

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ТЕХНОЛОГИЯ СИЛИКАТНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ
НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки:

18.06.01 Химическая технология

Направленность подготовки:

Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Одобрено на заседании
Ученого совета ИМЕТ РАН
_____ 2017 г.
Протокол № _____

Москва 2017 год

Целью изучения дисциплины «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов» является углубленное изучение научных основ технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, в т.ч. основополагающих разделов химии твердого тела, физики конденсированного состояния, физической химии силикатов и других тугоплавких неметаллических соединений, фундаментальных закономерностей взаимосвязи состава, структуры и свойств материалов на основе тугоплавких соединений, особенностей химической технологии керамики и огнеупоров, технологических особенностей использования этих материалов

Вопросы для подготовки к собеседованиям по темам курса

Вопросы к собеседованию 1 «Основные процессы технологии керамики» (тема 1):

- Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов
- Физико-механическая подготовка сырьевых материалов
- Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов.
- Процессы сушки в технологии СиТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке.
- Основные способы формования изделий в технологии СиТНМ
- Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий.

Вопросы к собеседованию 2 «Основные физические и химические свойства керамики» (тема 2):

- Электрофизические свойства оксидных керамических материалов.
- Химическая стойкость керамики
- Деформационно-механические свойства керамики
- Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава

Вопросы к собеседованию 3 «Основные методы синтеза порошков» (тема 3):

- Метод золь-гель синтеза
- Особенности получения высокодисперсных порошков
- Выращивание нитевидных кристаллов,
- Плазмохимическое получение порошков и покрытий,
- Самораспространяющийся высокотемпературный синтез,
- Импульсное высокоэнергетическое воздействие

Вопросы к собеседованию 4 «Механические свойства кристаллических и стеклообразных тел и керамических материалов» (темы 7-10):

- Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел.
- Пластическая и упругая деформация.
- Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы.
- Коэффициент интенсивности напряжений.

- Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
- Термические напряжения: причины возникновения и виды.
- Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений.
- Теории термостойкости. Способы повышения работоспособности при разрушении СИТНМ.
- Статическая усталость.
- Вязкое течение.
- Крип.

Вопросы к собеседованию 5 «Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ» (тема 12):

- Влияние состава материала на теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ
- Влияние природы химической связи на теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ
- Влияние кристаллической структуры и текстуры материала на теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ.

Вопросы к собеседованию 6 «Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления» (тема 13):

- Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления.
- Механизмы агломерации.
- Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры.
- Поверхностно-активные вещества

Вопросы к собеседованию 7 «Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы» (тема 14):

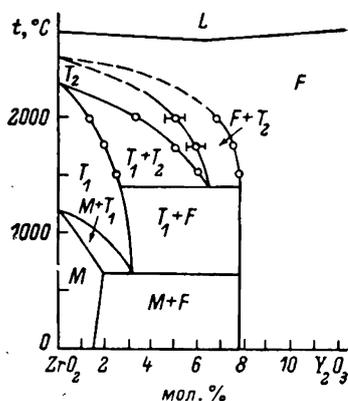
- Наночастицы, особенности получения
- Наноструктуры.
- Наноматериалы, особенности получения и применения.

Вопросы к собеседованию 8 «Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю» (тема 15):

- Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии.
- Простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки.
- Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов.
- Дефекты по Шоттки и Френкелю. Дислокации.
- Влияние дефектов на свойства кристаллических тел. Квазихимические реакции взаимодействия дефектов.
- Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности.
- Эффект Френкеля—Киркендала.
- Твердые растворы в силикатах.

**«Химические методы синтеза порошков.
Расчет шихты и выбор добавок для SiТНМ»**

1. Рассчитать количество исходных солей нитрата алюминия 6-и водного и нитрата магния 6-и водного для получения 100 г керамического корундового материала, содержащего 0,2 масс.% оксида магния. Технологические потери 40 масс.%.
2. Рассчитать количество оксида алюминия и меди, необходимых для синтеза композита корунд - медь, содержащего 40 об.% меди. Плотность меди – 8,9 г/см³, оксида алюминия – 4 г/см³.
3. Рассчитать необходимое количество водного 9 % раствора аммиака для синтеза 100 г порошка оксида алюминия. Исходная соль хлорид алюминия 6-и водный.
4. Предложить метод синтеза композита оксид алюминия – диоксид циркония в количестве 100 г, содержащего оксида алюминия: 1) 60 масс.%, 2) 60 об.% и 3) 60 мол.%.
5. Рассчитать необходимое количество парафина для горячего литья 100 кг керамического шликера, используемого для получения корундовых деталей. Количество парафина 25 об.%, плотность парафина 0,9 г/см³.
6. Известны потери при прокаливании неорганических солей кремния – 60% и алюминия – 40 %. Сколько нужно использовать солей для синтеза муллита в количестве 10 кг.
7. Произвести необходимые расчеты для синтеза композитов в количестве 1000 г с матрицей из корунда, содержащей 30 об.% волокон карбида кремния или 30 об.% волокон оксида алюминия. Плотность корунда – 4 г/см³, карбида кремния – 2,8 г/см³.
8. Провести расчет получения 100 г диоксида циркония 1) тетрагональной и 2) кубической модификации. Исходные соли хлорид иттрия и хлорид циркония. Прилагается диаграмма состояния оксид иттрия – диоксид циркония.



