МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе, качеству образования – первый проректор
_____Хагуров Т.А.
подпись
«28» мая 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.08 ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность Фундаментальная физика

Форма обучения очная

Квалификация бакалавр

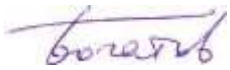
Краснодар 2026

Рабочая программа дисциплины «Кристаллография и кристаллофизика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 03.03.02 Физика (профиль) «Фундаментальная физика»

Программу составил: П.И.Быковский, доцент

подпись

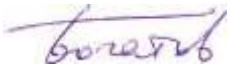
Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики и информационных систем
Протокол № 17 «28» апрель 2026 г.
Заведующий кафедрой физики и информационных систем Богатов Н.М.



подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол № 11 «28» апрель 2026 г.
Председатель УМК факультета Богатов Н.М.



подпись

Рецензенты:
Галуцкий В.В., канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры оптоэлектроники
Григорьян Л.Р., генеральный директор ООО НПФ “Мезон”

1. Цели и задачи изучения дисциплины

1.1. Цели освоения дисциплины

Модернизация и развитие курсов физики связаны с возрастающей ролью фундаментальных наук в подготовке бакалавров.

Внедрение высоких технологий в инженерную практику предполагает основательное знакомство как с классическими, так и с новейшими методами и результатами физических исследований.

Целями освоения курса Кристаллография являются:

Ознакомление студентов с особенностями строения кристаллических и аморфных твёрдых тел.

Изучение взаимосвязи состава, структуры и физических свойств кристаллов. Изучение естественной анизотропии кристаллов.

1.2. Задачи дисциплины:

Формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций.

Освоение приборной базы для исследования физических свойств кристаллов.

1.3. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего образования

Дисциплина Б1.В.О3 Кристаллография относится к вариативной части учебного плана для направления 03.03.02 Физика (бакалавриат).

Для успешного освоения курса кристаллофизики необходимы знания основ общей физики и прежде всего разделов, посвящённых изучению структуры и физических свойств различных материалов.

В свою очередь, знание законов кристаллофизики способствуют более глубокому пониманию таких специальных дисциплин, как физика полупроводников, физика конденсированного состояния вещества, нелинейная оптика и др.

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программ

Выпускник бакалавриата специальности 03.03.02 - Физика должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК), которые формируются в процессе изучения кристаллографии:

№ пп	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть

1	ПК-2	Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или)	современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование) и методику научных	проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с	навыками научных исследований в избранной области экспериментальных и (или) теоретических

№ пп	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	исследований в избранной области физических ис-следований (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубеж-ного опыта	помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

В результате освоения дисциплины Кристаллография обучающийся должен ***знать*** основные закономерности формирования твердотельных материалов с заданными свойствами; понимать взаимосвязь состава, структуры и физических свойств кристаллов; ***уметь*** применять физические модели и законы для решения прикладных задач; ***владеть*** методами физики при решении современных и перспективных технологических задач.

2. Структура и содержание дисциплины

2.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

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

Вид учебной работы	Семестр/часы
	7
Контактная работа, в том числе:	**52,3**
Аудиторные занятия (всего):	**52**
Занятия лекционного типа	26
Лабораторные занятия	26
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	
Иная контактная работа:	**14,3**
Контроль самостоятельной работы (КСР)	14

Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3
Самостоятельная работа (всего):	**15**
В том числе:	
Курсовая работа	-

Проработка учебного (теоретического) материала		-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		-
Реферат		-
Подготовка к текущему контролю		-
Контроль:		**26,7**
Подготовка к зачету		-
Общая трудоемкость	**час.**	**108**
	в том числе контактная работа	**52,3**
	зач. ед.	**3**

2.2. Структура дисциплины:

Дисциплина Кристаллография включает следующие разделы:

1. Геометрическая кристаллография.
2. Структурная кристаллография (кристаллохимия).
3. Физическая кристаллография.

