

Программа утверждена на заседании  
Ученого Совета химического факультета  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
Протокол № 4 от 29 мая 2014 г.

### Рабочая программа дисциплины

1. Код и наименование дисциплины **ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗДЕЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ГАЗОВ**
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки 04.06.01 Химические науки. Направленность программы Неорганическая химия, Химия твердого тела и Физическая химия.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП Вариативная часть ООП, тип дисциплины «д» - дисциплина (модуль), которую учащийся может освоить на выбор из списка предложенных (электив) и не обязательно в период обучения, отмеченный в базовом учебном плане, в течение 2 или 3 года обучения, во 3 или 4 семестре (по выбору аспиранта), предпочтительно – 4 семестр.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
УК-1 способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	В1 (УК-1) <b>Владеть</b> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2 способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	З1 (УК-2) <b>Знать</b> методы научно-исследовательской деятельности
ОПК-1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей про-	З2(ОПК-1) <b>Знать</b> физические принципы, лежащие в основе современных физико-химических методов исследования веществ

<p>фессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>	<p>и материалов, а также возможности, достоинства и ограничения этих методов</p> <p><i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p><i>У2(ОПК-1) Уметь</i> модифицировать и разрабатывать методики измерений и интерпретации данных</p>
<p><i>ПК-1</i> Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.01 Неорганическая химия</p>	<p><i>37 (ПК-1) Знать</i> современные методы синтетической неорганической химии, их фундаментальные основы и способы реализации</p> <p><i>У5 (ПК-1) Уметь</i> выбирать оптимальные методы и методики синтеза для получения веществ с заданными свойствами, модифицировать методы и методики и разрабатывать новые</p>
<p><i>ПК-4</i> способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.04 Физическая химия</p>	<p><i>31 (ПК-4) Знать</i> современное состояние науки в области физической химии</p> <p><i>34 (ПК-4) Знать:</i> основные законы и закономерности, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов</p> <p><i>У4 (ПК-4) Уметь</i> использовать законы термодинамики для решения практических задач, в том числе, при разработке новых материалов и технологий</p> <p><i>У5(ПК-4) Уметь</i> получать термодинамические данные, необходимые для решения задач профессиональной деятельности</p>
<p><i>ПК-16</i> способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направленности (научной специальности) 02.00.21 Химия твердого тела</p>	<p><i>37 (ПК-16) Знать</i> теоретические основы физико-химических методов, применяемых в химии твердого тела, возможности и ограничения этих методов при решении практических задач материаловедения</p> <p><i>У1 (ПК-16) Уметь</i> планировать и проводить синтез твердофазных веществ и материалов с заданными свойствами с учетом закономерностей «<i>состав – структура – свойство</i>»</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 54 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (36 часов - занятия лекционного типа, 4 часов групповые консультации, 10 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 4 мероприятия промежуточной аттестации), 54 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).

В специалитете или магистратуре должны быть освоены общие курсы «Неорганическая химия», «Физическая химия», «Химическая технология».

8. Образовательные технологии (отметить если применяется электронное обучение и дистанционные технологии).

Используются следующие технологии: лекции-демонстрации и интерактивные лекции. Преподавание дисциплин проводится в форме авторских курсов по программам, которые составлены на основе результатов исследований, полученных сотрудниками МГУ и Академии наук РФ.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	<b>Всего</b>
Раздел 1. Основы теории газов	6	4	-		-	2	6	-	-	-
Раздел 2. Сорбционное взаимодействие в системах газ-твердое тело	15	6	-	1	-	2	9	6		6
Раздел 3. Сорбционные методы газоразделения	25	10	-	1	-	2	13	6	6	12
Раздел 4. Мембранные методы газоразделения	27	10		1		2	13	8	10	18
Раздел 5. Основы технологии хранения и транспортировки газов	19	6		1		2	9		6	6

Промежуточная аттестация зачет по курсу	16					4			12
<b>Итого</b>	<b>108</b>	36		4		10		<b>54</b>	<b>54</b>

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Аспирантам предоставляется программа курса, план занятий и перечень домашних заданий. По теме каждой лекции указывается материал в источниках из списков основной и вспомогательной литературы, а также из интернет-ресурсов.

