

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии  
высокочистых веществ им. Г.Г.Девятых Российской академии наук

ПРИНЯТО

Ученым советом ИХВВ РАН

Протокол № 8 от «09 » 06 2018 г.

Ученый секретарь, д.х.н. Лазукина О.П.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИХВВ РАН

д.х.н. Буланов А.Д.

«01» 08 2018 г.

Рабочая программа дисциплины  
**Химическая термодинамика материалов**

Направление подготовки  
**04.06.01 «Химические науки»**

Направленность подготовки  
**02.00.01 «Неорганическая химия»**

Квалификация выпускника  
*Исследователь. Преподаватель-исследователь*

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2018

## 1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ООП)

Дисциплина «Химическая термодинамика материалов» является обязательной дисциплиной выбора. Данная дисциплина находится в логической и содержательно-методической взаимосвязи с курсами физической химии, неорганической химии, спецкурса по избранным главам химической термодинамики.

Для успешного освоения дисциплины аспирант должен:

- знать теоретические основы построения и анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем;
- владеть практическими навыками построения модельных фазовых диаграмм и методов определения избыточных функций смешения;
- проводить самостоятельное описание фазовых поверхностей и их физико-химических свойств.

Изучение дисциплины «Химическая термодинамика материалов» как предшествующей составляет основу дальнейшей подготовки аспиранта к сдаче кандидатского экзамена по специальности, а также сформирует общие фундаментальные представления о методах построения и физико-химического анализа фазовых диаграмм однокомпонентных и многокомпонентных систем.

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

**Таблица 1**

### Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код формируемой компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций   |
|-----------------------------|--|
| <i>ОПК-1</i>                | <i>З1</i> Знать: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности.<br><i>У1</i> Уметь: выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования.<br><i>В1</i> Владеть: навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований.<br><i>В2</i> Владеть: навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов.<br><i>В3</i> Владеть: навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности. |
| <i>ПК-1</i>                 | <i>З1</i> Знать: перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также науки о материалах.<br><i>З2</i> Знать: приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.<br><i>У1</i> Уметь: прогнозировать социальные последствия действия  |

|             |  |
|-------------|--|
|             | <p>химических производств, составлять план работы по заданной тем.</p> <p><i>У2 Уметь:</i> проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-исследовательской организации.</p> <p><i>В2 Владеть:</i> навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях.</p>      |
| <i>ПК 6</i> | <p><i>31 Знать:</i> технические характеристики учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов.</p> <p><i>У1 Уметь:</i> осуществлять документирование результатов экспериментальных и теоретических исследований в соответствующей профессиональной области.</p> <p><i>В1 Владеть:</i> навыками разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.).</p> |

### 3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (72 часа занятия семинарского типа), 72 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**Таблица 2**  
**Структура дисциплины**

| Наименование раздела дисциплины   | Всего, часов | В том числе              |                           |                            |              |       | Самостоятельная работа обучающегося, часов |  |
|---|--------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|-------|--|--|
|   |              | Контактная работа, часов |                           |                            |              | Всего |  |  |
|   |              | Занятия лекционного типа | Занятия семинарского типа | Занятия лабораторного типа | Консультации |       |  |  |
| Основы теории открытых и закрытых систем  | 30           | -                        | 15                        | -                          | -            | 15    | 15   |  |
| Бинарные растворы. Термодинамический формализм для бинарных металлических растворов | 30           | -                        | 15                        | -                          | -            | 15    | 15   |  |
| Двойные фазовые диаграммы. Многокомпонентные растворы и фазовые диаграммы           | 30           | -                        | 15                        | -                          | -            | 15    | 15   |  |
| Поверхности и поверхностное натяжение. Адсорбция                                    | 30           | -                        | 15                        | -                          | -            | 15    | 15   |  |

|   |            |          |           |          |          |           |           |
|---|------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Статистические модели металлических растворов замещения и растворов внедрения | 24         | -        | 12        | -        | -        | 12        | 12        |
| Аттестация по дисциплине: зачет   |            |          |           |          |          |           |           |
| <b>Итого</b>  | <b>144</b> | <b>-</b> | <b>72</b> | <b>-</b> | <b>-</b> | <b>72</b> | <b>72</b> |

## **Содержание разделов дисциплины**

### **Раздел 1. Основы теории открытых и закрытых систем**

Фундаментальное уравнение Гиббса. Химический потенциал. Фазовые равновесия и физические превращения; особенности термодинамического описания. Фаза – строгий термодинамический подход. Фазовые переходы индивидуальных веществ: концепции и классификации. Феноменологическая классификация Эренфеста, классификация Мак-Каллафа. Теории фазовых переходов I рода.  $\lambda$ -переходы; Н- и G-переходы. Фазовые диаграммы индивидуальных веществ (воды, углерода, фуллерена  $C_{60}$ ). Полиморфизм: энантиотропия монотропия.

