МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Физический
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана
физического факультета _____ Малышев А.И.

« 30 » августа 2017г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Образование кристаллов
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования
бакалавриат
(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность
03.03.02 «Физика»
(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы
Физика конденсированного состояния
(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)
бакалавр
(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения
очно-заочная
(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород
2017
год набора 2013

1. Место дисциплины «Образование кристаллов» в структуре ООП

Дисциплина «Образование кристаллов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части профессионального цикла основной образовательной программы по направлению 03.03.02 «Физика», профиль подготовки «Физика конденсированного состояния».

Программа «Образование кристаллов» органически входит в образовательную программу по кристаллографии имеет тесную связь с геометрической кристаллографией. В курсе «Образование кристаллов» изучаются физические процессы, прежде всего явления массо- и теплопереноса, взаимодействия атомов, молекул и ионов на поверхности кристаллов, адсорбция примесей и т.д. Для усвоения данного курса необходимо изучить дисциплину «Методы математической физики».

Цели освоения дисциплины «Образование кристаллов»

Целями освоения дисциплины «Образование кристаллов» являются знакомство с теорией зарождения и роста кристаллов, изучение технологии выращивания монокристаллов из пара, раствора и расплава и связи ростовых дефектов с условиями роста кристаллов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
(ПК-1) способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин	З1 *Знать* основные понятия термодинамики, механизмы роста кристаллов, кинетику кристаллизации, особенности влияния примесей на процессы кристаллизации, особенности кристаллизации из пара, раствора и расплава. У1 *Уметь* объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ. В1 *Владеть* навыками теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах.
(ПК-3) готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований	З1 *Знать* основные методы выращивания кристаллов и методы наблюдения процессов кристаллизации. У1 *Уметь* получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов. В1 *Владеть* навыками экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов.
(ПК-4) способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	З1 *Знать* теоретические модели роста кристаллов, процессы образования и виды дефектов в кристаллах. У1 *Уметь* объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации. В1 *Владеть* терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных.

3. Структура и содержание дисциплины «Образование кристаллов»

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единиц, всего 180 часов, из которых 38 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (12 часов занятия лекционного типа, 24 часа занятия лабораторного типа, в том числе 2 часа - мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа - мероприятия промежуточной аттестации), 142 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины «Образование кристаллов»

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	**Всего (часы)**	**В том числе**				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное	Очно-заочное
Равновесие и фазовые превращение	13	2		1	3	10
Возникновение новой фазы	13	2		1	3	10
Рост и равновесная форма	14	2		2	4	10
Рост из пара	14	4		2	6	8
Рост из расплава	14	2		2	4	10
Рост из раствора	14			2	2	12
Рост в присутствии примеси	14			2	2	12
Качество и условия выращивания кристаллов	14			2	2	12
Массовая кристаллизация	14			2	2	12
Выращивание из расплава	14			2	2	12
Выращивание из раствора	14			2	2	12
Выращивание из газовой фазы	14			2	2	12
Твердофазное превращение	12			2	2	12
В т.ч.текущий контроль	2			2	2	
Промежуточная аттестация - **Экзамен**						

Содержание разделов дисциплины.

I. Теория зарождения и роста кристаллов

1.Равновесие и превращение фаз

1.1 Фазы и компоненты. Условия протекания кристаллизации.
2.1 Равновесие и превращение фаз. Кристаллизация в однокомпонентной системе.
3.1 Кристаллизация в двухкомпонентной системе.
Двойные диаграммы. Усложненные диаграммы состояния. Правило отрезков.
4.1 Изображение диаграмм трехкомпонентных систем.

5.1 Поверхностное натяжение. Формула Лапласа. Уравнение Гиббса-Томсона.

