

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

Т.А. Хатузов
подпись
28 мая 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.3 ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ

Направление подготовки 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность 01.04.07 Физика конденсированного состояния


Программа подготовки академическая

Форма обучения: очная

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-Исследователь

Краснодар 2021

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 от «16» апреля 2020 г., протокол № 10

Зав. кафедрой



В.А. Исаев

Одобрено на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета от «20» апреля 2020 г., протокол № 13

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 «Выращивание кристаллов» ставит своей целью ознакомление с физическими принципами работы оптических элементов и 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, а также работы стендов для исследования оптических свойств активных и нелинейных материалов.

1.2 Задачи дисциплины.

В задачу учебной дисциплины входит ознакомление с основными принципами термодинамического и кристаллохимического методов исследования процессов кристаллизации и кристаллофизического изучения свойств монокристаллов.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Выращивание кристаллов» относится к вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления 03.06.01 – Физика и астрономия направленности 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.	ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научноисследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационнокоммуникационных технологий	основные законы, идеи и принципы строения и свойств кристаллических и аморфных тел, их становление и развитие в исторической последовательности, их математическое описание, их экспериментальное исследование и практическое исполь-	измерять параметры, определяющие структурные свойства кристаллических материалов	методами компьютерного моделирования структуры кристаллов
№ п. п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
			зование		
2.	ПК-1	готовностью выбирать, осваивать и совершенствовать методы выращивания и исследования кристаллов	терминологию и определения физических величин, характеризующих структурные и физические свойства кристаллов	выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования кристаллов	компьютерными методами расчета параметров, характеризующих свойства кристаллов
3.	УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного и личностного развития	классификацию кристаллических соединений и особенности их оптических свойств	выбирать, осваивать и совершенствовать методы экспериментального и теоретического исследования кристаллов	методами компьютерного моделирования структурных и характерных свойств кристаллов

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

Вид учебной работы		Всего часов	Курсы (часы)
			4
Аудиторные занятия (всего):		54	54
Занятия лекционного типа		18	18
Лабораторные занятия		18	18
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		18	18
Самостоятельная работа, в том числе:		54	54
Самостоятельное изучение разделов		34	34
Самоподготовка		20	20
Контроль:		-	-
Подготовка к экзамену		-	-
Общая трудоемкость	час.	108	108
	зач. ед.	3	3

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоёмкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые на 4 курсе

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Физико-химические основы выращивания кристаллов из расплава.	9	3	-	-	6
2.	Методы выращивания из расплава.	9	3	-	-	6
3.	Тепловые поля и гидродинамическое течение расплава.	10	2	2	-	6
4.	Кристаллизация из расплава методом Чохральского.	12	2	4	-	6
5.	Аппаратура для выращивания кристаллов методом Чохральского.	32	2	4	18	8

6.	Дефекты в кристаллах, выращиваемых из расплавов.	8	2	-	-	6
7.	Основные приемы работы на установке для выращивания кристаллов методом Чохральского.	14	2	4	-	8
8.	Выращивание кристалла из расплава методом Чохральского.	14	2	4	-	8
	<i>Итого по дисциплине:</i>		18	18	18	54

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.	Физико-химические основы выращивания кристаллов из расплава.	<p>Диаграммы состояния. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление. Коэффициенты распределения на основе диаграмм состояния. Особенности выращивания кристаллов соединений, обладающих областью гомогенности (твердые растворы). Методические основы синтеза шихты для выращивания кристаллов (соосаждение из растворов, высокотемпературный синтез в твердой фазе). Термодинамическая характеристика процессов кристаллизации из расплава, способы создания переохлаждения и теплоотвода.</p>	Коллоквиум
2.	Методы выращивания из расплава.	<p>«Консервативные» и «неконсервативные» методы. Методы Таммана, Обреимова и Шубникова, направленная кристаллизация по методу Бриджмена – Стокбаргера, Багдасарова. Методы вытягивания из расплава: Чохральского, Киропулоса, дифференциального вытягивания, метод гарниссажа, метод Степанова. Зонная плавка. Метод</p> <p>Вернейля.</p>	Коллоквиум

3.	Тепловые поля и гидродинамическое течение расплава.	Температурное распределение в расплаве в зависимости от природы материала. Свободная и вынужденная конвекция и их взаимосвязь с условиями выращивания и природой кристаллизуемого материала. Факторы, определяющие характер гидродинамического течения в расплаве (скорости вращения и вытягивания, аксиальный и радиальный температурные градиенты). Геометрические параметры основных узлов кристаллизационной системы.	Коллоквиум
4.	Кристаллизация из расплава методом Чохральского.	способы нагрева и аппаратура для выращивания. Основные требования к ростовому узлу при омическом и высокочастотном нагреве. Управление градиентами в соответствии с симметрией кристалла. Выращивание кристаллов со структурой шеелита – переохлаждение расплава и его влияние на процесс роста кристаллов. Теория устойчивого роста кристаллов применительно к методу Чохральского.	Коллоквиум
5.	Аппаратура для выращивания кристаллов методом Чохральского.	Основные требования к системе. Методы контроля и стабилизации мощности. Эволюция способов автоматизации процесса выращивания. Алгоритмы расчета формы кристалла в установках с датчиком веса. Основные компоненты установки РУМО –1П.	Коллоквиум
6.	Дефекты в кристаллах, выращиваемых из расплавов.	Классификация дефектов. Термические напряжения, остаточные напряжения. Способы выявления дефектов. Слои роста. Эффект грани при росте кристаллов из расплава. Полосы скольжения, блоки и границы зерен. Отталкивание и захват посторонних частиц; типичные конфигурации газовых включений в кристаллах.	Коллоквиум
7.	Основные приемы работы на установке для выращивания кристаллов методом Чохральского.	Способы крепления затравок. Центровка затравки, системы выращивания методом Чохральского. Получение расплава. Определение точки фазового равновесия. Затравление.	Коллоквиум
8.	Выращивание кристалла из расплава методом Чохральского.	Расчет модельного кристалла. Анализ ошибок процесса автоматического управления реального роста кристалла. Отрыв кристалла. Расчет программы охлаждения.	Коллоквиум

2.3.2 Занятия семинарского типа.

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Тепловые поля и гидродинамическое течение расплава.	Температурное распределение в расплаве в зависимости от природы материала. Свободная и вынужденная конвекция и их взаимосвязь с условиями выращивания и природой кристаллизуемого материала. Факторы, определяющие характер гидродинамического течения в расплаве (скорости вращения и вытягивания, аксиальный и радиальный температурные градиенты). Геометрические параметры основных узлов кристаллизационной системы.	Решение задач
2.	Кристаллизация из расплава методом Чохральского.	способы нагрева и аппаратура для выращивания. Основные требования к ростовому узлу при омическом и высокочастотном нагреве. Управление градиентами в соответствии с симметрией кристалла. Выращивание кристаллов со структурой шеелита – переохлаждение расплава и его влияние на процесс роста кристаллов. Теория устойчивого роста кристаллов применительно к методу Чохральского.	Решение задач
3.	Аппаратура для выращивания кристаллов методом Чохральского.	Основные требования к системе. Методы контроля и стабилизации мощности. Эволюция способов автоматизации процесса выращивания. Алгоритмы расчета формы кристалла в установках с датчиком веса. Основные компоненты установки РУМО –1П.	Решение задач
4.	Основные приемы работы на установке для выращивания кристаллов методом Чохральского.	Способы крепления затравок. Центровка затравки, системы выращивания методом Чохральского. Получение расплава. Определение точки фазового равновесия. Затравление.	Решение задач
5.	Выращивание кристалла из расплава методом Чохральского.	Расчет модельного кристалла. Анализ ошибок процесса автоматического управления реальным ростом кристалла. Отрыв кристалла. Расчет программы охлаждения.	Решение задач

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля

1	3	4
1.	Выращивание монокристаллов методом Чохральского	Защита лабораторной работы

2.3.4 Примерная тематика рефератов Не предусмотрено учебным планом.

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	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 «Выращивание 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
4	Л	Проблемное обучение	5
	ПР	Не предусмотрены	
	ЛР	Исследовательские методы в обучении, проблемное обучение	15
<i>Итого:</i>			20

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. Методы выращивания кристаллов.
2. Виды диаграмм состояния.
3. Оценка коэффициентов распределения на основе диаграмм состояния
4. Конгруэнтное и инконгруэнтное плавление веществ.
5. Термодинамическая характеристика процессов кристаллизации из расплава.
6. Особенности выращивания кристаллов соединений, обладающих областью гомогенности
7. Методы синтеза шихты для выращивания кристаллов.
8. Способы создания переохлаждения и теплоотвода при выращивании кристаллов из расплава.
9. Методы направленной кристаллизации из расплава.
10. Зонная плавка, особенности, распределение примеси.
11. Синтез гранатов методами горизонтально-направленной кристаллизации и методом Чохральского.
12. Синтез фианитов методом гарнисажа.
13. Температурное распределение в расплаве в зависимости от природы материала.
14. Свободная конвекция ее зависимость от условий выращивания.
15. Вынужденная конвекция ее зависимость от условий выращивания.
16. Факторы, определяющие характер гидродинамического течения в расплаве.
17. Выбор геометрических параметров основных узлов кристаллизационной системы.
18. Способы нагрева ростовых узлов, особенности, преимущества и недостатки.
19. Основные требования к ростовому узлу в зависимости от способов нагрева.
20. Условия, влияющие на аксиальный и радиальный температурные градиенты.
21. Управление градиентами в соответствии с симметрией кристалла.
22. Методы контроля и стабилизации мощности.
23. Способы автоматизации процессов выращивания, их эволюция, современное состояние.
24. Алгоритмы расчета модели кристалла в установках с верхним датчиком веса.
25. Термические напряжения и остаточные напряжения в кристаллах.
26. Способы уменьшения остаточных напряжений в кристаллах.
27. Способы контроля температуры расплава.
28. Способы управления процессом кристаллизации из расплава.
29. Расчет программы нагрева ростового узла кристалла.

