

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
и инновациям
Е.В. Строганова
29 мая 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.1.2 СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ

Направление подготовки 1.3. Физические науки

Направленность 1.3.8. Физика конденсированного состояния

Программа подготовки академическая

Форма обучения очная

Квалификация выпускника Исследователь. Преподаватель-Исследователь

Краснодар 2025

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденными 30 июля 2014 г. № 867, зарегистрированный в Министерстве юстиции Российской Федерации 25.08.2014 г. № 33836

Автор:  В.А. Исаев, д-р физ.-мат. наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий физико-технического факультета ФГБОУ ВО «КубГУ»

Программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий **протокол №9 от 08.04.2025**

Зав. кафедрой


подпись

Лебедев К.А.

Одобрено на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета **протокол | № 11 от 21.04.25**

Председатель УМС факультета,
д. ф.-м. наук, профессор



Н.М. Богатов

Зав. отделом аспирантуры и докторантуры



Е.В. Строганова

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Учебная дисциплина «Строение и свойства кристаллов» ставит своей целью изучение свойств кристаллических и аморфных тел, закономерностей, возникающих при фазовых переходах, знакомство с основными явлениями, сопровождающими фазовые переходы, причинами, вызывающими эти явления, параметрами, характеризующими фазовые переходы и моделями, применяемыми для их описания.

1.2 Задачи дисциплины.

- получение систематизированного представления о связи физических свойств кристаллов с их внутренним строением;
- освоение математического описания анизотропных свойств и особенностей их измерения;
- знание закономерностей изменения свойств кристаллов под влиянием внешних воздействий;
- овладение навыками кристаллофизических расчетов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Строение и свойства кристаллов» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления 03.06.01 – Физика и астрономия направленности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

Изучение дисциплины базируется на знаниях аспирантов, полученных ранее при изучении дисциплин, входящих в цикл общей и теоретической физики: Б1.Б.07.04 «Оптика», Б1.Б.08.04 «Термодинамика, статистическая физика» учебного плана 03.03.02 Физика; Б1.В.02 «Теория конденсированного состояния», Б1.В.ДВ.05.01 «Кристаллофизика» учебного плана 03.04.02 Физика конденсированного состояния вещества.

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 компетенций

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	готовностью осваивать и совершенствовать методы выращивания кристаллов	терминологию и определения физических величин, характеризующих физические свойства кристаллов	выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования кристаллов	компьютерными методами расчета параметров, характеризующих физические свойства кристаллов

2	ПК-2	владением теоретическими и экспериментальными методами исследования природы кристаллических и аморфных веществ в твердом	классификацию кристаллических соединений и особенности их физических свойств	выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования кристаллов	методами компьютерного моделирования физических свойств сталлов
№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		и жидком состоянии и изменения их свойств при различных внешних воздействиях			

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Курсы (часы)
			2
Аудиторные занятия (всего):		20	20
Занятия лекционного типа		8	8
Лабораторные занятия		12	12
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-
Самостоятельная работа, в том числе:		97	97
Самостоятельное изучение разделов		57	57
Самоподготовка		40	40
Контроль:		27	27
Подготовка к экзамену		27	27
Общая трудоемкость	час.	144	144
	зач. ед.	4	4

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые на 2 курсе

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7

1.	Основы теории кристаллического состояния	19	2	-	-	17
2.	Геометрические свойства кристаллической решетки. Обратная решетка. Точечная и трансляционная симметрия кристаллов.	21	-	-	3	18
3.	Пространственные (федоровские) группы	13	-	-	3	10
4.	Элементы кристаллохимии. Структурный тип	12	1	-	3	8
5.	Неупорядоченные системы. Технология получения аморфного состояния тел	9	1	-	-	8
6.	Структура аморфного состояния	12	1	-	3	8
7.	Электронные состояния аморфных сред	10	2	-	-	8
8.	Электронный транспорт и оптические свойства аморфных сред	21	1	-	-	20
<i>Итого по дисциплине:</i>			8	-	12	97

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

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Основы теории кристаллического состояния	Введение. Кристаллические и аморфные тела. Моно- и поликристаллы. Идеальные и реальные кристаллы. Опытные законы кристаллографии. Пространственная решетка. Узел, одномерная, двумерная, пространственная решетка. Семейства прямых и плоскостей. Период идентичности. Межплоскостные расстояния. Элементарная ячейка. Параметры ячейки	<i>Коллоквиум</i>
2.	Элементы кристаллохимии	Элементы кристаллохимии. Решетки, как шаровые упаковки. Структуры элементов и соединений. Координационное число. Атомный и ионный радиус. Пустоты в плотнейших упаковках.	<i>Коллоквиум</i>
	Структурный тип	Понятие о структурном типе. Структуры магнетиков. Железо, кобальт, никель. Редкоземельные металлы. Интерметаллиды. Ферриты. Кристаллическая и магнитная структура. Подрешетки. Методы определения структуры и ориентации монокристаллов	<i>Коллоквиум</i>
3.	Неупорядоченные системы	Микроскопические и термодинамические аспекты классификации неупорядоченных систем. Виды неупорядоченных систем. Способы классификации неупорядоченных систем.	<i>Коллоквиум</i>