### **Раздел 2. Бинарные растворы. Термодинамический формализм для бинарных металлических растворов**

Физико-химический анализ фазовых диаграмм двухкомпонентных систем. Системы с ограниченной взаимной растворимостью компонентов в твердой фазе. Системы, образующие химические соединения и твердые растворы. Сплавы металлов. Интерметаллические соединения. Соответствующие фазовые диаграммы

### **Раздел 3. Двойные фазовые диаграммы. Многокомпонентные растворы и фазовые диаграммы**

Использование полиномов для выражения концентрационных зависимостей термодинамических функций. Расчет многокомпонентных фазовых диаграмм. Треугольник Гиббса и Розебома. Объемная диаграмма состояния, способы построения и методы анализа. Ограниченнная взаимная растворимость трех жидкостей.

### **Раздел 4. Поверхности и поверхностное натяжение. Адсорбция**

Характерные величины межфазного натяжения. Поверхностные избыточные характеристики и положение поверхности раздела. Модель центральных атомов. Адсорбция в многокомпонентных растворах

### **Раздел 5. Статистические модели металлических растворов замещения и растворов внедрения**

Метод ячеек в статистической термодинамике жидкостей. Статистическое описание идеальных и неидеальных растворов (без вывода). Точечные дефекты кристаллических решеток. Вакансии. Междоузельные частицы. Равновесные и неравновесные дефекты решеток. Модель центральных атомов для бинарного раствора внедрения. Модель центральных атомов для многокомпонентного раствора внедрения.

#### **4. Образовательные технологии**

Для достижения планируемых результатов обучения, в дисциплине используются различные образовательные технологии:

информационно-развивающие технологии (самостоятельное изучение литературы, применение новых информационных технологий для самостоятельного пополнения знаний, включая использование технических и электронных средств информации);

деятельностные практико-ориентированные технологии (анализ, сравнение методов проведения химических и физико-химических исследований, выбор метода, в зависимости от объекта исследования в конкретной ситуации и его практическая реализация);

развивающие проблемно-ориентированные технологии (учебные дискуссии, коллективная мыслительная деятельность, решение задач повышенной сложности).

#### **5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся**

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме индивидуальных заданий и опроса.

Итоговый контроль проводится в виде зачета.

##### **Контрольные вопросы к зачету**

1. Устойчивость фаз в однокомпонентных системах.
2. Условия равновесия в гетерогенной системе.
3. Случай одновременно протекающих реакций.
4. Термодинамика некоторых металлургических равновесий.
5. Термодинамические функции смешения.
6. Решение уравнения Гиббса – Дюгема.
7. Использование полиномов для выражения концентрационных зависимостей термодинамических функций.
8. Координаты состава и стандартные состояния при изменении активности.
9. Общая характеристика фазовых диаграмм.
10. Расчет фазовых диаграмм.
11. Тройные и четырехфазные равновесия.
12. Расчет многокомпонентных фазовых диаграмм.
13. Равновесная форма кристалла. Диаграммы Вульфа.
14. Характерные величины межфазного натяжения.
15. Поверхностные избыточные характеристики и положение поверхности раздела.

16. Адсорбция в многокомпонентных растворах.
17. Модель центральных атомов.
18. Многокомпонентные растворы.
19. Модель центральных атомов для бинарного раствора внедрения.
20. Модель центральных атомов для многокомпонентного раствора внедрения.

## **6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине**

### **6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования**

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

### **6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания**

Уровень освоения учебной дисциплины обучающимися определяется следующими оценками: «зачтено», «не зачтено».

Оценка «зачтено» предполагает:

- хорошее знание основных терминов и понятий курса;
- последовательное изложение материала;
- умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов;
- достаточно полные ответы на вопросы при сдаче зачета;
- умение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответе на зачете.