2.Возникновение новой фазы

2.1. Теория гомогенного зарождения. Уравнение Гиббса-Томсона. Работа образования зародыша. Экспериментальные критерии гомогенного зарождения кристаллов.
2.2 Гетерогенное зарождение кристаллов. Скорость роста граней и форма кристаллов. Дезактивация и активирование механических примесей.
2.3 Роль очистки исходной фазы. Образование кристаллов на изоморфных и эпитаксиальных подложках и примесях.

3. Рост и равновесная форма кристаллов

3.1 Теория Косселя-Странского. Модели роста гомеополярного и ионного кристаллов.
3.2 Механизм роста идеального кристалла. Двумерное зародышеобразование.
3.3 Равновесная форма кристаллов. Принцип Гиббса-Кюри.
3.4 Влияние температуры на на равновесную структуру граней.

4. Рост кристаллов из пара

4.1 Адсорбционный слой и поверхностная диффузия.
Скорость продвижения ступеней.
4.2 Нормальная скорость роста грани.
Законы роста (нормальный, экспоненциальный, параболический).
4.3 Дислокационный рост граней кристаллов. Скорость спирального роста грани.
4.4 Рельеф поверхности в случае роста на дислокациях.
4.5 Эпитаксия. Квантово-размерные структуры.

5.Рост из расплава

5.1 Затвердевание чистого расплава. Кинетический коэффициент.
5.2 Зонная плавка (теория).
5.3 Концентрационное переохлаждение расплава.

6. Рост из раствора (теория).

6.1 Тепло- и массоперенос при росте кристаллов из раствора. Рост шероховотой грани.
6.2 Послойный рост.
6.3 ПД и ПВ модели роста из раствора.

7. Скорость роста и форма кристаллов в присутствие примесей.

7.1 Влияние примеси на свойства кристаллообразующей среды.
7.2 Адсорбционное влияние примесей.
7.2 Влияние растворителя на форму и качество кристаллов.

8. Зависимость качества кристаллов от условий роста.

8.1 Включение примесей в кристалл.
8.2 Секториальное строение кристаллов.

8.3 Аномальная оптическая двуосность.

9. Массовая кристаллизация

9.1 Особенности массовой кристаллизации.
9.2 Массовая кристаллизация из раствора и в твердом теле.

II. Методы выращивания кристаллов

1. Методы выращивания кристаллов из расплава. Классификация методов. Кристаллизация в замкнутых, полуоткрытых формах и без участия ограничивающих кристалл стенок.
   Требования к оборудованию для выращивания кристаллов. Метод Бриджмена-Стокбаргера, его особенности.
   Методы Киропулоса и Чохральского. Аппаратура для выращивания. Общая характеристика выращивания при вытягивании из расплава.
   Описание теплового поля при выращивании кристаллов методом Чохральского.
   Выращивание кристаллов металлов и полупроводников. Разновидности метода Чохральского.
   Зонная плавка. Использование ее для очистки вещества. Направленная кристаллизация. Газопламенный метод (метод Вернейля).

2. Выращивание кристаллов из растворов. Классификация методов. Выращивание из низкотемпературных растворов. Метод испарения, метод охлаждения, метод температурного перепада.
   Скоростные методы выращивание кристаллов из водных растворов. Выращивание кристаллов KDP и ADP.
   Выращивание кристаллов в гидротермальных условиях. Особенности метода и аппаратуры. Выращивание кристаллов кварца.
   Применение химических реакций для выращивания кристаллов. Кристаллизация в геле. Электрохимические реакции.
   Выращивание кристаллов из растворов в расплавах солей. Требования к растворителям и материалам аппаратуры. Жидкостная эпитаксия. Выращивание кристаллов алмаза.

3. Выращивание из газовой фазы. Классификация методов. Эпитаксия.
   Методы физической конденсации.
   Метод катодного распыления, разновидности метода.
   Методы химического транспорта. Кристаллизация в замкнутой и проточной системах.
   Выращивание гетероэпитаксиальных структур.
   Комбинированный метод выращивания кристаллов (ПЖК-механизм).
   Твердофазные превращения. Деформационный отжиг. Рекристаллизация при спекании.
   Рекристаллизация при полиморфных превращениях. Расстекловывание.

Список лабораторных работ.

1. Реальная форма кристаллов и построение идеальной формы
2. Возникновение и рост кристаллов в капле раствора и расплава
3. Ориентированная кристаллизация из растворов
4. Выращивание кристаллов из раствора

5. Определение температуры насыщения раствора по концентрационным потокам
6. Выращивание кристаллов из гелей
7. Зонарное и секториальное строение кристаллов
8. Выявление ростовых дефектов в кристаллах методом избирательного травления
9. Рост нитевидных кристаллов KDP при наличии примеси $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$

4. Образовательные технологии

Занятия по дисциплине проходят в лекционной форме, в форме семинаров и лабораторных занятий, на которых проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних заданий и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов предусматривает теоретическую подготовку к семинарам, выполнению лабораторных работ, изучение рекомендованной литературы и подготовку к зачету и экзамену.

Оценочные средства для контроля текущей успеваемости включают в себя устный опрос на лабораторных занятиях, активность в обсуждении качественных вопросов.

Вопросы к экзамену.

1. Термодинамическое описание фазового перехода первого рода. Потенциал Гиббса, химический потенциал.
2. Рост кристаллов из пара.
3. Выращивание из газовой фазы. Классификация методов. Эпитаксия. Выращивание гетероэпитаксиальных структур.
4. Фазовые диаграммы однокомпонентной системы. Правило отрезков.
5. Рост кристаллов из раствора. Рост шероховатой грани.
6. Выращивание кристаллов из растворов. Классификация методов. Выращивание из низкотемпературных растворов. Метод испарения, метод охлаждения, метод температурного перепада.
7. Фазовые диаграммы для двухкомпонентной системы первого, второго и третьего типов.
8. Рост кристаллов из раствора. Послойный рост.
9. Скоростные методы выращивания кристаллов из водных растворов. Выращивание кристаллов KDP и ADP.
10. Теория гомогенного зарождения. Уравнение Гиббса-Томсона. Гомогенное зарождение капель жидкости из пара.
11. Энергетическое воздействие примеси на рост кристалла (уравнение Шишковского).
12. Выращивание кристаллов из растворов в расплавах солей. Требования к растворителям и материалам аппаратуры. Выращивание кристаллов алмаза.
13. Теория гомогенного зарождения. Уравнение Гиббса-Томсона. Гомогенное зарождение кристаллов из жидкости.
14. Модель роста кристаллов Косселя-Странского.
15. Газопламенный метод (метод Вернейля).
16. Гетерогенное зарождение кристаллов.

17. Классификация граней. Влияние температуры на структуру кристаллической поверхности.
18. Методы Киропулоса и Чохральского.
19. Равновесная форма кристаллов. Теорема Вульфа.
20. Кристаллизационное давление.
21. Выращивание углеродных нанотрубок.
22. Механизмы роста кристаллов. Двумерное зародышеобразование.
23. Рост кристаллов из расплава.
24. Методы выращивания кристаллов из расплава. Классификация методов. Метод Бриджмена-Стокбаргера, его особенности.
25. Влияние примеси на рост кристаллов, модели Близнакова и Кабреры-Вермили.
26. Дефекты, характерные для кристаллов, выращенных из растворов.
27. Применение химических реакций для выращивания кристаллов. Кристаллизация в геле. Электрохимические реакции (электролиз).
28. Правило фаз Гиббса
29. Рост кристаллов в присутствии примесей. Адсорбция примеси. Изотерма адсорбции Ленгмюра. Равновесная и неравновесная адсорбция.
30. Зонная плавка. Использование ее для очистки вещества. Направленная кристаллизация. Выращивание кристаллов в гидротермальных условиях. Особенности метода и аппаратуры. Выращивание кристаллов кварца.

