Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

Согласовано

Декан ФЕН

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Резников В.А..

*подпись*

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения**

направление подготовки: 04.04.01 Химия

направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н. Карагедов Г.Р. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Зав. каф. физической химии

академик РАН, д.х.н., проф. Пармон В.Н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Новосибирск, 2020

**Содержание**

[1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 3](#_Toc21097778)

[2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 3](#_Toc21097779)

[3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося 4](#_Toc21097780)

[4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 4](#_Toc21097781)

[5. Перечень учебной литературы 7](#_Toc21097782)

[6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся 7](#_Toc21097783)

[7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины 7](#_Toc21097784)

[8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине 8](#_Toc21097785)

[9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине 8](#_Toc21097786)

[10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине 8](#_Toc21097787)

Приложение 1 Аннотация по дисциплине

Приложение 2 Оценочные средства по дисциплине

# Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

| Результаты освоения образовательной программы  (компетенции) | Индикаторы | Результаты обучения по дисциплине |
| --- | --- | --- |
| **М-ПК-5.** Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов c заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает основы керамического материаловедения, свойства керамических порошков и спецификацию сырья |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания основ керамического материаловедения при анализе закономерностей «структура – свойство» |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений | - имеет представление об основном сырье в производстве керамических материалов, о методах керамического синтеза, формовке, спеканию и анализу внешнего вида получаемого материала или изделия |

# 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения*: физика, физическая химия, неорганическая химия, химия твердого тела.

Дисциплины (практики), для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения*: производственная практика, научно-исследовательская работа, итоговая государственная аттестация.

# 3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – дифференцированный зачет

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Вид деятельности | Семестр |
| 1 |
| 1 | Лекции, ч | 18 |
| 2 | Практические занятия, ч | 18 |
| 3 | Лабораторные занятия, ч |  |
| 4 | Занятия в контактной форме, ч  из них | 38 |
| 5 | из них аудиторных занятий, ч | 36 |
| 6 | групповая работа с преподавателем, ч | - |
| 7 | консультаций, час. | - |
| 8 | промежуточная аттестация, ч | 2 |
| 9 | Самостоятельная работа, час. | 34 |
| 10 | Всего, ч | 72 |

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИХТТМ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции;

- практические занятия.