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература

1. Эткинс П., де Паула Дж. "Физическая химия", Мир, 2007
2. Курс физической химии. Т.1, 2. Под ред. Я.И.Герасимова. М., Химия. 1964-1973.
3. Мулдер М. Введение в мембранную технологию: Пер. с англ. М: Мир, 1999. -513 с.
4. Мембраны и мембранные технологии./ Отв. ред. Ярославцев А.Б. М.: Изд-во Научный мир, 2013.
5. Водород. Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение. Под ред. Д.Ю.Гамбурга, Н.Ф.Дубовкина. М., Химия. 1989 г. 672 с.
6. Г.Алефельд, Ж.Фёлькль. Водород в металлах, т.1,2. Москва. Мир. 1981.
7. 1.Физические методы исследования неорганических веществ (под ред. Никольского А.Б.). М.: Академия, 2006

#### Дополнительная литература

1. Проблемы водородной энергетики. Российский химический журнал. 2006. №6.
2. D.P.Broom. Hydrogen storage materials.Springer. 2011.
3. Materials Science of Membranes for Gas and Vapor Separation. Ed. Yu.Yampolskii, I. Pinnau and B.D.Freeman.JohnWiley&Sons Ltd. 2006.
4. Воротынцев И.В. Физико-химические основы комплексных процессов разделения и глубокой очистки газов. Дисс. д.т.н. Нижний Новгород. 2011.
5. База Данных «Газоразделительные параметры стеклообразных полимеров». Информрегистр РФ.1998. № 3585

## Интернет-ресурсы

<http://www.grasys.ru/technologies/>

Описание материально-технической базы.

Лекционные занятия проводятся в специально оборудованных аудиториях. Вспомогательный материал в виде презентаций доступен аспирантам на сайте <http://chem.msu.ru/>

12. Язык преподавания - русский

13. Преподаватель (преподаватели).

Доцент, доктор химических наук Клямкин Семен Нисонович, E-mail: [klyamkin@highp.chem.msu.ru](mailto:klyamkin@highp.chem.msu.ru)

### Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

1. Планируемые результаты обучения для формирования компетенций п.5 и соответствующие им критерии оценивания приведены в Приложении 1.
  2. Вопросы для подготовки к текущей и промежуточной аттестации
- примеры контрольных вопросов:
    1. Каковы основные отличия в термодинамическом описании идеальных и реальных газов?
    2. Как оценить значение летучести по барической зависимости коэффициента сжимаемости газа?
    3. Каковы возможные причины гистерезиса при адсорбционном взаимодействии в системах газ-твердое тело?
    4. Что такое "металл-органические координационные полимеры" и в чем их преимущества по сравнению с другими адсорбентами?
    5. В каких процессах разделения газов применяются металлические мембраны? Каковы их основные свойства?
    6. Что такое "мембраны со смешанной матрицей" (МММ)?
  - примеры домашних заданий:
    1. Рассчитайте значение констант Генри и определите величину идеальной селективности для пары газов по заданным изотермам адсорбции
    2. Рассчитайте изменение энтропии и энтальпии образования и разложения гидридной фазы в системе интерметаллическое соединение - водород по заданным изотермам абсорбции и десорбции

3. Рассчитайте коэффициент проницаемости и селективность газоразделения пары газов для пленочной мембраны по заданным результатам экспериментальных измерений потока.
4. На основе литературных данных выберите оптимальный состав металлгидридного сорбента водорода для заданных р-Т условий

- полный перечень вопросов к зачёту:

