

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет/Институт Физико-Технический

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе,  
качеству образования – первый  
проректор

подпись

«30» мая 2024 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Б1.В.03 Технологии материалов твердотельной электроники

*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.04.02 Физика

*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика)

*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения Очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация Магистр

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 Технологии материалов твердотельной электроники составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки/ специальности 03.04.02 Физика (Физика конденсированного состояния (теория, эксперимент и дидактика))

Программу составил:

В.А. Исаев, профессор кафедры теор. физики и комп. технол  
доктор физ.-мат. наук, профессор



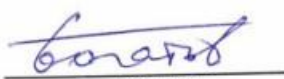
подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.03 Технологии материалов твердотельной электроники утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий  
протокол № 8 от «12» апреля 2024 г.  
Заведующий кафедрой (выпускающей) Лебедев К.А.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета  
протокол № 10 от «20» апреля 2024 г.  
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:

В.А. Никитин, к.т.н., доцент кафедры оптоэлектроники

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон»  
кандидат физико-математических наук

## **1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).**

### **1.1 Цель освоения дисциплины.**

Учебная дисциплина «Технологии материалов твердотельной электроники» ставит своей целью ознакомление с особенностями конкретных технологий и установок, оборудования для роста кристаллов, варки стекол, технологического оборудования для получения кристаллических и аморфных соединений и элементарными навыками работы на них, организация научно-исследовательских работ в области получения кристаллических и аморфных соединений с помощью современной аппаратуры и информационных технологий.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

Задача дисциплины «Технологии материалов твердотельной электроники» состоит в ознакомлении с основными принципами термодинамического и кристаллохимического методов исследования процессов кристаллизации и кристаллофизического изучения свойств монокристаллов; ознакомление с основными методами автоматизации роста кристаллов с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

### **1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.**

Дисциплина «Технологии материалов твердотельной электроники» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана профиля «Физика конденсированного состояния вещества» и ориентирована при подготовке магистров на ознакомление студентов с особенностями конкретных технологий и установок, оборудования для роста кристаллов. Дисциплина находится в логической и содержательно-методологической взаимосвязи с другими частями ООП и базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин «Термодинамика, статистическая физика», «Спектроскопия кристаллов», «Оптика», «Кристаллография», «Кристаллофизика». Знания, полученные в процессе обучения, необходимы для успешного прохождения производственной и преддипломной практики.

### **1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональной и профессиональной компетенций (ПК-3, ПК-1)

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-3	Готов применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники	организовывать научно-исследовательские работы для получения кристаллических и аморфных соединений	способностью к активной социальной мобильности
2.	ПК-1	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и	основные принципы термодинамического и кристаллохимического методов исследо-	осмысливать и интерпретировать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной	способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристалличе-

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	вания процессов кристаллизации	прикладной задачи	ских и аморфных соединений

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)				
		9				
<b>Контактная работа, в том числе:</b>						
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>46</b>	<b>46</b>				
Занятия лекционного типа	14	14	-	-	-	
Лабораторные занятия	28	28	-	-	-	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	-	-	
<b>Иная контактная работа:</b>						
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-	-	-	-	
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,5	-	-	-	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>35</b>	<b>35</b>				
Проработка учебного (теоретического) материала	30,2	30,2	-	-	-	
Подготовка к текущему контролю	4,8	4,8	-	-	-	
<b>Контроль:</b>						
Подготовка к экзамену	26,7	26,7				
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	-	-	-
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>46,3</b>	<b>46,3</b>	-	-	-
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	-	-	-

## 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы дисциплины, изучаемые в 9 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
1.	Введение в учение о фазовых равновесиях и рост кристаллов	14	2	-	-	12
2.	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах	19	2	-	5	12
3.	Рост кристаллов и синтез стекол и ситаллов	22	3	-	6	13
4.	Элементы современной кристаллохимии	19	2	-	5	12
5.	Программный комплекс TOPOS	21	2	-	6	13
6.	Кристаллофизика и современная кристаллохимия	21,8	3	-	6	12,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	116,8	14	-	28	74,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

## 2.3 Содержание разделов дисциплины:

### 2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Введение в учение о фазовых равновесиях и рост кристаллов	Фазовые равновесия. Основные типы диаграмм состояния двухкомпонентных систем. Основные методы роста кристаллов и синтеза стекол.	Зачет
2.	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах	Диаграммы состояния систем без превращений в твердой фазе. Диаграммы состояния систем с кристаллизацией образующихся соединений. Диаграммы состояния систем с твердыми растворами.	Отчет по лабораторной работе, зачет
3.	Рост кристаллов и синтез стекол и ситаллов	Технологические методы получения кристаллов. Технологические методы получения стекол и ситаллов.	Отчет по лабораторной работе, зачет
4.	Элементы современной кристаллохимии	Решетки, как шаровые упаковки. Модель пересекающихся сфер. Координационное число. Атомный и ионный радиус. Методы стереоатомного анализа.	Отчет по лабораторной работе, зачет
5.	Программный комплекс TOPOS	Работа с базами данных. Программа IsoCryst. Программа Dirichlet Программа AutoCN Программа IsoTest	Отчет по лабораторной работе, зачет

6.	Кристаллофизика и современная кристаллохимия	Основные понятия кристаллофизики. Связь кристаллохимических, структурных и физических свойств кристаллов.	Отчет по лабораторной работе, зачет
----	--	---	-------------------------------------

### 2.3.2 Занятия семинарского типа.

Не предусмотрены.

### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах.	Отчет по лабораторной работе
2	Рост кристаллов и синтез стекол и ситаллов.	Синтез стекол в лабораторных условиях.	Отчет по лабораторной работе
3	Элементы современной кристаллохимии.	Определение элементов симметрии на моделях кристаллов.	Отчет по лабораторной работе
4	Программный комплекс ТОПОС.	Расчет рентгеновской и ретикулярной плотности кристаллических структур.	Отчет по лабораторной работе
5	Кристаллофизика и современная кристаллохимия.	Расчет параметров кристаллических структур.	Отчет по лабораторной работе

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СР	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	1) Брусенцов, Ю.А. Материалы твердотельной микро- и наноэлектроники : учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 80 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1087-2 ; То

		<p>же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=437072">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=437072</a>.</p> <p>2) Орликов, Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л.Н. Орликов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - Ч. 1. - 98 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209014">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=209014</a>.</p> <p>3) Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=233466</a>.</p>
		Локальные сети учебных аудиторий
2.	Подготовка к текущему контролю (К).	Глобальная сеть Интернет

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

### 3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению курса «Технология материалов твердотельной электроники» используются следующие образовательные технологии:

- лекция;
- лабораторные занятия.

Большая часть лекций и лабораторные занятия проводятся с использованием современных справочных материалов, наглядных моделей и приборов, помогающих студенту понять структуру исследуемого вещества.

### 4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

#### 4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Образец заданий для лабораторной работы (ЛР) для проведения текущего контроля знаний по дисциплине «Технологии материалов твердотельной электроники»:

#### ЛР по теме 1

1. Дать определение понятий: гетерогенная система, компонент, фаза, степень свободы. В чём отличие понятий «двухкомпонентная система» и «двухфазная система»?
2. Записать правило фаз Гиббса, объяснить физический смысл входящих в него параметров и привести пример использования этого правила для проверки правильности построения диаграммы состояния.

3. В чём суть метода проведения термического анализа?
4. Объяснить понятие «диаграмма состояния» и принцип её построения.
5. Начертить кривые охлаждения для систем различного состава, обладающих одной эвтектикой. Объяснить процессы, протекающие на отдельных участках кривых.
6. В чем состоит различие кривых охлаждения однокомпонентных и двухкомпонентных систем? Назовите причину этого различия.
7. Порядок построения диаграммы состояния двухкомпонентной системы.
8. Каково значение поверхностей, линий и точек на диаграмме состояния двухкомпонентной системы?
9. Что такое эвтектика, эвтектическая концентрация, эвтектическая температура?
10. Объяснить смысл терминов: эвтектическая, доэвтектические и заэвтектические смеси.
11. Что называется точкой перитектики?
12. Указать типы диаграмм плавкости. Описать одну из диаграмм плавкости по выбору преподавателя.
13. На примере диаграммы состояния объяснить правило рычага.

По дисциплине «Технологии материалов твердотельной электроники» предусмотрены следующие формы текущего контроля: зачет в 9 семестре очной формы обучения.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ

1. Решетки, как шаровые упаковки. Структуры элементов и соединений.
2. Координационное число. Атомный и ионный радиус.
3. Пустоты в плотнейших упаковках. Понятие о структурном типе.
4. Методы определения структуры и ориентации монокристаллов.
5. Метод Чохральского.
6. Метод Бриджмена-Стокбаргера.
7. Методы Киропулуса и Вернеля.
8. Аморфное и стеклообразное состояние. Технологические методы получения неупорядоченных систем.
9. Предмет и задачи кристаллохимии. Основы термодинамики. Термодинамические потенциалы.
10. Условия фазовых равновесий, условия стеклообразования.
11. Диаграммы состояния систем без превращений в твердой фазе.
12. Термодинамический вывод диаграмм состояния с простой эвтектикой, с полиморфными превращениями, с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями. Построение диаграмм состояния по экспериментальным точкам, треугольник Таммана.
13. Диаграммы состояния систем с твердыми растворами. Вывод пяти типов диаграмм состояния по Розебому.
14. Типы химической связи.
15. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от их строения.
16. Условия устойчивости структурных типов ионных и ковалентных кристаллов.
17. Расчет параметров кристаллических структур по их кристаллохимическим данным.
18. Описание кристаллических структур при помощи теории плотнейших шаровых упаковок.

