

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Физики

**АННОТАЦИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ <sup>1</sup>  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ТЕОРИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА И ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР»**

Уровень подготовки  
высшее образование – магистратура

Направление подготовки  
28.04.02 «Наноинженерия»

Профиль подготовки  
Наноинженерия в машиностроении

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Уфа 2015

Исполнители:

профессор кафедры физики

наименование кафедры

личная подпись



Емалетдинов А.К.

расшифровка подписи

Заведующий кафедрой

Физики

наименование кафедры

личная подпись



Александров И.В.

расшифровка подписи

<sup>1</sup> Аннотация рабочей программы дисциплины отражает краткое содержание рабочей программы дисциплины, являющейся неотъемлемой частью основной профессиональной образовательной программы.

## Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория твердого тела и полупроводниковых гетероструктур» относится к базовой части общенаучного цикла.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки (специальности) 28.04.02 «Наноинженерия», утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "30" марта 2015г. № 307.

**Цели освоения дисциплины** – формирование систематизированных знаний основных понятий, законов и методов физики конденсированного состояния, являющихся теоретической базой современной микро- и нанотехнологии. Формирование навыков проведения расчетов физических свойств твердых тел и умений их использования в нанотехнике и нанотехнологиях.

### Задачи:

- Изучить теоретические представления, описывающие свойства твердых тел и полупроводниковых гетероструктур, используемых в наноинженерии;
- Научиться проводить теоретические расчеты свойств наноматериалов и их использования в наноинженерии.

### Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции*	Название дисциплины (модуля), сформировавшего данную компетенцию
1	использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и экспериментального исследования	ПК-1	базовый	Физика, Математика
2	способность применять основы кристаллического строения металлов для анализа структуры наноматериалов	ПКП-1	повышенный	Кристаллография и дефекты кристаллического строения
3	использование закономерностей атомного строения и электронной структуры твердых тел для анализа и прогнозирования, фазового состава и микроструктуры металлов и сплавов, а также их физических и механических свойств	ПКП-3	повышенный	Физика конденсированного состояния

### Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), для которой данная компетенция является входной
1	готовностью к участию в организации и координации работы по комплексному решению инновационных проблем - от идеи, фундаментальных и прикладных исследований к созданию промышленных изделий и организации серийного производства	ПК-3	повышенный	Наноструктурные металлы сплавы
2	способностью формулировать цели проекта, критерии и способы достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач при проектировании, производстве изделий на базе наноматериалов, микро-наномодулей (узлов), процессов нанотехнологий и методов нанодиагностики	ПК-6	повышенный	Современные проблемы наноинженерии

### Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	готовностью к участию в организации и координации работы по комплексному решению инновационных проблем - от идеи, фундаментальных и прикладных исследований к созданию промышленных изделий и	ПК-3	основы симметрии и структуры кристаллов, зонной теории электронных состояний, динамики кристаллической решетки, квазичастицы, физические основы тепловых, электрических, оптических и магнитных свойств конденсированных сред	анализировать механизмы, термодинамику и кинетику процессов переноса и фазовых превращений в конденсированных средах; решать уравнения, описывающие тепловые, электрические, оптические и магнитные свойства конденсированных сред	методами расчета характеристик тепловых, электрических, оптических и магнитных свойств

	организации серийного производства				
2	способностью формулировать цели проекта, критерии и способы достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач при проектировании, производстве изделий на базе наноматериалов, микро-наномодулей (узлов), процессов нанотехнологий и методов нанодиагностики	ПК-6	свойства, микромеханизмы зарождения и взаимодействия, кинетику, тепловыделение дислокаций, дисклинаций решетки и границ зерен; принципы синергетики и самоорганизации дислокационной и дисклинационной структуры при интенсивной пластической деформации	анализировать влияние условий интенсивной пластической деформации на микроструктуру объемных нанокристаллических материалов; определять характеристики микроструктуры объемных нанокристаллических материалов при компактировании нанопорошка и кристаллизации металлических стекол	методами расчета параметров интенсивной пластической деформации, кинетики компактирования порошков и кристаллизации металлических стекол в технологиях получения объемных наноматериалов

### Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц (72 часа)