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины:

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	КСР	ИКР	СРС
1	Геометрическая кристаллография.	22,1	9	4	0,1	5
2	Структурная кристаллография (кристаллохимия).	27	9	5	0,1	5
3	Физическая кристаллография	49,9	8	5	0,1	5
	Итого	108	26	14	0,3	15

2.3. Содержание разделов дисциплины

Раздел №	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Ком-петенции
1	2	3	4	5

1	Геометрическая кристал- лог-фия	Элементы симметрии, классы, сингонии и категории. Теоремы сложения элементов симметрии. Установка кристаллов. Индексы Миллера. Трансляция и пространственные группы симметрии.	Защита лаборат-х работ, тестиро-вание	ПК-2
2	Структурная кристал-лог-фия	Решётки Браве. Координационные числа, -сферы и -многогранники. Число формульных единиц.	Защита лаборатор-ных работ, тестиро-вание.	Способность проводить научные эксперимента
		Структурные типы. Ионные радиусы. Особенности плотнейших упаковок. Пределы устойчивости структур. Темы раздела способствуют формиро- ванию способностей, указанных в ПК-2.		льные физические исследования с помощью современной приборной базы (ПК-2)
3	Физическая кристал-логра-фия	Взаимосвязь состава, структуры и физических свойств твёрдых тел. Предельные группы и принципы симметрии. Указательные поверхности. Классификация кристаллов по их физическим свойствам: пиро-, сегнето- и пьезоэлектрики; одно- и двуосные кристаллы, гиротропные кристаллы. Усвоение всех тем раздела формируют способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (ПК-2).	Защита лабораторных работ, тест. Проверка способностей проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы.	ПК-2 Способность проводить научные теоретические исследования в избранной области кристаллогра-фии.

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля	Колич-во часов
1	2	3	4	
1.	Геометрическая кристаллография	Элементы симметрии, классы, сингонии и категории. Теоремы сложения элементов симметрии. Установка кристаллов. Индексы Миллера. Трансляция и пространственные группы симметрии.	Блицопрос	4
2.	Структурная кристаллография	Решётки Браве. Координационные числа, -сферы и -многогранники. Число формульных единиц. Структурные типы. Ионные радиусы. Особенности плотнейших упаковок. Пределы устойчивости структур.	Блицопрос Тест	4
3.	Физическая кристаллография	Взаимосвязь состава, структуры и физических свойств твёрдых тел. Предельные группы и принципы симметрии. Указательные поверхности. Классификация кристаллов по их физическим свойствам: пиро-, сегнето- и пьезоэлектрики; одно- и двуосные кристаллы, гиротропные кристаллы.	Блицопрос Тест	8
Итого:				16

2.3.2 Занятия семинарского типа (ПК-2):

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы семинарских (практических) занятий	Кол-во часов
1	1	Симметрия кристаллических многогранников. Установка кристаллов и определение индексов Миллера плоскостей.	2
2	2	Геометрия пространственной решётки. Определение плотности кристаллов и коэффициентов заполнения.	6
3	3	Предельные группы и принципы симметрии. Естественная и искусственная анизотропия кристаллов. Классификация кристаллов по их физическим свойствам.	8
Итого:			16

2.3.3 Лабораторные занятия: *(не предусмотрены)*

2.3.4 Примерный перечень курсовых работ:

1. Методы выращивание монокристаллов.
2. Структура и физические свойства монокристаллов сложных оксидов.
3. Модернизация спецпрактикума по кристаллографии.
4. Разработка методики оценки знаний студентов по кристаллографии..

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине *Кристаллография.*

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Проработка теоретического материала	Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов, ФГБОУ ВО «КубГУ», 2012. - 33 с.
2	Реферат	1. Бушенева Ю.И. Как правильно написать реферат, курсовую и дипломную работы: Учебное пособие для бакалавров [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 140 с. https://e.lanbook.com/book/93331.
		2. Кузнецов И.Н. Рефераты, курсовые и дипломные работы. Методика подготовки и оформления [Электронный ресурс]: учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: Дашков и К, 2016. – 340 с. https://e.lanbook.com/book/93303.
3	Подготовка презентации по теме реферата	Вылегжанина А.О. Деловые и научные презентации [Электронный ресурс]: учебное пособие – Электрон. дан. – М., Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 115 с. http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=446660 .

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, - в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

При реализации учебной работы по освоению “Кристаллографии” используются современные образовательные технологии:

– интерактивное обучение;

– исследовательские методы в обучении; – проблемное обучение.

Большая часть лекций проводится с использованием доски, проектора, таблиц, плакатов и демонстрационного эксперимента. Более 70% общего контактного времени (36,2 часа) проводятся в интерактивной форме (26 часов).

Занятия лабораторного практикума проводятся в специализированной лаборатории.

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

– самоподготовку к учебным занятиям по конспектам, учебной литературе, интернет ресурсам;

– выполнение домашних заданий (решение типовых задач и выполнение творческих заданий).

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Оценка качества освоения программы включает текущий контроль успеваемости и итоговый контроль (зачёт).

Текущий контроль успеваемости ведётся по результатам выполнения домашних заданий и практических (расчётных) работ.