1. Термодинамическое описание газообразного состояния. Идеальные и реальные газы. Уравнения состояния и область их применимости. Коэффициент сжимаемости и летучесть.
2. Критическое состояние вещества и закон соответственных состояний. Квантовые флюиды.
3. Расчеты параметров газовых систем с использованием уравнений состояния, коэффициента сжимаемости и летучести
4. Типы сорбционных взаимодействий. Адсорбция и абсорбция. Изотермы адсорбции газов. Уравнение и константа Генри. Изостерическая теплота адсорбции.
5. Уравнение изотермы полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (уравнение БЭТ). Определение удельной поверхности сорбентов. Интерпретация результатов расчета удельной поверхности по уравнению БЭТ.
6. Адсорбция на пористых сорбентах. Влияние размера и конфигурации пор. Капиллярная конденсация. Гистерезис при адсорбционном взаимодействии. Типы изотерм адсорбции по классификации ИЮПАК.
7. Хемосорбционное взаимодействие. Абсорбция в системах металл-водород. Основные стадии процесса и их характеристика.
8. Расчет термодинамических параметров взаимодействия по изотермам адсорбции и абсорбции.
9. Типы сорбентов, их основные характеристики. Влияние пористой структуры и состояния поверхности на сорбционную способность.
10. Углеродные материалы для сорбции газов. Активированные угли. Терморасширенный графит. Нанюглеродные материалы. Графен и материалы на его основе.
11. Металл-органические координационные полимеры. Особенности строения. Методы получения и активации. Возможные области применения.
12. Гидридообразующие металлы и интерметаллические соединения как абсорбенты водорода. Основные типы, их преимущества и недостатки. Особенности применения.
13. Металлогидридные системы для выделения водорода из газовых смесей. Влияние примесей на процесс сорбции-десорбции водорода. Эффект отравления поверхности и ее реактивация. Разделение изотопов водорода.
14. Селективность сорбции и методы ее определения. Идеальная селективность.
15. Короткоцикловая адсорбция, способы реализации процесса. Безнагревная КЦА. Напорные, вакуумные и смешанные методы. Преимущества и недостатки КЦА, области применения.
16. Мембраны: определение, принципы классификации, основные типы, свойства и методы получения.

17. Принцип мембранного газоразделения. Массоперенос в мембранах. Механизм "растворение-диффузия". Основные уравнения. Проницаемость и селективность. Диаграммы Робсона.
18. Неорганические мембраны: керамические, углеродные пористые, металлические мембраны. Палладиевые мембраны и мембраны на основе гидридообразующих интерметаллических соединений для очистки водорода.
19. Полимерные газоразделительные мембраны. Выбор материалов. Преимущества и недостатки полимерных мембран.
20. Композитные мембраны, мембраны со смешанной матрицей (МММ). Типы наполнителей в МММ. Особенности структуры и свойства композитных мембран.
21. Половолоконные мембраны и мембранные модули. Методы получения, особенности конструкции. Требования к материалам мембранных полых волокон.
22. Сжижение и компримирование как технология хранения газов. Композитные баллоны высокого давления. Гибридные системы хранения высокого давления.
23. Сорбционные методы хранения газов, цеолиты, углеродные материалы и металл-органические координационные полимеры. Выбор сорбентов и анализ их применимости.
24. Методы хранения водорода. Гидриды интерметаллических соединений и комплексные гидриды. Латентные методы хранения, водородгенерирующие материалы.

### *Примеры ПКЗ.*

#### Задание 1.

Выберите оптимальный по соотношению проницаемость/селективность полимерный материал для мембранного разделения заданной пары газов на основе табличных значений коэффициентов проницаемости

#### Задание 2.

Рассчитайте объемную и гравиметрическую емкость металлогидридной системы хранения водорода при заданных термобарических условиях на основе набора изотерм абсорбции.

#### Задание 3.

Предложите тип наполнителя для создания мембраны со смешанной матрицей на основе заданного полимера для повышения эффективности газоразделения определенной пары газов.

(\* ) ПКЗ могут предлагаться в процессе индивидуального собеседования; оценка по ним учитывается как одна из составляющих общей оценки экзамена кандидатского минимума.

**Основные типы контроля знаний:**

- тестирование;
- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

**Основной тип контроля умений и владений** - практические контрольные задания (ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

*Виды практических контрольных заданий:*

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;
- установление последовательности (описать алгоритм выполнения действия),
- нахождение ошибок в последовательности (определить правильный вариант последовательности действий);
- указать возможное влияние факторов на последствия реализации умения и т.д.
- задания на принятие решения в нестандартной ситуации (ситуации выбора, многоальтернативности решений, проблемной ситуации);
- задания на оценку последствий принятых решений;
- задания на оценку эффективности выполнения действия
- т.п.

**Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Зачет проводится по билетам. В ходе сдачи зачета проверяется, в первую очередь, формирование «знаниевой» компоненты компетенций, перечисленных в п.5, а также сформированность перечисленных в п.5 умений. Уровень знаний аспиранта по каждому вопросу оценивается на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». В случае, если на все вопросы был дан ответ, оцененный не ниже чем «удовлетворительно», аспирант получает общую оценку «зачтено». Ведомость приема зачета подписывается членами комиссии.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине ОСНОВЫ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗДЕЛЕНИЯ И ХРАНЕНИЯ ГАЗОВ на основе карт компетенций выпускников**

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) <i>(критерии и показатели берутся из соответствующих карт компетенций, при этом используются либо традиционной системой оценивания, либо БРС)</i>					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА (*)
	1	2	3	4	5	
<i><b>В1 (УК-1) Владеть</b></i> навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но не систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач	Успешное и систематическое применение навыков анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	ПКЗ на предмет установления последовательности действий при решении поставленной задачи с учетом знаний и навыков, полученных в курсе
<i><b>31 (УК-2) Знать</b></i> методы научной исследовательской деятельности	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о методах научной исследовательской деятельности	Неполные представления о методах научной исследовательской деятельности	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о методах научной исследовательской деятельности	Сформированные систематические представления о методах научной исследовательской деятельности	Индивидуальное собеседование

	1	2	3	4	5	
<i>32(ОПК-1) Знать</i> физические принципы, лежащие в основе современных физико-химических методов исследования веществ и материалов, а также возможности, достоинства и ограничения этих методов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о физических принципах физико-химических методов исследования, недостаточные для их применения и понимания результатов	Достаточно полные, но неглубокие знания физических принципов, лежащих в основе различных физико-химических методов, не позволяющие делать самостоятельные выводы о их достоинствах и ограничениях	В целом сформированные и достаточно глубокие, но содержащие отдельные пробелы, представления о физических принципах, лежащих в основе физико-химических методов	Сформированное систематическое знание физических принципов, лежащих в основе физико-химических методов, позволяющее понимать их возможности, достоинства и ограничения	Индивидуальное собеседование
<i>У1 (ОПК-1) Уметь</i> выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	Отсутствие умений	Фрагментарное умение подбирать методы для конкретных объектов исследования	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать подходящие методы	Сформированное умение выбора наиболее информативных методов исследования и методик обработки данных	Сформированное умение выбирать оптимальные методы для изучения строения и свойств объектов исследования	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия)
<i>У2 (ОПК-1) Уметь</i> модифицировать и разрабатывать методики измерений и интерпретации данных	Отсутствие умений	Наличие фрагментарных навыков разработки методик измерения и обработки данных	В целом успешное, но не систематическое умение модифицировать методики измерения методом проб и ошибок	Наличие отдельных затруднений в оптимизации методик измерения и интерпретации данных и разработке новых методик	Сформированное умение совершенствовать экспериментальные методики и создавать новые	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия)

	1	2	3	4	5	
37 (ПК-1) <b>Знать</b> современные методы синтетической неорганической химии, их фундаментальные основы и способы реализации	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современных синтетических методах и их научных основах	Содержащие пробелы представления о современных синтетических методах, несистематические знания их фундаментальных основ	В целом сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о современных синтетических методах, способах их реализации и о их фундаментальных основах	Сформированное систематическое знание современных синтетических методов и способов их реализации, понимание их фундаментальных основ	Индивидуальное собеседование
У5 (ПК-1) <b>Уметь</b> выбирать оптимальные методы и методики синтеза для получения веществ с заданными свойствами, модифицировать методы и методики и разрабатывать новые	Отсутствие умения	Фрагментарное умение подбирать методы и методики, отсутствие умения модифицировать их и оптимизировать процедуру синтеза	В целом успешное, но не систематическое умение выбирать оптимальные методики, умение модифицировать их методом проб и ошибок	Сформированное умение выбора оптимальных методов и методик, умение модифицировать методы и методики, но наличие затруднений в разработке новых синтетических подходов	Хорошо развитое умение выбирать, использовать, оптимизировать, модифицировать и разрабатывать новые синтетические методики и методы	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия)
31 (ПК-4) <b>Знать</b> современное состояние науки в области физической химии	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания о современных направлениях физической химии	В целом сформированные, но несистематические знания о современном состоянии физической химии	Сформированные представления о современном состоянии различных областей физической химии, но имеющие отдельные пробелы	Полное и хорошо систематизированное знание о современных направлениях физической химии	Индивидуальное собеседование