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.
	1 семестр
Лекции (Л)	6
Практические занятия (ПЗ)	6
Лабораторные работы (ЛР)	12
КСР	2
Курсовая проект работа (КР)	-
Расчетно - графическая работа (РГР)	-
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	10
Подготовка и сдача экзамена	36
Подготовка и сдача зачета	-
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	Экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам*	Виды интерактивных образовательных технологий**
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	Введение. Симметрия и структура кристаллов. Операции симметрии: трансляционная симметрия, базис, элементарная ячейка, симметрия решетки, точечные группы и пространственные группы. Классы и основные структуры ГЦК, ОЦК, ГПУ, кубическая. Обратная решетка. Дефекты кристаллической решетки.	2	2	4	1	4	13	Р 6.1 №1-5, гл.1,2	лекция-визуализация, проблемное обучение
2	Электроны в твердых телах. Теорема Блоха. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны. Поверхность Ферми. Приближение почти свободных электронов. Закон дисперсии и волновые функции электронов	2	2	4	1	2	11	Р 6.1 №6-12, гл.3	лекция-визуализация, проблемное обучение
3	Квантовая теория гармонического кристалла. Модели Дебая и Эйнштейна. Фононы и фононный спектр. Теплоемкость при низких, промежуточных и высоких температурах..	2	1	4		2	9	Р 6.1 №6-12, гл.4	лекция-визуализация, проблемное обучение
4	Квантовая теория полупроводниковых гетероструктур Представления о поляроне, экситоне. Электропроводность полупроводников. Оптические свойства полупроводников.		1			2	3	Р 6.1 №6-12, гл.5	проблемное обучение

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 80% от общего количества аудиторных часов по дисциплине

## Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Исследование дефектов кристаллической решетки	4
2	3	Исследование теплопроводности материалов	4
3	4	Исследование электропроводности материалов	4

## Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	1	Структуры ГЦК, ОЦК, ГПУ, кубическая. Обратная решетка. Дефекты кристаллической решетки	2
2	2	Электропроводность металлов. Кинетическое уравнение, энергия Ферми	2
3	3	Фононы. Теплоемкость решетки. Модель Дебая, температура Дебая	1
3	4	Энергетические спектры полупроводников	1

### Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

#### Основная литература

1. Матухин, В. Л. Физика твердого тела : [учебное пособие для студентов технических специальностей вузов] / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010 .— 224 с.
2. Матухин, В. Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс] : [учебное пособие для студентов технических специальностей вузов] / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010 .— 224 с.
3. Гуртов, В. А. Физика твердого тела для инженеров / В. А. Гуртов, Р. Н. Есауленко .— М. : Техносфера, 2007 .— 518с.
4. Винтайкин, Б. Е. Физика твердого тела / Б. Е. Винтайкин .— Изд. 2-е, стер. — М. : Изд-во МГТУ, 2008 .— 358с.
5. Матухин, В. Л. Физика твердого тела / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков .— Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2010 .— 224 с.
6. Савельев, И. В. Курс общей физики / И. В. Савельев .— 7-е изд., стер. — СПб. [и др.] : Лань, 2007. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 2007 .— 320 с.
7. Савельев, И. В. Курс физики : учебное пособие: в 3 т. / И. В. Савельев .— 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2007- .— (Учебник для вузов. Специальная литература) (Классическая учебная литература по физике). Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 2007 .— 320 с.
8. Гинзбург, И. Ф. Введение в физику твердого тела : основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела : учебное пособие / И. Ф. Гинзбург .— СПб. [и др.] : Лань, 2007 .— 537 с.
9. Бух, М. А. Микроэлектроника: настоящее и будущее : [учебное пособие для студентов технических вузов] / М. А. Бух, Л. П. Зайцева .— 3-е изд., испр. и доп. — М. : Высшая школа, 2008 .— 262 с.

10. Барыбин, А. А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы : [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 550700 и 654100 "Электроника и микроэлектроника" подготовки бакалавров, магистров и дипломированных специалистов] / А. А. Барыбин .— М. : Физматлит, 2008 .— 424 с.

11. Киселев, Г. Л. Квантовая и оптическая электроника : учебное пособие / Г. Л. Киселев .— 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011 .— 313с.