В конце каждого раздела проводится так называемый “блиц-опрос”, когда студенты тут же, после номера заданного вопроса, пишут формулы и (или) определения, решают “короткие” задачи.

Пример бланка блиц опроса:

Студент(ка)_____Группа _____

1. Дать краткие определения следующим понятиям:

- класс или группа симметрии кристалла _____

_____

- предельные группы симметрии _____

_____

- структурный тип “NaCl”_____

2. Установить кристаллы классов **32** и **3m**

_____

3. Доказать наличие (отсутствие) пьезоэлектрического эффекта у кристаллов классов **4/m** и **3**.

_____

_____

4. Заполнить таблицу, поставив **+** или **–** там, где надо.

Физическое Класс свойст- кристалла во	***Пьезо- электрич. эффект***	***Гиротропия (вращение плос- ти поляр.)***	***Одно- осный кристалл***	***Дву- осный кристал***	***Пиро- электрич эффект***

↓ →					
222					
mm2					
1					
23					
4m2					

5. Каким матрицам преобразования координат соответствуют операции симметрии $\mathbf{2_x}$ и $\mathbf{4_z}$?

6. Кратко сформулировать принцип суперпозиции и привести *свой* пример.

Темы семинарских занятий:

Симметрия кристаллических многогранников.

Установка кристаллов и определение индексов Миллера плоскостей.

Геометрия пространственной решётки.

Определение плотности кристаллов и коэффициентов заполнения. Предельные группы и принципы симметрии.

Естественная и искусственная анизотропия кристаллов.

Классификация кристаллов по их физическим свойствам.

Задания для самостоятельной работы студентов.

Закономерности плотнейших упаковок шаров.

Пределы устойчивости структур.

Особенности строения и свойства жидких кристаллов.

Изоморфизм и полиморфизм.

Коэффициент заполнения элементарной ячейки. *Формы и содержание аттестаций.*

Формы аттестаций:

Анализ результатов домашних и контрольных работ.

Обсуждение результатов выполнения и защита расчётных работ.

Зачёт в конце семестра.

Примеры контрольных вопросов:

Элементы симметрии точечных групп.

Теоремы сложения элементов симметрии.

Принципы симметрии в кристаллофизике.

Пределы устойчивости структур.

Примеры тестов: Тест 1

Вопрос	Варианты ответов

	1	2	3	4
Класс (группа) симметрии 4-хгранной пирамиды	4mm .	m3m	4/m	23
Класс симметрии октаэдра	4mm	m3m	4/m	23
К какой категории относится трёхгранная призма?	высшая	низшая	средняя	не существует
Определите индексы Миллера плоскости, если (x, y, z) = **(2, ½, 1).**	(142).	(421)	(412)	(124)
Определите координаты плоскости с индексами Миллера **(432).**	(½,1/3,1/4)	(1/3,1/6,1/4)	(1/4,1/3,1/2).	(1/3,1/4,1/6)

Тест 2.

В о п р о с	Варианты ответов			
Тип решётки Бравэ CsCl	C	P	I	F
Тип решётки Бравэ NaCl	C	P	I	F
Сколько формульных единиц в решётке типа “алмаза”?	1,	4,	8,	12
В кристаллах какого класса возможен пьезоэлектрический эффект?	4/m,	4mm,	mm,	2/m
Координационное число в структуре типа “меди” равно	1,	4,	8,	12

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

(промежуточная аттестация не предусмотрена)

4.2.1 Критерии оценки при итоговой аттестации (*зачёт*):

Критериями устного ответа будут выступать следующие качества знаний:

-полнота – количество знаний об изучаемом объекте, входящих в программу;

-глубина – совокупность осознанных знаний об объекте;

-конкретность – умение раскрыть конкретные проявления обобщённых знаний (доказать на примерах основные положения);

-системность – представление знаний об объекте в системе, с выделением структурных её элементов, расположенных в логической последовательности;

-развёрнутость – способность развернуть знания в ряд последовательных шагов;

-осознанность – понимание связей между знаниями, умение выделить существенные и несущественные связи, познание способов и принципов получения знаний.

Критериями письменного ответа и практического отчёта будут выступать следующие качества знаний:

-полнота – количество знаний об изучаемом объекте, входящих в программу;

-глубина – совокупность осознанных знаний об объекте;

-конкретность – умение раскрыть конкретные проявления обобщённых знаний.