	Технология получения аморфного состояния тел	Аморфное и стеклообразное состояние. Технологические методы получения неупорядоченных полупроводников. Синтез стеклообразных полупроводников. Технологии получения аморфного гидрогенизированного кремния. Аморфизация кристаллических тел путем воздействия высокоэнергетических излучений	Коллоквиум
4.	Структура аморфного состояния	Атомная структура неупорядоченных систем. Понятие дальнего и среднего порядка. Методы исследования структуры. Результаты исследований конкретных неупорядоченных полупроводников	Коллоквиум
5.	Электронные состояния аморфных сред	Электронные состояния, оптические свойства и транспорт носителей в неупорядоченных системах. Особенности структуры и модели энергетических зон	Коллоквиум
6.	Электронный транспорт и оптические свойства	Электрофизические свойства неупорядоченных сред. Общие представления о механизмах проводимости. Оптические и фотоэлектрические	Коллоквиум
	аморфных сред	свойства. Способы управления свойствами неупорядоченных сред. Проблемы легирования	

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Не предусмотрены учебным правом.

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	3	4
1.	Дифрактометрическое определение параметров элементарной ячейки кристаллов.	Отчет по лабораторной работе
2.	Моделирование фононного спектра и расчет физических свойств кристаллов.	Отчет по лабораторной работе
3.	Комбинационное рассеяние света в твердых телах	Отчет по лабораторной работе
4.	Исследование строения кристаллов	Отчет по лабораторной работе

2.3.4 Примерная тематика рефератов.

Не предусмотрены учебным правом.

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	Самостоятельное изучение разделов	Методические указания по организации аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г.
2	Самоподготовка	

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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению курса «Строение и свойства кристаллов» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии; □
исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: исследовательские методы в обучении, проблемное обучение.

Интерактивные технологии, используемые при изучении дисциплины

Курс	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
2	Л	Проблемное обучение	4
	ПР	Не предусмотрены	
	ЛР	Исследовательские методы в обучении, проблемное обучение	4
Итого:			8

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

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

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля. Вопросы для подготовки к коллоквиуму:

1. Геометрическая макрокристаллография (предмет изучения и основные понятия).
2. Геометрическая микрокристаллография (предмет изучения и основные понятия).
3. Кристаллогенезис (зарождение, механизмы роста и изменение кристаллов).
4. Механизмы роста кристаллов и их морфологические проявления.
5. Кристаллохимия и физическая кристаллография.
6. Облик и габитус кристаллов.
7. Плоскогранные, кривогранные и многоглавые (блочные) кристаллы.
8. Скелетные и антискелетные кристаллы, причины образования.
9. Закономерные срастания кристаллов одного и того же вещества (автоэпитаксия).
10. Гетероэпитаксия.
11. Пространственные и кристаллические решетки.
12. Типы упорядоченности частиц в твердых веществах (ближний и дальний порядок). Кристаллические и аморфные тела.
13. Координатный репер и координатные системы в кристаллографии.
14. Свойства пространственных решеток. Элементарная ячейка.
15. Важнейшие свойства кристаллических веществ.
16. Закон постоянства граничных и реберных углов. Гониометрия.
17. Сферическая и стереографическая проекции: их связь и использование в кристаллографии.
18. Точечные элементы симметрии. Соотношение инверсионных и зеркальноповоротных осей симметрии.
19. Теоремы сложения точечных элементов симметрии.
20. Единичные и симметрично-равные направления в кристаллах разных сингоний.
21. Взаимоотношения единичных направлений с элементами симметрии (полярные и неполярные направления).
22. Вывод видов симметрии кристаллов, обладающих единичными направлениями. Формы общего положения.
23. Вывод видов симметрии кристаллов без единичных направлений. Формы общего положения.
24. Сингонии и категории.
25. Координатные плоскости и оси. Параметры граней.
26. Закон рациональности параметров (закон целых чисел).
27. Символы граней по Миллеру. Соотношение параметров и индексов символа грани.
28. Символы граней гексагональных и тригональных кристаллов (в установке Бравэ).
29. Символы рядов и ребер (для 3-координатных систем).
30. Формула Вейса. Решение задач с ее использованием. Следствие формулы Вейса (особенности символов притупляющих граней).
31. Закон Вейса (закон зон) и его следствия.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЭКЗАМЕН

1. Пространственная решетка. Семейства прямых и плоскостей
2. Индексы точек, прямых, плоскостей.
3. Обратная решетка, соотношения между прямой и обратной решетками.
4. Точечная и трансляционная симметрия кристаллов.
5. Составные элементы симметрии. Сингонии.
6. Классы симметрии. Сложение элементов симметрии. Вывод классов симметрии.
7. Винтовые оси и плоскости скользящего отражения. Пространственные группы, номенклатура
8. Решетки, как шаровые упаковки. Структуры элементов и соединений.
9. Координационное число. Атомный и ионный радиус.
10. Понятие о структурном типе.
11. Кристаллическая и магнитная структура. Подрешетки.
12. Неупорядоченные системы, их виды.
13. Технология получения аморфного состояния тел.
14. Структура аморфного состояния.
15. Электронные состояния аморфных сред.
16. Оптические свойства аморфных сред.

Образец экзаменационного билета

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Кубанский государственный университет

Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий 2019-
2020 уч.год

Дисциплина «**Физика конденсированного состояния (кандидатский экзамен)**»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Пространственная решетка. Семейства прямых и плоскостей
2. Оптические свойства аморфных сред.

Зав. кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий
Исаев В.А.

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.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

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

5.1 Основная литература:

1. Мерер, Х. Диффузия в твердых телах: /Х. Мерер ; пер. с англ. под ред. Е.Б. Якимова, В.В. Аристова - Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 535 с.
2. Основы физической химии: учебное пособие для студентов вузов : [в 2 ч.]. Ч. 1 : Теория / [В. В. Еремин и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 320 с.

5.2 Дополнительная литература:

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения: [учебное пособие] / Г. Готтштайн ; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина под ред. В. П. Зломанова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 400 с.
2. Исаев, В.А. Синтез, структурные и спектральные свойства активных кристаллических материалов: монография / В.А. Исаев ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : [Кубанский государственный университет], 2015. - 172 с.
3. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] /Ю. В. Петров -Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 213 с.

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Университетская библиотека ONLINE».

5.3. Периодические издания:

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

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

№ п/п	Ссылка	Пояснение
1.	http://www.book.ru	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.	http://www.ibooks.ru	Айбукс.ру – электронная библиотечная система учебной и научной литературы. В электронную коллекцию включены современные учебники и пособия ведущих издательств России.
3.	http://www.sciencedirect.com	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.	http://www.scopus.com	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 так же работы своих соавторов и соперников.
5.	http://www.elibrary.ru	Научная электронная библиотека (НЭБ) содержит полнотекстовые версии научных изданий ведущих зарубежных и отечественных издательств.
6.	http://diss.rsl.ru	«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 аспиранта 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 аспирант может разрешить на консультациях, проводимых по расписанию. При подготовке к практическим занятиям аспирант в обязательном порядке изучает теоретический материал.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

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

8.1 Перечень информационных технологий.

Не предусмотрено.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

Программный продукт	Договор/лицензия
Операционная система MS Windows 8, 10	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018
Интегрированное офисное приложение MS Office Professional Plus	№73–АЭФ/223-ФЗ/2018 Соглашение Microsoft ESS 72569510 от 06.11.2018

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система "Университетская библиотека ONLINE" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://biblioclub.ru>.
2. Электронная библиотечная система издательства "Лань" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>.
3. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>).

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа; оснащение: комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная; компьютерное оснащение ПЭВМ – 3 шт. 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №223С
2.	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа «Лаборатория структурного анализа»; оснащение: лазерная система на базе Nd:YAG лазера и параметрического генератора света для спектральной области 680-2500 нм, в том числе: Импульсный Nd:YAG лазер модели LO29-100; Параметрический генератор света модели LP 604; Генератор 2-ой гармоники модели LP 101; Стенд оптический. 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №123С
3.	Групповые (индивиду-	Аудитории для проведения групповых и

	альные) консультации	индивидуальных консультаций; оснащенность: комплект учебной мебели с учебными ПЭВМ; 1 ПЭВМ администратора (преподавательский); доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 212С, 207С
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации; оснащенность: комплект учебной мебели, доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №223С
5.	Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы; оснащенность: комплект учебной мебели, компьютерное оснащение ПЭВМ с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и доступом в электронную информационно-образовательную среду университета 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 208С