#### Дополнительная литература

13. Павлов, П.В. Физика твердого тела : Учебник для вузов .— 3-е изд., стереотип. — М. : Высш.школа, 2000 .— 494с.

14. Савельев, И. В. Курс общей физики : учебное пособие для втузов : в 5 кн. / И. В. Савельев .— М. : Астрель : АСТ, 2003. Кн. 5: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц .— 2004 .— 368 с.

#### Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

Каждый обучающийся (магистрант) в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к следующим электронно-библиотечным системам (ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/> , ЭБС Ассоциации «Электронное образование Республики Башкортостан» <http://e-library.ufa-rb.ru>, Консорциум аэрокосмических вузов России <http://elsau.ru/>, Электронная коллекция образовательных ресурсов УГАТУ <http://www.library.ugatu.ac.ru/cgi-bin/zgate.exe?Init+ugatu-fulltxt.xml,simple-fulltxt.xsl+rus>), содержащим все издания основной литературы, перечисленные в рабочих программах дисциплин (модулей), практик, НИР сформированным на основании прямых договорных отношений с правообладателями.

Электронно-библиотечная система и электронная информационно-образовательная среда обеспечивают возможность индивидуального доступа для каждого обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, как на территории университета, так и вне ее.

Обучающимся обеспечен доступ к электронным ресурсам и информационным справочным системам, перечисленным в таблице 4.

Таблица 4

№	Наименование ресурса	Объем фонда электронных ресурсов	Доступ	Реквизиты договоров с правообладателями
	Электронная библиотека диссертаций РГБ	885352 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	Договор №1330/0208-14 от 02.12.2014
	СПС «КонсультантПлюс»	2007691 экз.	По сети УГАТУ	Договор 1392/0403 -14 т 10.12.14
	СПС «Гарант»	6139026 экз.	Доступ с компьютеров читальных залов библиотеки, подключенных к ресурсу	ООО «Гарант-Регион, договор № 3/Б от 21.01.2013 (продлонгирован до 08.02.2016.)
	ИПС «Технорма/Документ»	36939 экз.	Локальная установка: библиотека УГАТУ-5 мест; кафедра	Договор № АОСС/914-15 № 989/0208-15 от 08.06.2015.

			стандартизации и метрологии-1 место; кафедра начертательной геометрии и черчения-1 место	
*	Научная электронная библиотека eLIBRARY* <a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>	9169 полнотекстовых журналов	С любого компьютера, имеющего выход в Интернет, после регистрации в НЭБ на площадке библиотеки УГАТУ	ООО «НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА». № 07-06/06 от 18.05.2006
	Тематическая коллекция полнотекстовых журналов «Mathematics» издательства Elsevier <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	120 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Договор №ЭА-190/0208-14 от 24.12.2014 г.
	Научные полнотекстовые журналы издательства Springer* <a href="http://www.springerlink.com">http://www.springerlink.com</a>	1900 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ открыт по гранту РФФИ
	Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor & Francis Group* <a href="http://www.tandfonline.com/">http://www.tandfonline.com/</a>	1800 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и Государственной публичной научно-технической библиотекой России (далее ГПНТБ России)
	Научные полнотекстовые журналы издательства Sage Publications*	650 наимен. журнал.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	Научные полнотекстовые журналы издательства Oxford University Press* <a href="http://www.oxfordjournals.org/">http://www.oxfordjournals.org/</a>	275 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	Научный полнотекстовый журнал Science The American Association for the Advancement of Science <a href="http://www.sciencemag.org">http://www.sciencemag.org</a>	1 наимен. журнала.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	Научный полнотекстовый журнал Nature компании Nature Publishing Group* <a href="http://www.nature.com/">http://www.nature.com/</a>	1 наимен. журнала	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	Научные полнотекстовые журналы Американского института физики <a href="http://scitation.aip.org/">http://scitation.aip.org/</a>	18 наимен. журналов	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	Научные полнотекстовые ресурсы Optical Society of America* <a href="http://www.opticsinfobase.org/">http://www.opticsinfobase.org/</a>	22 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	В рамках Государственного контракта от 25.02.2014 г. №14.596.11.0002 между Министерством образования и науки и ГПНТБ России
	База данных GreenFile	5800	С любого компьютера	Доступ предоставлен