#### Шкала оценочных средств

Уровни освоения компетенций	Критерии оценивания
1	2
«зачет»	Студент знает методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники;



	Студент умеет организовывать научно-исследовательские работы для получения кристаллических и аморфных соединений; осмысливать и интерпретировать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи; Студент владеет способностью к активной социальной мобильности; способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.
пороговый «зачет»	Студент знает методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники; Студент умеет осмысливать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи; Студент владеет способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.
«незачет»	Студент не знает методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники; Студент не умеет осмысливать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи; Студент не владеет способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.

#### 4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

По дисциплине «Технологии материалов твердотельной электроники» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен (Э) в 9 семестре очной формы обучения.

#### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЭКЗАМЕН

1. Решетки, как шаровые упаковки. Структуры элементов и соединений.
2. Координационное число. Атомный и ионный радиус.
3. Пустоты в плотнейших упаковках. Понятие о структурном типе.
4. Методы определения структуры и ориентации монокристаллов.
5. Технологические методы получения упорядоченных сред.
6. Метод Чохральского.
7. Метод Бриджмена-Стокбаргера.
8. Методы Киропулуса и Вернеля.
9. Методы роста кристаллов из газовой фазы.
10. Аморфное и стеклообразное состояние. Технологические методы получения неупорядоченных систем.
11. Предмет и задачи кристаллохимии. Основы термодинамики. Термодинамические потенциалы.

12. Условия фазовых равновесий, условия стеклообразования.
13. Диаграммы состояния систем без превращений в твердой фазе.
14. Термодинамический вывод диаграмм состояния с простой эвтектикой, с полиморфными превращениями, с конгруэнтно и incongruently плавящимися соединениями. Построение диаграмм состояния по экспериментальным точкам, треугольник Таммана.
15. Диаграммы состояния систем с твердыми растворами. Вывод пяти типов диаграмм состояния по Розебому.
16. Типы химической связи.
17. Зависимость физико-химических свойств твердых веществ от их строения.
18. Условия устойчивости структурных типов ионных и ковалентных кристаллов.
19. Расчет рентгеновской и ретикулярной плотностей кристаллических структур.
20. Расчет параметров кристаллических структур по их кристаллохимическим данным.
21. Описание кристаллических структур при помощи теории плотнейших шаровых упаковок.
22. Матричное и тензорное описание свойств кристаллов.
23. Скалярные и векторные свойства.
25. Тензорные свойства кристаллов.
26. Интерпретация наблюдений – понятие модели, класс модели, выбор модели. Методы сопоставления модели с экспериментальными данными, критерии сопоставления.
27. Методы усреднения экспериментальных данных. Проблемы точности, верхняя и нижняя границы ошибок эксперимента.
28. Учет априорных данных и информационных оценок при выборе коэффициента регуляризации и определении нижней границы возможной ошибки.
29. Методы современной кристаллохимии и стереоатомный анализ.
30. Метод пересекающихся сфер.

#### Образец экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**Кубанский государственный университет**  
 Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий  
 2017-2018 уч.год

Дисциплина «Технологии материалов твердотельной электроники»

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Решетки, как шаровые упаковки. Структуры элементов и соединений.
2. Диаграммы состояния систем с твердыми растворами. Вывод пяти типов диаграмм состояния по Розебому.

Зав. кафедрой  
 теоретической физики  
 и компьютерных технологий

Исаев В.А.

#### Шкала оценочных средств

Уровни освоения компетенций	Критерии оценивания
1	2
«отлично»	Студент уверенно формулирует методы ор-

	<p>организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники;</p> <p>Студент отлично умеет организовывать научно-исследовательские работы для получения кристаллических и аморфных соединений; осмысливать и интерпретировать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи;</p> <p>Студент уверенно владеет способностью к активной социальной мобильности; способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.</p>
«хорошо»	<p>Студент формулирует методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники;</p> <p>Студент умеет организовывать научно-исследовательские работы для получения кристаллических и аморфных соединений; осмысливать и интерпретировать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи;</p> <p>Студент владеет способностью к активной социальной мобильности; способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.</p>
«удовлетворительно»	<p>Студент знает методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники;</p> <p>Студент умеет осмысливать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи;</p> <p>Студент владеет способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.</p>
«неудовлетворительно»	<p>Студент не знает методы организации технологических процессов синтеза материалов твердотельной электроники;</p> <p>Студент не умеет осмысливать основные положения теории роста кристаллов для решения конкретной прикладной задачи;</p> <p>Студент не владеет способностью самостоятельно ставить конкретные задачи в области получения кристаллических и аморфных соединений.</p>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).**

### **5.1 Основная литература:**

1) Брусенцов, Ю.А. Материалы твердотельной микро- и наноэлектроники : учебное пособие / Ю.А. Брусенцов, А.М. Минаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 80 с. : табл., граф., схем., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-8265-1087-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437072>.