1	2	3	4	5	6	7
У4 (ПК-4) Уметь использовать законы термодинамики для решения практических задач, в том числе, при разработке новых материалов и технологий	Отсутствие умений	Наличие фрагментарных навыков использовать законы термодинамики для решения конкретных практических задач: затруднения в выборе последовательности действий	Частично сформированное, но не систематическое умение использовать законы термодинамики для решения практических задач: умение выбрать верную последовательность действий, но наличие затруднений в доведении ее до конкретного вывода	В целом успешно сформированное умение использовать законы термодинамики для решения практических задач: умение выбрать верную последовательность действий и довести ее до конкретного вывода при наличии несущественных ошибок в ходе решения задачи	Сформированное умение использовать законы термодинамики для решения практических задач: умение выбрать верную последовательность действий и довести ее до конкретного вывода	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия)
З4 (ПК-4) Знать: основные законы и закономерности, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о законах и закономерностях, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов	В целом успешные, но не систематические представления о законах и закономерностях, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов	В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы в знаниях о законах и закономерностях, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов	Сформированные представления о законах и закономерностях, определяющие направление и скорость протекания каталитических процессов	Индивидуальное собеседование (зачет)

1	2	3	4	5	6	7
У5 (ПК-4) <b>Уметь</b> получать термодинамические данные, необходимые для решения задач профессиональной деятельности	Отсутствие умений	Наличие фрагментарных экспериментальных навыков получения термодинамических данных, необходимых для решения задач профессиональной деятельности	Частично сформированное, но не систематическое умение получать термодинамические данные с использованием экспериментальных или расчетно-теоретических методов	В целом успешно сформированное умение получать термодинамические данные с использованием экспериментальных или расчетно-теоретических методов	Сформированное умение получать термодинамические данные, необходимые для решения задач профессиональной деятельности, с использованием экспериментальных или расчетно-теоретических методов	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи (описать алгоритм выполнения действия)
37 (ПК-16) <b>Знать</b> теоретические основы физико-химических методов, применяемых в химии твердого тела, возможности и ограничения этих методов при решении практических задач материаловедения	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о теоретических основах физико-химических методов исследования, об их применимости в материаловедении	Частичные, недостаточно систематизированные представления о теоретических основах физико-химических методов исследования и их возможностях при решении практических задач материаловедения	Систематические, но имеющие некоторые пробелы знания о основах и областях применения физико-химических методов исследования в практическом материаловедении	Полностью сформированные представления о теоретических основах, возможностях и ограничениях физико-химических методов исследования в практическом материаловедении	Индивидуальное собеседование
У1 (ПК-16) <b>Уметь</b> планировать и проводить синтез твердофазных веществ и материалов с заданными	Отсутствие умений	Наличие фрагментарных экспериментальных навыков в синтезе твердофазных веществ и	Частично сформированное, имеющее существенные пробелы умение планировать и проводить	В целом сформированное умение планировать и проводить синтез твердофазных веществ и мате-	Полностью сформированные, систематические навыки в планировании и проведении синтеза твер-	ПКЗ: установление последовательности действий при решении поставленной задачи

<p>свойствами с учетом закономерностей «состав – структура – свойство»</p>		<p>материалов с заданными свойствами</p>	<p>целенаправленный синтез твердофазных веществ и материалов</p>	<p>риалов с учетом закономерностей «состав – структура – свойство» при наличии несущественных ошибок при выполнении задач</p>	<p>дофазных веществ и материалов с заданными свойствами с учетом закономерностей "состав - структура - свойство"</p>	<p>(описать алгоритм выполнения действия)</p>
--	--	--	--	---	--	---