	компания EBSCO* <a href="http://www.greeninfoonline.com">http://www.greeninfoonline.com</a>	библиограф ич записей, частично с полными текстами	по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	компанией EBSCO российским организациям-участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)
	Архив научных полнотекстовых журналов зарубежных издательств*- Annual Reviews (1936-2006) Cambridge University Press (1796-2011) цифровой архив журнала Nature (1869- 2011) Oxford University Press (1849– 1995) SAGE Publications (1800-1998) цифровой архив журнала Science (1880 -1996) Taylor & Francis (1798-1997) Институт физики Великобритании The Institute of Physics (1874-2000)	2361 наимен. журн.	С любого компьютера по сети УГАТУ, имеющего выход в Интернет	Доступ предоставлен российским организациям- участникам консорциума НЭЙКОН (в том числе УГАТУ - без подписания лицензионного договора)

### Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 28.03.02 - Наноинженерия (квалификация (степень) "магистр") реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, в том числе:

- компьютерных иммитаций физических законов твердых тел и полупроводниковых гетероструктур,
- разработка моделей и разбор физических явлений и процессов,
- работа в команде по решению комплексных физических проблем физики конденсированного состояния,
- case-study анализ реальных проблемных физических процессов в твердых телах, возникающих в области нанотехнологий, и поиск вариантов лучших решений.
- проблемное обучение при изложении лекционного материала и приобретении знаний, необходимых для решения конкретной проблемы теории твердого тела и полупроводниковых гетероструктур.
- контекстное обучение путем выявления связей между конкретным знанием закона твердого тела и его применением в нанотехнологиях,
- обучение на основе лабораторного опыта и формирование компетенций самостоятельной работы с приборами и собственного опыта изучения и применения законов физики твердого тела.
- опережающая самостоятельная работа по изучению нового материала до его изучения в ходе аудиторных занятий.

При проведении лекционных занятий можно использовать следующие образовательные технологии: классическая и проблемная лекция, лекция-визуализация.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее 30% аудиторных занятий (определяется требованиями ФГОС с учетом специфики ООП),

В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер классы экспертов и специалистов.

В табличной форме приводится перечень интерактивных образовательных технологий по видам аудиторных занятий и их объем в часах).

Интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиторных занятиях

Семестр	Вид занятия (Л, ПЗ, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1	Л	Проблемная, визуализация	6
	ПЗ	Разработка моделей, кейс-технология проблемное обучение, тренинг.	6
Итого:			12

#### **Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Выполнение письменных заданий производится в дисплейном классе:

1. IBM совместимые персональные компьютеры (класса Pentium - IV), объединенных в локальную сеть, с установленными на них операционными системами Windows XP.
2. Программа моделирования лабораторных работ Phys\_lab.

#### **Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ

### согласования рабочей программы

Направление подготовки (специальность): 28.03.02 «Наноинженерия»  
код и наименование

Направленность подготовки (профиль, специализация): Инженерные нанотехнологии в машиностроении  
наименование

Дисциплина: Теория твердого тела и полупроводниковых гетероструктур

Учебный год 2015/2016

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры физики  
наименование кафедры

протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Заведующий кафедрой И.В. Александров  
подпись расшифровка подписи

Научный руководитель магистерской программы<sup>2</sup> \_\_\_\_\_  
подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
профессор кафедры физики А.К. Емалетдинов  
должность подпись расшифровка подписи

### СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой<sup>3</sup>  
нанотехнологий Р.З. Валиев  
наименование кафедры личная подпись расшифровка подписи дата

Председатель НМС по УГСН \_\_\_\_\_  
протокол № \_\_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.  
Р.З. Валиев  
личная подпись расшифровка подписи

Библиотека С.Ф. Мустафина  
личная подпись расшифровка подписи дата

Декан факультета (директор института,  
филиала) \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПБС/ООПМА и внесена в электронную базу данных

Начальник \_\_\_\_\_  
личная подпись расшифровка подписи дата

<sup>2</sup> Только направлений подготовки магистров

<sup>3</sup> Согласование осуществляется с выпускающими кафедрами (для рабочих программ, подготовленных на кафедрах, обеспечивающих подготовку для других направлений и специальностей)