- оценка «не зачтено» предполагает:

- неудовлетворительное знание основных терминов и понятий курса;
- отсутствие логики и последовательности в изложении материала;
- неумение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов;
- неумение использовать фундаментальные понятия из базовых естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин при ответах на зачете.

### **6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.**

Уровни освоения дисциплины оцениваются согласно требованиям, изложенным в паспорте каждой из указанных компетенций, где указаны критерии оценивания результатов обучения и Планируемые результаты обучения.

Контрольные вопросы:

1. Устойчивость фаз в однокомпонентных системах (ПК-1).
2. Условия равновесия в гетерогенной системе (ПК-1).
3. Случай одновременно протекающих реакций (ПК-1).

4. Термодинамика некоторых металлургических равновесий (ПК-1).
5. Термодинамические функции смешения (ПК-1).
6. Решение уравнения Гиббса – Дюгема (ПК-1).
7. Использование полиномов для выражения концентрационных зависимостей термодинамических функций (ОПК-1).
8. Координаты состава и стандартные состояния при изменении активности (ПК-6) (ПК-1).
9. Общая характеристика фазовых диаграмм (ОПК-1).
10. Расчет фазовых диаграмм (ОПК-1).
11. Тройные и четырехфазные равновесия (ОПК-1).
12. Расчет многокомпонентных фазовых диаграмм (ОПК-1).
13. Равновесная форма кристалла. Диаграммы Вульфа (ПК-1).
14. Характерные величины межфазного натяжения (ОПК-1).
15. Поверхностные избыточные характеристики и положение поверхности раздела (ПК-6) (ПК-1).
16. Адсорбция в многокомпонентных растворах (ОПК-1).
17. Модель центральных атомов (ПК-6) (ПК-1).
18. Многокомпонентные растворы (ПК-1).
19. Модель центральных атомов для бинарного раствора внедрения (ПК-6) (ПК-1).
20. Модель центральных атомов для многокомпонентного раствора внедрения (ПК-6) (ПК-1).

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **a) основная литература:**

1. Бажин Н.М., Пармон В.Н. Начала физической химии. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 332 с. **В электронной форме**
3. Калякин Н.В. Основы химической термодинамики. – М.: Академия, 2003. – 462 с. **В бумажном виде 5 экз.**
3. Карапетянц М.Х. Химическая термодинамика. – М.: Химия, 1975. – 583 с. **В бумажном виде**
4. Степанов В.М., Колесников А.Н. Термодинамика межфазного распределения примесей при получении высокочистых веществ. Монография. ИХВВ РАН. 2013. **В бумажном виде 4 экз.**
5. Булавин Л.А., Выгорницкий Н.В.; Лебовка Н.И. Компьютерное моделирование физических систем. – М.: Интеллект, 2011 г. **в бумажном виде**
6. Розанов Ю.А. Лекции по теории вероятностей. – М.: Интеллект, 2008 г. **в бумажном виде**
7. Грибов Л.А. Элементы квантовой теории строения и свойств молекул. – М.: Интеллект, 2010 г. **в бумажном виде**
8. Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. – М.: Интеллект, 2008 г. **в бумажном и электронном виде**
9. Гусев А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твёрдом теле. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. **Доступна в интернете (регистрация)**
10. Салем Р.Р. Физическая химия. Термодинамика. М.: Физматлит, 2004 **в бумажном виде**

11. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии: Учеб. для хим. и хим.-технол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1991 **в бумажном виде 2 экз.**
12. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика: Уч. Для ВУЗов. М.: Химия, 2000 **в бумажном виде**
13. Агеев Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах. М.: МЦНМО, 2005 **в бумажном и электронном виде**
14. Асиновский Э.И. Кириллин А.В. Нетрадиционные методы исследования термодинамических свойств веществ при высоких температурах. М.: Янус-К, 1997 **в бумажном виде**
15. Ватолин Н.А. Моисеев Г.К. Трусов Б.Г. Термодинамическое моделирование в высокотемпературных неорганических системах. М.: Металлургия, 1994 **в бумажном виде 2 экз.**
16. Глазов В.М. Павлова Л.М. Химическая термодинамика и фазовые равновесия. (Двухкомпонентные металлические и полупроводниковые системы). М.: Металлургия, 1981 **в бумажном виде**
17. Дуров В.А. Агеев Е.П. Термодинамическая теория растворов: Учеб. пос. М.: Едиториал УРСС, 2003 **в бумажном виде 2 экз.**
18. Казенас Е.К. Термодинамика испарения двойных оксидов. М.: Наука, 2004 **в бумажном виде 2 экз.**
19. Калякин Н.В. Основы химической термодинамики: Учеб. для вузов. Н.Новгород: НГУ, 2003 **в бумажном виде 5 экз.**

