

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

2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Б1.В.ДВ.02.01 МЕТОДЫ ВЫРАЩИВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ**

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность   Фундаментальная физика


Форма обучения   очная

Квалификация   бакалавр

Краснодар 2021

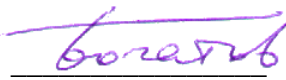
Рабочая программа дисциплины «Электричество и магнетизм» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.03.03 Физика (профиль) "Фундаментальная физика"

Программу составил:  
Б.В.Игнатъев, доцент

  
подпись

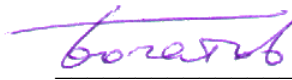
Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики и информационных систем  
протокол № 14 «16» апреля 2021 г.  
Заведующий кафедрой (разработчика)

Богатов Н.М.  
фамилия, инициалы

  
подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета  
Физико-технический факультет  
протокол № 13 «16» апреля 2021 г.  
Председатель УМК факультета

Богатов Н.М.  
фамилия, инициалы

  
подпись

Рецензенты:

Шапошникова Т.Л., зав.кафедрой физики ФГБОУ ВО КубГТУ

Григорьян Л.Р., Генеральный директор ООО НПФ «Мезон»

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

### **Цель освоения дисциплины.**

Учебная дисциплина «Методы выращивания кристаллов» ставит своей целью сформировать у бакалавров представление об основных понятиях, явлениях, законах и методах специального раздела курса физики, а также привить навыки практических расчетов и экспериментальных исследований. Раздел «Методы выращивания кристаллов» занимает важное место в системе физического образования. Во-первых, он дает представление о физических методах исследования оптических материалов. Во-вторых, этот курс создает необходимую основу для продвижения в область квантовых явлений и в другие специальные разделы физики.

### **1.2 Задачи дисциплины.**

- синтез и исследование свойств лазерных сред и реализация некоторых из них на практике;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми физику приходится сталкиваться при изучении новых явлений;
- приобретение навыков экспериментальных исследований;
- формирование у студентов основ естественнонаучной картины мира.

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

«Методы выращивания кристаллов» является обязательной дисциплиной направления 03.03.02 – «физика». В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание основ кристаллографии, кристаллохимии, кристаллофизики, квантовой электроники и физики конденсированного состояния.

В свою очередь, разделы дисциплины «Методы выращивания кристаллов» составляют необходимую основу для успешного изучения электродинамики, физики конденсированного состояния вещества и сплошных сред, а также квантовой механики. В цикле общефизических дисциплин необходимыми предпосылками являются знание основ классической механики, молекулярной физики и специальной теории относительности.

### **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 профессиональных компетенций

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-1	Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	современную аппаратуру для синтеза и исследования кристаллов	пользоваться современной техникой для физических исследований	современными методами исследований конденсированного состояния
2.	ПК-2	Способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы.	Принципы работы современных измерительных приборов	применять современные приборы для физических исследований.	Методикой применения современных приборов для целей роста кристаллов.
3.	ОПК-3	Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	практическое использование современной измерительной техники.	Работать с измерительным и, выполняя требования техники безопасности.	Методами определения параметров лазерных материалов.
4.	ПК-5	Способностью пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	применять современные методы обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований	методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований

## 2. Структура и содержание дисциплины.

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)		
		5	—	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>				
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>	<b>32</b>	<b>32</b>		
Занятия лекционного типа	-	-	-	
Лабораторные занятия	32	32	-	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-	-	
	-	-	-	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	0,2		
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>				
Подготовка к текущему контролю	35,8	35,8	-	
<b>Контроль:</b>				
Подготовка к экзамену	-	-		
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	<b>-</b>
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>36,2</b>	<b>36,2</b>	
	<b>зач. ед.</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	

### 2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре (очная форма)

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
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.	12			6	6
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	12			6	6
3.	Рост кристаллов и синтез стекол и ситаллов . Технологические методы получения кристаллов. Технологические методы получения стекол и ситаллов	12			6	6
4.	Рентгеновские исследования кристаллов . Рентгенофазовый анализ.	12			6	6
5.	Рентгеноструктурный анализ Рентгеноструктурный анализ. Метод полиэдров Вороного-Дирихле	12			4	6
6.	Метод Чохральского	12			4	5,8
	<i>Итого по дисциплине:</i>	72			32	35,8

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: не предусмотрены.