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине «Образование кристаллов» - в приложении

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Образование кристаллов»

а) Основная литература:

1. Портнов В.Н., Чупрунов Е.В. Возникновение и рост кристаллов: Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во Физматлит, 2006, 328 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=227563
2. Лодиз Р., Паркер Р. Рост монокристаллов. Изд-во «Мир», 1974 http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=98091
3. Кристаллография. Лабораторный практикум. / Под ред. проф. Чупрунова Е.В.: Учеб. пособие для вузов. М.: Физматлит, 2005, 412 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=46674

б) Дополнительная литература:

1. Портнов В.Н., Чупрунов Е.В. Кинетика и морфология дислокационного роста граней кристаллов из раствора: Учеб. пособие Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского университета, 2010, 131 с. http://www.lib.unn.ru/php/details.php?DocId=398170&DB=1

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Образование кристаллов»

Материально-техническое обеспечение дисциплины «Образование кристаллов» обусловлено наличием необходимого количества лабораторных установок для выполнения лабораторных работ, учебников в библиотеке, некоторые из них представлены на сайте физического факультета в электронном виде.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 – «Физика».

Автор (ы) _____ старший преподаватель кафедры КЭФ, к.ф.-м.н. Воронцов Д.А.

Рецензент (ы) _____

Зав. Кафедрой КЭФ _____ д.ф.-м.н. профессор Чупрунов Е.В.

Программа одобрена на заседании методической комиссии физического факультета
от « 30 » августа 2017 г., протокол № б/н

Председатель
учебно-методической комиссии
физического факультета ННГУ _____ Сдобняков В.В.

Приложение

Описание шкалы оценивания

Промежуточной аттестацией для дисциплины «Образование кристаллов» является **экзамен**.

По итогам экзамена выставляется оценка по семибалльной шкале: оценки «Плохо» и «Неудовлетворительно» означают отсутствие аттестации, оценки «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично» и «Превосходно» выставляются при успешном прохождении аттестации.

Критериями оценивания являются полнота знаний, наличие умений и владений (навыков), перечисленных в п. 2 настоящей Рабочей программы дисциплины.

«Плохо» – обучающийся не продемонстрировал никаких знаний об основных теоретических разделах курса, не показал никаких умений и навыков выполнения практических заданий;

«Неудовлетворительно» – обучающийся не продемонстрировал представления об основных теоретических разделах курса, не показал минимально допустимый уровень умений и навыков выполнения практических заданий;

«Удовлетворительно» – обучающийся продемонстрировал изложение формулировок основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий базового уровня сложности;

«Хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение основных теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Очень хорошо» – обучающийся продемонстрировал связное изложение практически всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения стандартных практических заданий;

«Отлично» – обучающийся продемонстрировал связное изложение всех теоретических положений курса и успешно показал умения и навыки выполнения практических заданий повышенного уровня сложности;

«Превосходно» – обучающийся продемонстрировал уровень знаний в объеме, превышающем стандартную программу подготовки, и продемонстрировал творческий подход к выполнению практических заданий повышенного уровня сложности.

(ПК-1) способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	**ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ПК-1) способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Планируемые результаты обучения	**Критерии оценивания результатов обучения**				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: основные понятия термодинамики, механизмы роста кристаллов, кинетику кристаллизации, особенности влияния примесей на процессы кристаллизации, особенности кристаллизации из пара, раствора и расплава	Отсутствие знаний по основным понятиям термодинамики, механизмам роста кристаллов, кинетике кристаллизации, особенностям влияния примесей на процессы кристаллизации, особенностям кристаллизации из пара, раствора и расплава	Фрагментарное знание по основным понятиям термодинамики, механизмам роста кристаллов, кинетике кристаллизации, особенностям влияния примесей на процессы кристаллизации, особенностям кристаллизации из пара, раствора и расплава	В целом успешное знание по основным понятиям термодинамики, механизмам роста кристаллов, кинетике кристаллизации, особенностям влияния примесей на процессы кристаллизации, особенностям кристаллизации из пара, раствора и расплава	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание по основным понятиям термодинамики, механизмам роста кристаллов, кинетике кристаллизации, особенностям влияния примесей на процессы кристаллизации, особенностям кристаллизации из пара, раствора и расплава	Успешное и систематическое знание по основным понятиям термодинамики, механизмам роста кристаллов, кинетике кристаллизации, особенностям влияния примесей на процессы кристаллизации, особенностям кристаллизации из пара, раствора и расплава
УМЕТЬ: объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ	Отсутствие умений объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ	Частично освоенное умение объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ	Сформированное умение объяснить влияние состава и свойств кристаллообразующей среды на процессы роста кристаллов, самостоятельно изучать особенности кристаллизации разных веществ
ВЛАДЕТЬ: навыками теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах	Отсутствие навыков теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах	Фрагментарное применение навыков теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах	В целом успешное, но не систематическое применение навыков теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах	Успешное и систематическое применение навыков теоретического исследования процессов кристаллизации в разных системах