2) Орликов, Л.Н. Технология материалов и изделий электронной техники : учебное пособие / Л.Н. Орликов. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - Ч. 1. - 98 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=209014>.

3) Гуртов, В.А. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие / В.А. Гуртов, Р.Н. Осауленко ; науч. ред. Л.А. Алешина. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2012. - 560 с. - (Мир физики и техники). - ISBN 978-5-94836-327-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233466>.

### **5.2. Дополнительная литература:**

1) Фазовые равновесия в однокомпонентных системах : учебное пособие / Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 93 с. : табл., граф., ил. - ISBN 978-5-7882-1550-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=427849>.

2) Ландау, Л.Д. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 808 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2380..>

3) Блохинцев, Д.И. Основы квантовой механики [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2004. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/619>.

4) Созинов С.А. Структурные методы исследования кристаллов : учебное пособие / С.А. Созинов, Л.В. Колесников. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 108 с. - ISBN 978-5-8353-1284-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232740>.

5) Бойко С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия : учебное пособие / С.В. Бойко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 212 с. : табл., ил. - Библиогр.: с. 190-194. - ISBN 978-5-7638-3223-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435663>.

### 5.3. Периодические издания:

1. Физика твердого тела;
2. Успехи физических наук;
3. Журнал экспериментальной и теоретической физики;
4. Журнал физической химии;
5. Журнал структурной химии.

### 6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

№ п/п	Ссылка	Пояснение
1.	<a href="http://www.book.ru">http://www.book.ru</a>	BOOK.ru – электронная библиотечная система (ЭБС) современной учебной и научной литературы. Библиотека BOOK.ru содержит актуальную литературу по всем отраслям знаний, коллекция пополняется электронными книгами раньше издания печатной версии.
2.	<a href="http://www.ibooks.ru">http://www.ibooks.ru</a>	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	Платформа ScienceDirect обеспечивает всесторонний охват литературы из всех областей науки, предоставляя доступ к более чем 2500 наименований журналов и более 11000 книг из коллекции издательства «Эльзевир», а также огромному числу журналов, опубликованных престижными научными сообществами. Полнотекстовая база данных ScienceDirect является непревзойденным Интернет-ресурсом научно-технической и медицинской информации и содержит 25% мирового рынка научных публикаций.
4.	<a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>	База данных Scopus индексирует более 18 тыс. наименований журналов от 5 тыс. международных издательств, включая более 300 российских журналов. Непревзойденная поддержка в поиске научных публикаций и предоставлении ссылок на все вышедшие рефераты из обширного объема доступных статей. Возможность получения информации о том, сколько раз ссылались другие авторы на интересующую Вас статью,

		предоставляется список этих статей. Отслеживание своих публикаций с помощью авторских профилей, а также работы своих соавторов и соперников.
5.	<a href="http://www.scirus.com">http://www.scirus.com</a>	Scirus – бесплатная поисковая система для поиска научной информации.
6.	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.
7.	<a href="http://diss.rsl.ru">http://diss.rsl.ru</a>	«Электронная библиотека диссертаций» Российской Государственной Библиотеки (РГБ) в настоящее время содержит более 400 000 полных текстов наиболее часто запрашиваемых читателями диссертаций. Ежегодное оцифровывание от 25000 до 30000 диссертаций.

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).**

Основной учебной работой студента является самостоятельная работа в течение всего срока обучения. Начинать изучение дисциплины необходимо с ознакомления с целями и задачами дисциплины и знаниями и умениями, приобретаемыми в процессе изучения. Далее следует проработать конспекты лекций, рассмотрев отдельные вопросы по предложенным источникам литературы. Все неясные вопросы по дисциплине студент может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию. При подготовке к лабораторным работам студент в обязательном порядке изучает теоретический материал в соответствии с методическими указаниями.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

### **8.1 Перечень информационных технологий.**

- 1) Использование электронных презентаций при проведении лекций.
- 2) Выполнение лабораторных работ.

### **8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.**

- 1) Программа разработки презентаций Microsoft PowerPoint Дистрибутив Microsoft Office
- 2) Электронные таблицы Microsoft Excel Дистрибутив Microsoft Office
- 3) Текстовый процессор Microsoft Word Дистрибутив Microsoft Office
- 4) программа «ТОПОС»

### **8.3 Перечень информационных справочных систем:**

Не предусмотрены

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО)
2.	Лабораторные занятия	Специализированный класс физико-технического факультета (320 С).
3.	Групповые (индивидуальные)	Специализированный класс физико-технического факультета (320 С).

	дуальные) консультации	
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Специализированный класс физико-технического факультета (320 С).
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.