2.3.2 Занятия семинарского типа: не предусмотрены.

#### 2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	3	4
1.	Фазовые диаграммы.	Отчет по лабораторной работе.
2.	Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах . Диаграммы состояния систем.	Отчет по лабораторной работе.
3.	Технологические методы получения кристаллов и стекол.	Отчет по лабораторной работе.
4.	Рентгенофазовый анализ.	Отчет по

		лабораторной работе.
5.	Рентгеноструктурный анализ.	Отчет по лабораторной работе.
6.	Метод Чохральского.	Отчет по лабораторной работе.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены.

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

№	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. <a href="https://e.lanbook.com/book/93331">https://e.lanbook.com/book/93331</a> . 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. <a href="https://e.lanbook.com/book/93303">https://e.lanbook.com/book/93303</a> .
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. <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=446660</a>

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,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

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 дисциплины «Методы выращивания кристаллов» используются современные образовательные технологии:

- беседа, дискуссия, мозговой штурм;
- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

На лабораторные работы выносятся около 80 % материала изложенного в программе дисциплины. Остальная часть материала выносятся для самостоятельного изучения. В конце каждого занятия бакалаврам предлагаются для выполнения творческие и исследовательские задания, углубляющие и расширяющие изучаемый материал, развивающие инновационное мышление, а также умение работать с привлечением современных информационных технологий. Выполнение этих заданий обсуждаются на следующем занятии.

Самостоятельная работа по дисциплине включает:

- самоподготовку к учебным занятиям по конспектам и учебной литературе;
- выполнение домашних заданий (изучение теории методов исследований).

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.**

Перечень контрольных вопросов

1. Применение кристаллов в технике. Электрическая поляризация (электрическая индукция, напряженность электрического поля в диэлектрике; соотношение между индукцией  $D$ , напряженностью поля  $E$  и поляризацией  $P$  в анизотропных диэлектриках), пироэлектрики (линейные и нелинейные диэлектрики, сегнетоэлектрики; электрооптические явления, электрооптические затворы и модуляторы), пьезоэлектрический эффект.
2. Среда кристаллизации. Кристаллизация в твердом состоянии (расстекловывание, полиморфные превращения), жидкость– твердое (кристаллизация из расплава, кристаллизация из растворов, кристаллизация из газовой фазы).
3. Движущая сила роста кристаллов (химический потенциал, величина пересыщения).
4. Процессы зародышеобразования. Факторы, определяющие зародышеобразование: удельная поверхностная энергия, работа образования зародышей, критическое пересыщение, размер критического зародыша, гомогенное и гетерогенное образование зародышей, метастабильная и лабильная области, причины существования метастабильной области. Дефекты в кристаллах.
5. Механизмы роста кристаллов: двумерное зародышеобразование, слоистый, спиральный, нормальный рост, строение межфазовой границы, краевые и винтовые дислокации, вектор Бюргерса, периодические цепи связи и оценка поверхностной энергии,  $F$ ,  $S$  и  $K$ -границы, теория Джексона.
6. Зависимость между величиной пересыщения и морфологией кристаллов: огрубление границы жидкость–кристалл, соотношение между величиной пересыщения и скоростью роста, лимитирующая стадия процесса роста, диффузионный и кинетический режимы роста кристаллов.



7. Фазовые диаграммы. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы. Двухкомпонентные системы (с промежуточным соединением, плавящимся конгруэнтно; с соединением, плавящимся incongruently; диаграммы с твердыми растворами; пять типов диаграмм по Розебуму).
8. Захват примесей: гомогенный, гетерогенный захват, зонарная, секториальная, структурная неоднородности, коэффициенты распределения примеси (равновесный, статистический коэффициенты распределения).
9. Влияние примесей на процессы роста и морфологию кристаллов. Роль сильно адсорбирующей примеси.
10. Процессы выращивания кристаллов из расплавов: физико-химические основы выращивания; процессы, влияющие на состав расплава; термическая диссоциация; процессы теплопереноса, определяющие распределение температур в расплаве и кристалле; процессы массопереноса. Методы с большим объемом расплава: Киропулоса, Чохральского, Стокбаргера–Бриджмена; методы с малым объемом расплава: Вернейля, зонная плавка.
11. Выращивание кристаллов из растворов: низко-, средне- и высокотемпературные растворы, основы выращивания кристаллов из растворов, кристаллизация, правило выбора способа кристаллизации.
12. Кристаллизация из паровой фазы: физико-химические закономерности роста; методы с использованием физической конденсации; катодное распыление; метод молекулярных пучков; метод объемной паровой фазы; кристаллизация в потоке инертного газа; методы кристаллизации с участием химических реакций.

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

Аттестация по защищенным лабораторным работам.

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. 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. 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=278304).

3. Мюллер, Ульрих Структурная неорганическая химия [Текст] / У. Мюллер ; пер. с англ. А. М. Самойлова, Е. С. Рембезы под ред. А. М. Ховива. - Долгопрудный : Интеллект, 2010. - 351 с. : ил. - Библиогр.: с. 331-337. - ISBN 9785915590693. - ISBN 9780470018644.

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

### **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, Евгений Владимирович Основы кристаллографии [Текст] : 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, Вячеслав Александрович 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.

Указанная основная литература имеется в библиотеке КубГУ в достаточном количестве.

### **5.3 Периодические издания:**

1. Журнал: "Квантовая электроника" - ведущий российский научный ежемесячный журнал в области лазеров и их применений, а также по связанным с ними тематикам: лазерная физика и техника, нелинейная оптика, лазерный термоядерный синтез, волоконная и интегральная оптика, воздействие лазерного излучения на вещество, лазерная плазма, оптическая обработка и передача информации, когерентность и хаос, лазерные технологии, нанотехнологии, лазерная медицина и биология(<http://www.quantum-electron.ru>).
2. Журнал: Applied Physics B: Lasers and Optics Печатный рецензируемый журнал.

Тематика: лазерная физика; линейная и нелинейная оптика; сверхбыстрые явления; оптические материалы; квантовая оптика; лазерная спектроскопия ([http://www.springer.com/physics/journal/340?cm\\_mmc=sgw-\\_-ps-\\_-journal-\\_-00340](http://www.springer.com/physics/journal/340?cm_mmc=sgw-_-ps-_-journal-_-00340))

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

1. Сайт научной библиотеки сибирского федерального университета <http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/94/>
2. Сайт содержащий справочные данные различных кристаллов: <http://refractiveindex.info/>.
3. <http://www.lebedev.ru>.
4. <http://www.gpi.ru>.
5. <http://www.polyus.msk.ru>.

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

Сопровождение самостоятельной работы студентов организовано в следующих формах:

- оформление отчетов по лабораторным работам и подготовка к устной их защите;
- усвоение, дополнение и вникание в разбираемые разделы дисциплины при помощи знаний получаемых по средством изучения рекомендуемой литературы;
- консультации, организованные для разъяснения проблемных моментов при самостоятельном изучении тех или иных аспектов разделов усваиваемой информации в дисциплине.

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

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

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

Информационные технологии - не предусмотрены.

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

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

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru>)
2. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
3. Сайт, содержащий справочные данные различных кристаллов используемых для лазеров: <http://refractiveindex.info/>.

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Занятия лекционного типа	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа ауд. 148С, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО).
2.	Лабораторные работы	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ ауд. 320С, 131С оснащенное лабораторным оборудованием.
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория № 209С
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория № 209С
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы 208С, 204С, 205С оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.