# 4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

***1 семестр***

Лекции (18 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование темы и их содержание | Объем,  час |
| Тема 1. Что такое керамика, керамическое материаловедение и керамические продукты. Краткая исторя керамической технологии. Основные стадии современного керамического производства. Входной контроль сырья Синтез порошка. Подготовка порошка к формованию. Формование. Спекание. Финишная обработка. Анализ свойств Наука в керамическом материаловедении | 2 |
| Тема 2. Основное сырье в производстве керамических материалов. Силикаты, оксиды, карбидная и нитридная керамики. Методы получения керамических порошков. Механическое измельчение. Шаровая мельница и особенности ее работы. Сверхтонкое измельчение и механохимический синтез. Предел измельчения и способы его преодоления. Аттриторы, планетарные мельницы и оссобенности режимов, вибрационные и виброцентробежные мельницы. Термическое разложение. Распылительная сушка и сушка вымораживанием. Золь-гель процесс. Метод прямого и обратного осаждения. Влияние pH среды и температуры. Гидротермальный метод получения нанопорошков. Газофазные реакции. Электровзрыв металлических проволок. Методы получения нанопорошков. Практические примеры получения ннанопорошков: оксид никеля, оксид иттрия, оксид циркония, оксид алюминия. | 2 |
| Тема 3. Свойства керамических порошков и спецификация сырья. Методы отбора проб. Фазовый анализ. Анализ поверхности. Термический анализ. Размер частиц и их форма. Микроскопия. Ситовой анализ. Седиментация. Лазерная дифракция. Рентгеновская дифракция. Измерение удельной поверхности порошков. Выбор метода определения размера. Представление данных анализа размеров частиц. Определение среднего размера частиц. Средний численный, объемный, массовый и т.д. размеры. Пересчет размеров частиц полученных разными методами. Плотность, пористость и структура пор. Ртутная порометрия. Адсорбционные методы определения пористости. Связь удельной поверхности и размера частиц порошка. | 2 |
| Тема 4. Подготовка порошков к формованию. Смачивающие агенты: вода, органические жидкости, полярные жидкости у поверхности оксидов . Гидрофобные и гидрофильные агенты. Эмульсии. Коагулянты и дефлоккулянты. Заряд частиц в жидких суспензиях. Возникновение двойного электрического слоя и электрокинетические являения. Стабильность суспензий. | 1 |
| Тема 5. Связующие, типы связующих: глины, молекулярные, пленко-образующие (воски). Эффект применения связующего: флокуляция, загустевание, суспендирование, и реологический контроль. Цемент и механизм затвердевания. Пластификаторы, пенообразователи и пеногасители, смазки и т.д. Варианты упаковки частиц в формовочной массе (batch) и трансформация упаковки на разных стадиях процесса. Механика частиц и реология. Смешение порошков, механизмы смешения и оборудование для смешения. | 1 |
| Тема 6. Взаимодействие частиц. Межчастичное трение. Сушка. Грануляция. Образование агрегатов и агломератов. Прочность агрегатов. Воздушно-центробежная классификация порошков. Электро-масс и седиментационная классификация порошков. Особенности поведения нанопорошков. | 2 |
| Тема 7. Формование порошков. Прессование. Одно и двустороннее прессование. Изостатическое прессование. Особенности распределения сил при прессовании и распределение плотности в прессовке в зависимости от метода прессования. Экструзия. Шликерное литье. Реология шликеров. Методы воздейсвтия на вязкость, текучесть и содержание твердой фазы в шликерах. Оценка качества сформованного тела (green body). Примеры технологии получения высококачесмтвенных керамических подложек интегральных схем из оксида и нитрида алюминия. | 2 |
| Тема 8. Спекание. Различные механизмы спекания. Стадийность процессов спекания. Формирование микроструктуры керамики. Особенности процесса удаления пор (теория Гегузина и современные воззрения). Взаимосвязь между пористостью и микроструктурой. Твердофазное и жидкофазное спекание. Горячее прессование и изостатическое горячее прессование. | 2 |
| Тема 9. Анализ внешнего вида полученного материала или изделия. Определение скрытых дефектов. Плотность и пористость керамических материалов. Открытая и закрытая пористость и методы ее определения. Микроструктура керамического материала. Методы регулирования пористости и микроструктуры керамики. Кинетика спекания Добавки влияющие на кинетику спекания. Изучение микроструктуры керамического материала. Связь между микроструктурой и свойствами керамики. Соотношение Холла-Петча. Зависисмость броневых свойств керамики из оксида алюминия от ее микросруктуры. Зависимость теплофизических свойств керамики из нитрида алюминия от микроструктры и наличия примесей. | 1 |
| Тема 10. Финишная обработка керамического изделия. Резка, подгонка размеров, шлифовка, полировка. Механические, электрические, оптические свойства керамики. | 1 |
| Тема 11. Прозрачная керамика. Области применения. Методы получения. Лазерная оптика из иттриевой и циркониевой керамики. Прозрачная бронекерамика. Зависимость оптических свойств от состава примесей и микроструктуры керамики из оксида алюминия и алюмомагниевой шпинели. Двойное лучепреломление и эффект на прозрачность неизотропных материалов. | 2 |

Практические занятия (18 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Содержание практического занятия | Объем, час |
| Семинар по теме 1 | 2 |
| Семинар по теме 2 | 2 |
| Семинар по теме 3 | 2 |
| Семинар по темам 4 и 5 | 2 |
| Семинар по теме 6 | 2 |
| Семинар по теме 7 | 2 |
| Семинар по теме 8 | 2 |
| Семинар по темам 9 и 10 | 2 |
| Семинар по теме 11 | 2 |

Самостоятельная работа студентов (34 ч)

|  |  |
| --- | --- |
| Перечень занятий на СРС | Объем, час |
| Закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала | 6 |
| Уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях | 4 |
| Выполнение домашнего задания | 6 |
| Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях | 2 |
| Подготовка к дифференцированному зачету | 16 |

# 5. Перечень учебной литературы

1. У.Д.Кингери «Введение в керамику», М.: Стройиздат, 1967. - 500 с.