б) дополнительная литература:

1. Русанов А.И. Лекции по термодинамике поверхностей. – СПб.: Лань, 2013. – 240 с. **В электронной форме**
2. Даниэльс Ф., Олберти Р.А. Физическая химия. – М.: Мир, 1978. – 645 с. **В электронной форме**
3. Воронин Г.Ф. Основы термодинамики. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 191 с. **В электронной форме**
4. Кудинов В.А. Техническая термодинамика. М.: Высш. школа, 2003 **в бумажной форме 6 экз.**
5. Музыкасов В.С. Бажин Н.М. Пармон В.Н. Задачи по химической термодинамике: Учеб. пос. для вузов. М.: Химия, 2001 **в бумажном виде**
6. Мюнстер А. Химическая термодинамика. М.: Едиториал УРСС, 2002 **в бумажном виде 3 экз.; в электронном виде**
7. Панченков Г.М. Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ: Учеб. пос. для вузов. 3-е изд. М.: Химия, 1985 **в бумажном виде 2 экз.**
8. Пурмаль А.П. А, Б, В ... химической кинетики. М.: ИКЦ Академкнига (277) 2004 **в бумажном и электронном виде**
9. Степанов В.М. Статистическая термодинамика разбавленных растворов: Учеб. Пос. Н.Новгород: НГУ, 1999 **в бумажном виде 38 экз.**
10. Степанов В.М. Термодинамика разбавленных растворов: Учеб. Пос. НГУ, 1998 **в бумажном виде 10 экз.**
11. Степанов В.М. Методологические основы системного анализа примесей в средах и материалах: Учеб. Пос. НГУ, 1997 **в бумажном виде 10 экз.**

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

<http://elibrary.ru>

<http://нэб.рф>

<http://info.sciencedirect.com/techsupport/journals/freedomcoll.htm>

<http://www.elsevier.com/solution/sciencedirect/content/book-title-lists>

<http://webbook.nist.gov;>

<http://www.chem.msu.ru>

в) периодические издания:

1. Доклады Академии наук
2. Журнал аналитической химии
3. Журнал неорганической химии
4. Журнал физической химии
5. Заводская лаборатория
6. Известия ВУЗ: Материалы электронной техники
7. Квантовая электроника
8. Коллоидный журнал
9. Масс-спектрометрия
10. Металлы
11. Мир измерений
12. Неорганические материалы
13. Оптика и спектроскопия
14. Оптический журнал
15. Перспективные материалы
16. Теоретические основы химической технологии
17. Успехи химии
18. Физика и химия стекла
19. Фотоника
20. Химия и жизнь
21. Энциклопедия инженера-химика

## 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Современный компьютер, мультимедиапроектор, экран, доска, специализированный пакет программ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

**Автор:**

В.н.с. ЛТВСиРСВ, д.х.н.

Кутыин А.М.

**Рецензент:**

Зам.директора, д.х.н.

Ширяев В.С.

## Карты компетенций, в формировании которой участвует дисциплина

| Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   | Критерии оценивания результатов обучения |   |   |  |  |
|---|--|---|---|--|--|
|   | 1  | 2   | 3   | 4  | 5  |
| <b>ОПК 1</b>  |  |   |   |  |  |
| ЗНАТЬ:<br>современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности  | Отсутствие знаний                        | Фрагментарные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности | В целом успешные, но не систематические представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности | В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы, представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности | Сформированные представления о современных способах использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности |
| УМЕТЬ:<br>выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования                                       | Отсутствие умений                        | Фрагментарное использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи   | В целом успешное, но не систематическое использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи   | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы использование умения выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи    | Сформированное умение выбирать и использовать экспериментальные и расчетно-теоретические методы для решения научной задачи                 |
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований | Отсутствие навыков                       | Фрагментарное применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации   | В целом успешное, но не систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации   | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации  | Успешное и систематическое применение навыков поиска и критического анализа научной и технической информации                               |