30. Расчет программы охлаждения кристалла.
31. Способы заполнения и наплавления тиглей.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации. ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ВЫНОСИМЫХ НА ЗАЧЕТ

1. Фазы и компоненты. Условия равновесия и превращения фаз
2. Кристаллизация в однокомпонентной системе
3. Гомогенное зарождение капель жидкости, кристаллов.
4. Гетерогенное зарождение кристаллов. Влияние внешних воздействий на скорость зародышеобразования
5. Модели роста кристаллов. Рост идеального кристалла путем образования двумерных зародышей
6. Равновесная форма кристаллов. Вычисление удельной свободной поверхностной энергии.
7. Возможности реализации равновесной формы кристалла. Соотношение между равновесной формой и формой роста. Влияние температуры на равновесную структуру поверхности кристалла
8. Адсорбционный слой и поверхностная диффузия. Скорость перемещения ступени на грани кристалла. Рост грани кристалла путем образования двумерных зародышей. Эпитаксия
9. Затвердевание чистого расплава. Очистка вещества при кристаллизации расплава. Концентрационное переохлаждение расплава.
10. Тепло и массоперенос при росте кристаллов из раствора. Послойный рост.
11. Влияние примесей на рост кристаллов. Изменение состава и свойств кристаллообразующей среды в присутствии постороннего вещества
12. Включение раствора в кристалл. Секториальное и зональное строение кристаллов. Захват неструктурных примесей и кристаллизационное давление
13. Особенности массовой кристаллизации. Массовая кристаллизация из раствора. Твердофазный рост кристаллов.
14. Моделирование процессов роста кристаллов.
15. Интерференционные и рентгенографические методы исследования процессов роста кристаллов
16. Возможности ограничения роста кристаллов в некоторых направлениях
17. Образование и рост нитевидных кристаллов в растворе в присутствии примесей.
18. Технологические методы получения упорядоченных сред.
19. Метод Чохральского.
20. Метод Бриджмена-Стокбаргера.
21. Методы Киропулуса и Вернеля.
22. Методы роста кристаллов из газовой фазы
23. Аморфное и стеклообразное состояние. Технологические методы получения неупорядоченных систем.

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. 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. Мерер, Х. Диффузия в твердых телах: /Х. Мерер ; пер. с англ. под ред. Е.Б. Якимова, В.В. Аристова - Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 535 с.
3. Петров, Ю.В. Основы физики конденсированного состояния: [учебное пособие] /Ю. В. Петров -Долгопрудный: Интеллект, 2013. – 213 с.

5.2 Дополнительная литература:

1. 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.
2. Ахмедшина, В.А. Кристаллизация энергонасыщенных соединений из растворов : учебное пособие / В.А. Ахмедшина, В.Я. Базотов ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. - 124 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1249-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258696>.
3. Леонюк, Н.И. Кристаллогенезис в многокомпонентных расплавах: (купраты, бораты, фосфаты, ванадаты, танталаты) / Н.И. Леонюк, В.В. Мальцев. - Москва : Издательство ГЕОС, 2014. - 391 с. - ISBN 978-5-89118-650-7 ; То же

[Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467908>.

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 оснащённость
1.	Лекционные занятия	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа; оснащение: комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная; компьютерное оснащение ПЭВМ 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №223С
2.	Лабораторные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа «Лаборатория роста оптических сред»; оснащение: комплект учебной мебели; доска учебная магнитно-маркерная; компьютерное оснащение ПЭВМ; ростовая установка для выращивания монокристаллов и твёрдых растворов по методу Чохральского с автоматизированным комплексным оборудованием; лазер на парах меди; монохроматор с регистрационным оборудованием и цифровым интерфейсом 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, № 131С
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций; оснащённость: 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; оснащённость: комплект учебной мебели, доска учебная магнитно-маркерная 350040 г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149, №223С
5.	Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы; оснащённость: 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