(ПК-3) готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Индикаторы компетенции	**ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ПК-3) готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Планируемые результаты обучения	**Критерии оценивания результатов обучения**				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: основные методы выращивания кристаллов и методы наблюдения процессов кристаллизации	Отсутствие знаний по основным методам выращивания кристаллов и методам наблюдения процессов кристаллизации	Фрагментарное знание по основным методам выращивания кристаллов и методам наблюдения процессов кристаллизации.	В целом успешное знание по основным методам выращивания кристаллов и методам наблюдения процессов кристаллизации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание по основным методам выращивания кристаллов и методам наблюдения процессов кристаллизации	Успешное и систематическое знание по основным методам выращивания кристаллов и методам наблюдения процессов кристаллизации
УМЕТЬ: получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов	Отсутствие умений получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов	Частично освоенное умение получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов	Сформированное умение получать экспериментальные данные о кинетике роста кристаллов, проводить описание форм роста кристаллов, выращивать кристаллы из растворов
ВЛАДЕТЬ: навыками экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов	Отсутствие навыков экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов	Фрагментарное применение навыков экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов	В целом успешное, но не систематическое применение навыков экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов	Успешное и систематическое применение навыков экспериментального исследования процессов роста кристаллов, навыками выращивания кристаллов из растворов, основными приемами подготовки растворов и кристаллизационной аппаратуры к выращиванию водорастворимых кристаллов

(ПК-4) способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	**ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ**						
	плохо	**неудовлетворительно**	**удовлетворительно**	**хорошо**	**очень хорошо**	**отлично**	**превосходно**
Знания	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
Умения	Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
Навыки	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

(ПК-4) способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Планируемые результаты обучения	**Критерии оценивания результатов обучения**				
	1	2	3	4	5
ЗНАТЬ: теоретические модели роста кристаллов, процессы образования и виды дефектов в кристаллах	Отсутствие знаний о теоретических моделях роста кристаллов, процессах образования и видов дефектов в кристаллах	Фрагментарное знание о теоретических моделях роста кристаллов, процессах образования и видов дефектов в кристаллах.	В целом успешное знание о теоретических моделях роста кристаллов, процессах образования и видов дефектов в кристаллах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание о теоретических моделях роста кристаллов, процессах образования и видов дефектов в кристаллах	Успешное и систематическое знание о теоретических моделях роста кристаллов, процессах образования и видов дефектов в кристаллах
УМЕТЬ: объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации	Отсутствие умений объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации	Частично освоенное умение объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации	Сформированное умение объяснить кинетико-морфологические особенности роста и качества кристаллов в зависимости от условий кристаллизации
ВЛАДЕТЬ: терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных	Отсутствие навыков владения терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных	Фрагментарное применение навыков владения терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных	В целом успешное, но не систематическое применение навыков владения терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков владения терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных	Успешное и систематическое применение навыков владения терминологией, применяемой при изучении роста кристаллов, методами описания формы кристаллов, навыками изучения механизмов кристаллизации на основе экспериментальных данных