|  |                    |  |  |  |   |
|--|--------------------|--|--|--|---|
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов                     | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов     | В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов | Успешное и систематическое применение навыков планирования научного исследования, анализа получаемых результатов и формулировки выводов |
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности   | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности                         | В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности                     | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности                     | Успешное и систематическое применение навыков представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности                     |
| <b>ПК 1</b>  |                    |  |  |  |   |
| ЗНАТЬ:<br>перспективы и проблемы развития химии; фундаментальные основы химии, а также науки о материалах                          | Отсутствие знаний  | Фрагментарные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также науки о материалах      | Неполные знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также науки о материалах                                 | Сформулированные, но содержащие отдельные пробелы знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также науки о материалах  | Полные и систематические знания о перспективах и проблемах развития химии; фундаментальных основах химии, а также науки о материалах    |
| ЗНАТЬ:<br>приоритетные направления научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития науки, технологий | Отсутствие знаний  | Фрагментарные знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития | Неполные знания о знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные направления развития                   | Сформулированные, но содержащие отдельные проблемы знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные                 | Полные и систематические знания о приоритетных направлениях научных исследований в организации, а также приоритетные                    |

| и техники в Российской Федерации   |                    | науки, технологий и техники в Российской Федерации   | науки, технологий и техники в Российской Федерации  | приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации   | направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации  |
|--|--------------------|--|---|--|--|
| УМЕТЬ:<br>прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме               | Отсутствие умений  | Частично освоенное умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме               | В целом успешное, но не систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме               | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме               | Успешное и систематическое умение прогнозировать социальные последствия действия химических производств, составлять план работы по заданной теме               |
| УМЕТЬ:<br>проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | Отсутствие умений  | Частично освоенное умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | В целом успешное, но не систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки | Успешное и систематическое умение проводить исследования по согласованному с руководителем плану, решать типовые задачи по выбранной направленности подготовки |
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками организации самостоятельной научно-исследовательской работы в научно-   | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской  | В целом успешное, но не систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-  | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков организации самостоятельной научно-  | В целом успешное и систематическое применение навыков организации самостоятельной научно-исследовательской работы  |

|  |                    |  |  |   |   |
|--|--------------------|--|--|---|---|
| исследовательской организации  |                    | работы в научно-исследовательской организации  | исследовательской работы в научно-исследовательской организации  | исследовательской работы в научно-исследовательской организации   | в научно-исследовательской организации  |
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | В целом успешное, но не систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях | В целом успешное и систематическое применение навыков взаимодействия с учеными и научными группами, проводящими исследования в аналогичных направлениях |

### ПК 6

|  |                   |  |  |   |  |
|--|-------------------|--|--|---|--|
| ЗНАТЬ:<br>технические характеристики учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания о технических характеристиках учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов | Неполные знания о технических характеристиках учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов            | Сформированные, но содержащие определенные пробелы знания о технических характеристиках учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов | Сформированные систематические знания о технических характеристиках учебно-научной аппаратуры для проведения химических экспериментов) |
| УМЕТЬ:<br>осуществлять документирование результатов экспериментальных и теоретических исследований в   | Отсутствие умений | Частично освоенное умение осуществлять документирование результатов экспериментальных и теоретических исследований в | В целом успешное, но не систематическое умение осуществлять документирование результатов экспериментальных и теоретических | В целом успешное, но содержащее определенные пробелы умение осуществлять документирование результатов экспериментальных и                                 | Полностью сформированное и системное умение осуществлять документирование результатов экспериментальных и                              |

| соответствующей профессиональной области   |                    | соответствующей профессиональной области   | исследований в соответствующей профессиональной области  | теоретических исследований в соответствующей профессиональной области  | теоретических исследований в соответствующей профессиональной области   |
|--|--------------------|--|--|--|---|
| ВЛАДЕТЬ:<br>навыками разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.) | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.) | В целом успешное, но не систематическое применение навыков разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.) | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.) | Успешное и систематическое применение навыков разработки, согласования и утверждения технической документации различного уровня сложности (отчеты, методики, программы испытаний, лабораторные регламенты, технические условия и др.) |