомиться с основными принципами работы, конструктивными особенностями и элементами аппаратуры для реализации вышеназванных методов анализа.

При изучении курса «Экспериментальные методы физики твёрдого тела» студенты должны знать основные физические характеристики конденсированного состояния вещества, определяющие свойства твердых тел. Необходимо освоить основные элементы

кристаллографического анализа, уметь различать основные типы кристаллических структур по соотношению длин и направлений основных векторов элементарных ячеек. Уметь чётко определять направления и плоскости в кубических кристаллах. Понимать природу межатомных и межмолекулярных взаимодействий, определяющих классификацию кристаллов по типам химической связи.

Необходимо глубоко разобраться в процессах взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Понимать физические причины рассеяния и поглощения рентгеновского излучения. Отличать комбинированные явления неупругого и аномального рассеяния. Иметь чёткое представление о физических явлениях, лежащих в основе рентгеноструктурного анализа.

При изучении метода просвечивающей электронной микроскопии студенты должны понимать оптическую схему микроскопа, физические принципы действия элементов формирования электронного пучка, знать особенности режимов дифракции и изображения (светлопольного и темнопольного). Иметь представление об абберациях электронной оптики, контрасте в изображении, разрешающей способности и глубине фокуса просвечивающего электронного микроскопа.

Студенты должны изучить физические основы Оже-электронной спектроскопии, овладеть методами извлечения информации о свойствах твердого тела из электронных спектров. Следует детально разобраться в природе эффекта Мессбауэра, иметь понятие об энергии отдачи, понимать особенности экспериментального применения гамма-резонансной спектроскопии.

При изучении методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела следует понимать физические принципы сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии, иметь представление о задачах, аппаратуре и особенностях применения методов сканирующей зондовой микроскопии, способах формирования и исследования наноструктур с использованием технологии фокусированных ионных пучков.

Интерактивная форма занятий может включать кратковременный внутрисеместровый контроль усвоения знаний по читаемому курсу в форме решения несложных задач или ответов на достаточно простые вопросы по пройденному материалу.

Активная форма освоения дисциплины предполагает, в частности, что студенты часть материала прорабатывают самостоятельно.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Необходимо дать студентам возможность усвоить основные понятия, относящиеся к современным методам анализа физических свойств твердого тела и сплавов и их зависимости от структуры и состава реальных объектов. Рассмотреть методы определения физических свойств твердого тела: плотность (пикнометрия), термическое расширение (дилатометрия), теплоемкость (методы калометрического и термического анализов), теплопроводность и температуропроводность, электропроводность, термоэлектрические свойства, магнитные свойства, а также методы структурного анализа с помощью электронных, нейтронных пучков и рентгеновского излучения. Должны быть объяснены основные принципы работы, конструктивные особенности и элементы аппаратуры для реализации вышеназванных методов анализа.

Необходимо описать основные физические характеристики конденсированного состояния вещества, определяющие свойства твердых тел. Следует ознакомить студентов с основными элементами кристаллографического анализа, научить различать основные типы кристаллических структур по соотношению длин и направлений основных векторов элементарных ячеек, определять направления и плоскости в кубических кристаллах. Дать представление о природе межатомных и межмолекулярных взаимодействий, определяющих классификацию кристаллов по типам химической связи.

Необходимо детально рассмотреть процессы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом. Разъяснить физические причины рассеяния и поглощения рентгеновского излучения. Показать отличие комбинированных явлений неупругого и аномального рассеяния. Дать четкое представление о физических явлениях, лежащих в основе рентгеноструктурного анализа.

При изучении метода просвечивающей электронной микроскопии студенты рассмотрят оптическую схему микроскопа, объяснят физические принципы действия элементов формирования электронного пучка, остановятся на особенностях режимов дифракции и изображения (светлопольного и темнопольного). Дать подробное представление об абберациях электронной оптики, контрасте в изображении, разрешающей способности и глубине фокуса просвечивающего электронного микроскопа.

Познакомить студентов с физическими основами Оже-электронной спектроскопии, описать методы извлечения информации о свойствах твердого тела из электронных спектров. Выявить природу эффекта Мессбауэра, дать понятие об энергии отдачи, показать особенности экспериментального применения гамма-резонансной спектроскопии.

При изучении методов исследования наноструктур и поверхности твердого тела детально описать физические принципы сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии, дать представление о задачах, аппаратуре и особенностях применения методов сканирующей зондовой микроскопии, способах формирования и исследования наноструктур с использованием технологии фокусированных ионных пучков.

Интерактивная форма занятий может включать кратковременный внутрисеместровый контроль усвоения знаний по читаемому курсу в форме решения несложных задач или ответов на достаточно простые вопросы по пройденному материалу.

Активная форма освоения дисциплины предполагает, в частности, что студенты часть материала прорабатывают самостоятельно.

Автор(ы):

Шеляков Александр Васильевич, к.ф.-м.н.