*Ответ студента на вопросы по дисциплине «Кристаллография» оценивается по двухбалльной системе (**зачтено/не зачтено**):*

«Зачтено» ставится, если:

- дан ответ достаточной степени полноты на поставленный вопрос;
- логика и последовательность изложения не имеют нарушений или присутствуют незначительные нарушения;

- изложение теоретического материала и употребление терминов было безошибочным или допущены несущественные неточности или ошибки;
- показаны умения и навыки практического применения теоретического материала. «**Не зачтено**» ставится, если
- ответы на поставленные вопросы не были даны, а также если:
- логика и последовательность изложения имеют существенные нарушения;
- допущены существенные ошибки в теоретическом материале;
- в ответе отсутствуют выводы;
- сформированность умений и навыков не показана.

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:

5.1 Основная литература:

1. Егоров-Тисменко, Юрий Клавдиевич Кристаллография и кристаллохимия [Текст]:

учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Геология" / Ю. К. Егоров-Тисменко; [под ред. В. С. Урусова] ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геол. фак. - 3-е изд. - Москва : Книжный дом "Университет", 2014. - 587 с.: ил. - Библиогр.: с. 583-587. - ISBN 978-5-98227-687-2.

2. Бондарев В.П. Основы минерологии и кристаллографии с элементами петрографии [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. П. Бондарев. - М.: Форум :
ИНФРА-М, 2015. - 280 с.
http://znanium.com/catalog/author/4ee7b0a2-f860-11e3-9766-90b11c31de4c.

3. Басалаев Ю.М. Кристаллофизика и кристаллохимия [Электронный ресурс]:
учебное пособие / Ю. М. Басалаев ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет». - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2014. - 403 с.
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=278304.

5.2 Дополнительная литература:

1. Готтштайн Гюнтер Физико-химические основы материаловедения [Текст] : [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.: ил. - (Лучший зарубежный учебник). - Библиогр.: с. 375-383. - ISBN 9785947747690. - ISBN 3540401393.

2. Чупрунов Е.В. Основы кристаллографии: учебник для студентов вузов / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. - М.: Физматлит, 2006. - 500 с.: ил. - Библиогр.: с. 499-500. - ISBN 5940520601.

3. Артамонов В.А. Группы и их приложения в физике, химии, кристаллографии [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / В. А. Артамонов, Ю. Л. Словохотов. - М. :
Академия, 2005. - 510 с. - (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). - Библиогр. : с. 498-503. - ISBN 5769521376.

6.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) 1. Программы моделирования структурных типов: TOPOS;
Kristallograph.rar.

7.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины и подготовке к итоговому контролю (зачёту)

Контроль полученных знаний осуществляется в виде зачета. Подготовка к нему – это обобщение и укрепление знаний, их систематизация, устранение возникших в процессе учебы пробелов в овладении учебной дисциплиной. Зачет проводится в соответствии с учебной программой по данному предмету. Программа – обязательный руководящий документ, по которому можно определить объем требований, предъявляемых на зачетах, а также систему изучаемого учебного материала. Студенты вправе пользоваться программой и в процессе самих зачетов. Поэтому в ходе изучения предмета, подготовки к зачету нужно тщательно ознакомиться с программой курса. Это позволит целенаправленно изучить материал, самостоятельно проверить полученные знания. При подготовке к зачету следует побывать на групповых и индивидуальных консультациях, которые, являясь необходимым дополнением лекций, лабораторных занятий, помогают глубже усвоить наиболее сложные

положения изучаемого курса, устранить пробелы в знаниях. Зачеты ставят перед студентами задачу самостоятельно распорядиться полученными знаниями, облечь их в надлежащую форму, подготовить логически стройный и научно обоснованный ответ.

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

Для проведения занятий по дисциплине Кристаллография имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория (ауд. 201 С), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением; специализированные демонстрационные стенды и установки по различным разделам общей физики (ком. 200 С)
2.	Семинары	Спецлаборатория кристаллографии (ком. 320 С), имеющая компьютерный класс, наглядные пособия по кристаллографии: модели многогранников и пространственных решёток; программы моделирования и исследования кристаллических структур, поляризационный микроскоп МИН-8 и 5-осный столик Фёдорова.
3.	Лабораторные занятия	Лабораторные занятия не предусмотрены.
4.	Курсовое проектирование	Кабинет для выполнения курсовых работ - спецлаборатория кристаллографии (ком. 320 С). Лаборатория выращивания монокристаллов (ком. 131 С).
5.	Консультации	Аудитория 320 С, кабинет 232 С.
6.	Текущий контроль.	Аудитория 320 С, кабинет 232 С.
7.	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.