2. James S. Reed. “Principles of Ceramic Processing”, John Wiley & Sons, Inc. Second edition. 1995, 658p.

3.S.B.Carter, M.G.Norton.” Ceramic Materials”, Springer, 2007. 716p.

4. Г.Р.Карагедов. «Основные приемы и методы нанокерамического материаловедения», Новосибирск, ЗАО «Эпитек»,2009.

[**https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/hot-isostatic-pressing**](https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/hot-isostatic-pressing)

[**https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124016828000100**](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124016828000100)

# 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Не используется

# 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

***7.1 Ресурсы сети Интернет***

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);

- образовательные интернет-порталы;

- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, социальные сети.

***7.2 Современные профессиональные базы данных:***

- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)

- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (Chemical Abstracts Service)

- Библиометрическая база данных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)

# 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

***8.1 Перечень программного обеспечения***

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

***8.2 Информационные справочные системы***

Не используются.

# 9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации;

2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

# 10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Перечень результатов обучения по дисциплине *Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

***10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине***

***Текущий контроль успеваемости:***

В течение семестра преподаватель контролирует посещаемость, оценивает уровень подготовки студента к каждому лекционному занятию в коллективном обсуждении тем, рассматриваемых в рамках курса, проверяет выполнение домашнего задания.

***Промежуточная аттестация:***

Итоговую оценку за семестр студент получает, сдавая дифференцированный зачет в устной форме.

***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения***

Таблица 10.1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Код компетенции** | **Индикатор** | **Результат обучения по дисциплине** | **Оценочное средство** |
| **М-ПК-5** | **М-ПК-5.1.** Применяет знания о химических, физических, физико-химических свойствах и биологической активности известных веществ и материалов при анализе соотношения «структура-свойство» | - знает основы керамического материаловедения, свойства керамических порошков и спецификацию сырья | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.2.** Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство» | - умеет использовать знания основ керамического материаловедения при анализе закономерностей «структура – свойство» | дифференциро-ванный зачет |
| **М-ПК-5.3.** Вырабатывает стратегию поиска структурных прототипов новых веществ и материалов с заданными свойствами с учетом требований к их структуре и возможных ограничений. | - имеет представление об основном сырье в производстве керамических материалов, о методах керамического синтеза, формовке, спеканию и анализу внешнего вида получаемого материала или изделия | дифференциро-ванный зачет |

Таблица 10.2

|  |  |
| --- | --- |
| **Критерии оценивания результатов обучения** | **Шкала**  **оценивания** |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с непринципиальными неточностями,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов,  – точность и корректность применения терминов и понятий,  – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. | *Отлично* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие полных ответов на все вопросы с несущественными ошибками,  – осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность ответов, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явлений,  – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. | *Хорошо* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – осмысленность и структурированность в изложении материала, наличие ошибок в логике, аргументации и объяснении отдельных процессов и явлений,  – корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок,  – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. | *Удовлетворительно* |
| **Дифференцированный зачет:**  –  наличие ответов не на все вопросы, часть из которых неполные и/или с существенными ошибками,  – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала,  –  грубые ошибки в применении терминов и понятий,  – отсутствие ответов на дополнительные вопросы. | *Неудовлетворительно* |

***Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения***

**Примерные вопросы для дифференцированного зачета:**

1. Что такое керамика, керамическое материаловедение и керамические продукты. Основные стадии современного керамического производства.
2. Подготовка порошка к формованию. Формование. Финишная обработка.
3. Основное сырье в производстве керамических материалов. Силикаты, оксиды, карбидная и нитридная керамики. Методы получения керамических порошков.
4. Механическое измельчение. Шаровая мельница и особенности ее работы. Сверхтонкое измельчение и механохимический синтез. Предел измельчения и способы его преодоления. Аттриторы, планетарные мельницы и оссобенности режимов, вибрационные и виброцентробежные мельницы.
5. Термическое разложение. Распылительная сушка и сушка вымораживанием. Золь-гель процесс. Метод прямого и обратного осаждения. Влияние pH среды и температуры.
6. Гидротермальный метод получения нанопорошков. Газофазные реакции. Электровзрыв металлических проволок. Методы получения нанопорошков. Практические примеры получения ннанопорошков: оксид никеля, оксид иттрия, оксид циркония, оксид алюминия.
7. Методы исследования порошков. Фазовый анализ. Размер частиц и их форма. Выбор метода определения размера. Микроскопия. Ситовой анализ. Седиментация. Лазерная дифракция. Измерение удельной поверхности порошков. Пересчет размеров частиц полученных разными методами. Плотность, пористость и структура пор. Ртутная порометрия.
8. Подготовка порошков к формованию. Гидрофобные и гидрофильные агенты. Эмульсии. Коагулянты и дефлоккулянты. Возникновение двойного электрического слоя и электрокинетические являения. Стабильность суспензий.
9. Типы связующих: глины, молекулярные, пленко-образующие (воски). Эффект применения связующего: флокуляция, загустевание, суспендирование, и реологический контроль.
10. Варианты упаковки частиц в формовочной массе (batch) и трансформация упаковки на разных стадиях процесса. Механика частиц и реология. Смешение порошков, механизмы смешения и оборудование для смешения.
11. Взаимодействие частиц. Межчастичное трение. Сушка. Грануляция. Образование агрегатов и агломератов. Прочность агрегатов.
12. Воздушно-центробежная классификация порошков. Электро-масс и седиментационная классификация порошков. Особенности поведения нанопорошков.
13. Формование порошков. Прессование. Одно и двустороннее прессование. Изостатическое прессование. Особенности распределения сил при прессовании и распределение плотности в прессовке в зависимости от метода прессования.
14. Экструзия. Шликерное литье. Реология шликеров. Методы воздейсвтия на вязкость, текучесть и содержание твердой фазы в шликерах. Оценка качества сформованного тела (green body). Примеры технологии получения высококачественных керамических подложек интегральных схем из оксида и нитрида алюминия.
15. Спекание. Различные механизмы спекания. Стадийность процессов спекания. Формирование микроструктуры керамики. Особенности процесса удаления пор (теория Гегузина и современные воззрения).
16. Взаимосвязь между пористостью и микроструктурой. Твердофазное и жидкофазное спекание. Горячее прессование и изостатическое горячее прессование.
17. Кинетика спекания. Добавки влияющие на кинетику спекания.
18. Анализ внешнего вида полученного материала или изделия. Определение скрытых дефектов. Плотность и пористость керамических материалов. Открытая и закрытая пористость и методы ее определения.
19. Микроструктура керамического материала. Методы регулирования пористости и микроструктуры керамики. Изучение микроструктуры керамического материала.
20. Связь между микроструктурой и свойствами керамики. Соотношение Холла-Петча. Зависисмость броневых свойств керамики из оксида алюминия от ее микросруктуры. Зависимость теплофизических свойств керамики из нитрида алюминия от микроструктры и наличия примесей.
21. Финишная обработка керамического изделия. Резка, подгонка размеров, шлифовка, полировка. Механические, электрические, оптические свойства керамики.
22. Прозрачная керамика. Области применения. Методы получения. Лазерная оптика из иттриевой и циркониевой керамики.
23. Прозрачная бронекерамика. Зависимость оптических свойств от состава примесей и микроструктуры керамики из оксида алюминия и алюмомагниевой шпинели. Двойное лучепреломление и эффект на прозрачность неизотропных материалов.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины**

**«Научные основы, приемы и методы керамического материаловедения»**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа) | Дата и №  протокола Ученого совета ФЕН | Подпись  ответственного |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |