

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский**  
**Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»**

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от "30"ноября 2022 г. №13

**Рабочая программа дисциплины**  
**«ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ИЗ**  
**ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ РАСТВОРОВ (FLUX МЕТОД)»**

Уровень высшего образования  
**Подготовка научных и научно-педагогических кадров**

Научные специальности

1.1.2. Дифференциальные уравнения и математическая физика, 1.1.4. Теория вероятностей и математическая статистика, 1.1.5. Математическая логика, алгебра, теория чисел и дискретная математика, 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела, 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение, 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, 1.3.11. Физика полупроводников, 1.3.19. Лазерная физика, 1.3.4. Радиофизика, 1.3.7. Акустика, 1.3.8. Физика конденсированного состояния, 1.4.1. Неорганическая химия, 1.4.2. Аналитическая химия, 1.4.3. Органическая химия, 1.4.4. Физическая химия, 1.4.7. Высокмолекулярные соединения, 1.4.8. Химия элементоорганических соединений, 1.5.11. Микробиология, 1.5.15. Экология, 1.5.2. Биофизика, 1.5.21. Физиология и биохимия растений, 1.5.5. Физиология человека и животных, 2.2.2. Электронная компонентная база микро и наноэлектроники, квантовых устройств, 3.2.7. Аллергология и иммунология, 5.1.1. Теоретико-исторические правовые науки, 5.1.2. Публично-правовые (государственно-правовые) науки, 5.1.3. Частно-правовые (цивилистические) науки, 5.1.4. Уголовно-правовые науки, 5.1.5. Международно-правовые науки, 5.12.1. Междисциплинарные исследования когнитивных процессов, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.4. Финансы, 5.2.6. Менеджмент, 5.3.7. Возрастная психология, 5.4.2. Экономическая социология, 5.4.4. Социальная структура, социальные институты и процессы, 5.4.6. Социология культуры, 5.4.7. Социология управления, 5.5.2. Политические институты, процессы, технологии, 5.5.4. Международные отношения, глобальные и региональные исследования, 5.6.1. Отечественная история, 5.6.2. Всеобщая история, 5.6.7. История международных отношений и внешней политики, 5.7.1. Онтология и теория познания, 5.8.2. Теория и методика обучения и воспитания, 5.8.7. Методология и технология профессионального образования, 5.9.2. Литературы народов мира, 5.9.5. Русский язык. Языки народов России, 5.9.6. Языки народов зарубежных стран (с указанием конкретного языка или группы языков), 5.9.9. Медиакоммуникации и журналистика

Нижегород  
2023 год

### 1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Актуальные проблемы кристаллографии и теория псевдосимметрии» относится к вариативной части ОПОП, является факультативной дисциплиной по выбору и изучается на 3 году обучения в 5 семестре.

#### Целями освоения дисциплины являются:

В рамках курса изучаются как теоретические основы метода, так и проводятся лабораторные занятия, в ходе которых с обучающимся отрабатываются способы самостоятельного определения оптимальных условий выращивания для конкретного эксперимента.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. В первую очередь, речь идет о способности использовать законы физики и химии кристаллов, проводить анализ реальных физических систем с помощью современных исследовательских методов с использованием отечественного и зарубежного опыта.

### 3. Структура и содержание дисциплины.

Объем дисциплины (модуля) составляет всего - 36 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа – 18 часа, 18 часа – занятия семинарского типа).

**Таблица 2**

**Структура дисциплины**

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего	
Очное						
Высокотемпературные методы выращивания кристаллов. (Обзор высокотемпературных методов выращивания кристаллов. Зарождение, становление и современное состояние)	7	2	-		2	5
Область применения метода выращивания кристаллов из высокотемпературных растворов	8	2	-		2	6

(flux метод). (Место метода выращивания кристаллов из высокотемпературных растворов (flux метод) среди всех высокотемпературных методов выращивания. Преимущества и недостатки flux метода. Критерии выбора метода для выращивания кристаллов.)						
Подготовка шихты для выращивания кристаллов flux методом на примере кристалла семейства КТР (КТiOPO4). (Теоретические основы выбора компонент шихты. Методики расчёта состава шихты. Методики смешивания и наплавления компонент при подготовке шихты для выращивания кристалла семейства КТР.)	16	4	6		10	6
Выращивание кристаллов flux методом способом спонтанной кристаллизации. (Теоретические основы выращивания кристаллов flux методом способом спонтанной кристаллизации. Методики создания условий, необходимых для выращивания. Выращивание кристалла семейства КТР flux методом способом спонтанной кристаллизации.)	16	4	6		10	6
Выращивание кристаллов flux методом на затравочный кристалл. (Теоретические основы выращивания кристаллов flux методом на затравочный кристалл. Методики создания условий, необходимых для выращивания. Постановка на выращивание кристалла семейства КТР flux методом на затравочный кристалл.)	16	4	6		10	6
Оптимизация использования материальных ресурсов при выращивании кристаллов flux методом. (Принципы, позволяющие оптимизировать использование материальных ресурсов при выращивании кристаллов flux методом)	8	2	-		2	6
В т.ч.текущий контроль	2					
Промежуточная аттестация - зачет						

## Содержание дисциплины

**4. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся предполагает изучение конспектов лекций, выделенных разделов основной литературы, а также дополнительной литературы, подготовку устного доклада (публичного выступления), подготовку к промежуточной аттестации.

Перечень основной и дополнительной литературы для самостоятельного изучения приведен в п. 7 настоящей Рабочей программы дисциплины.

Контрольные вопросы для промежуточной аттестации, примерные темы для устного доклада (публичного выступления) приведены в п. 6.4 настоящей Рабочей программы дисциплины.

**5. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине****5.1. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

При выполнении всех работ учитываются следующие **основные критерии**:

- уровень теоретических знаний (подразумевается не только формальное воспроизведение информации, но и понимание предмета, которое подтверждается правильными ответами на дополнительные, уточняющие вопросы, заданные экзаменаторами);
- умение использовать теоретические знания при анализе конкретных проблем, ситуаций;
- качество изложения материала, то есть обоснованность, четкость, логичность ответа, а также его полнота (то есть содержательность, не исключающая лаконичности);
- способность устанавливать внутри- и межпредметные связи,
- оригинальность мышления, знакомство с дополнительной литературой и другие факторы.

**Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме экзамена****Описание шкалы оценивания на промежуточной аттестации в форме зачета**

Оценка	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
<i>Зачтено</i>	владение программным материалом, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений, умение самостоятельно обозначить проблемные ситуации в организации научных исследований, способность критически анализировать и сравнивать существующие подходы и методы к оценке результативности научной деятельности, свободное владение источниками, умение четко и ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.
<i>Не зачтено</i>	непонимание смысла ключевых проблем, недостаточное владение науковедческой терминологией, неумение самостоятельно обозначить проблемные ситуации, неспособность анализировать и сравнивать существующие концепции, подходы и методы, неумение ясно излагать результаты собственной работы, следовать нормам, принятым в научных дискуссиях.

## **5.2. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, используемых для оценивания результатов обучения по дисциплине**

5.2.1. При проведении зачета обучающимся предлагаются следующие контрольные вопросы, охватывающие программу дисциплины

- Определите состав шихты для выращивания кристаллов КТР из расчёта на 7 грамм смеси оксидов (малый тигель).
- Определите состав шихты для выращивания кристаллов КТР из расчёта на 100 грамм смеси оксидов (средний тигель).
- Как экспериментально определять температуру насыщения (начала кристаллизации)?
- Необходима ли кристаллическая затравка для выращивания кристаллов методом спонтанной кристаллизации?
- С какой скоростью рекомендуется понижать температуру печи в первые 24 часа роста кристалла КТР flux методом на затравочный кристалл?

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

а) основная литература:

1. Вайнштейн Б.К. Современная кристаллография. Том 3. М.: Наука, 1980. 408 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=100138> 2 экз
2. V.A. Ivanov, M.O. Marychev, P.V. Andreev, I. Koseva, P. Tzvetkov, V. Nikolov Novel solvents for the single crystal growth of germanate phases by the flux method // Journal of Crystal Growth 426 (2015) 25–32.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022024815003371>

б) дополнительная литература:

1. Мюллер Г. Выращивание кристаллов из расплава. Конвекция и неоднородности. Пер. с англ. М.: Мир, 1991. 143 с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=310609> 1 экз
2. Арсеньев П. А., Багдасаров Х. С., Курбанов Х. М., Фенин В. В. Выращивание диэлектрических лазерных кристаллов. Душанбе: Дониш, 1986. 253с.  
<http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=315280> 1 экз

## **2. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- помещения для проведения занятий: лекционного типа, семинарского типа, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования и помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ННГУ;
- материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации дисциплины, включая лабораторное оборудование (установка для выращивания кристаллов (включая подготовительные высокотемпературные печи));
- лицензионное программное обеспечение (MS Windows 10);

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Положением о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 № 2122), Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (Приказ Минобрнауки РФ от 20.10.2021 № 951).

Автор (ы) доцент каф. КрЭФ В.А. Иванов

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой Е.В. Чупрунов

Программа одобрена на заседании \_\_\_\_\_ методической комиссии физического факультета от \_\_\_\_\_ 2022 года, протокол № б/н