9. Необходимо получить гидроксиапатит Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ в количестве 100 г с 10, 20, и 50% замещением по кальцию на ионы 1) магния, 2) калия. Привести химические формулы, соответствующие конкретным замещениям.
10. Необходимо получить гидроксиапатит Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂ в количестве 100 г с 10, 20, и 50% замещением по OH-группам на 1) карбонат и 2) фторид анионы. Привести химические формулы, соответствующие конкретным замещениям.

**Задание для расчетно-исследовательской работы по теме 6
«Спекание керамических материалов. Методы активации спекания»**

Составление технологической карты процесса изготовления образцов керамики, включающей получение материала из следующих групп:

- оксидных материалов;
- композиционных керамических материалов;
- бескислородных керамических материалов.

При составлении карты необходимо отметить особенности спекания конкретных материалов: газовая среда, оборудование и др.

Задание по теме 5 **«Механизмы спекания; активирование спекания SiТНМ» - реферат**

Темы рефератов:

1. Спекание корундовых материалов с различными добавками.
2. Особенности спекания керамических материалов на основе нитрида кремния.
3. Особенности спекания керамических материалов на основе карбида кремния.
4. Методы активации спекания керамических материалов: ультразвуковая обработка, механоактивация и др.
5. Влияние дисперсности порошков на спекание керамики. Методы получения ультрадисперсных порошков.
6. Особенности спекания керамики на основе диоксида циркония. Влияние температурного режима, количества и вида добавок на свойства спеченных материалов.
7. Композиционные керамические материалы, содержащие волокна. Особенности получения и спекания.
8. Твердофазное и жидкофазное спекание керамических материалов на основе оксида алюминия.
9. Применение методов горячего и изостатического прессования в технологии керамических материалов.
10. Особенности получения и спекания пористых керамических материалов.

Задание по теме 11 **«Функциональная керамика» - реферат**

Темы рефератов:

1. Конструкционные оксидные керамические материалы в машиностроении.
2. Композиционные керамические материалы на основе системы диоксид циркония – корунд, используемые в медицине.
3. Прочные термостойкие материалы на основе муллита. Синтез, применение.
4. Композиционные керамические материалы, содержащие волокна карбида кремния. Особенности синтеза, применение в промышленности.
5. Дисперсноупрочненные керамические материалы. Влияние количества, вида и размера частиц упрочняющей фазы на свойства материала.
6. Получение и свойства различных слоистых композиционных материалов.
7. Трещиностойкие керамические материалы. Особенности технологии. Применение.

8. Керамические материалы, применяемые в авиационной и космической области техники.

9. Жаростойкие керамические материалы. Особенности получения и области применения.

10. Теплопроводящие керамические материалы (нитриды и карбиды металлов). Особенности получения и области их применения в различных областях техники.

Требования к содержанию и оформлению рефератов

Реферат должен быть оформлен в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным статьям (прежде всего это относится к обязательному цитированию, ссылкам на литературу с точным указанием источников, в том числе интернетных, и страниц в случае прямого цитирования, не содержать плагиата).

Обязательные составные части реферата:

1. Титульный лист.
2. Оглавление.
3. Введение.
4. Основная часть.
5. Заключение.
6. Список литературы.

Образец титульного листа приводится далее в приложении 1.

В оглавлении перечисляются названия всех структурных частей реферата с указанием соответствующих страниц, на которых начинается изложение данного раздела.

Во введении должна быть поставлена исходная проблема, разъяснён её смысл, обоснована её актуальность, перечислены основные задачи реферата. Всё дальнейшее изложение должно быть нацелено на решение поставленной во введении главной проблемы.

В заключении формулируются основные выводы (обобщения) из проведённого анализа. Содержание выводов должно быть обосновано всем предшествующим ходом мысли.

Список литературы составляется в соответствии с требованиями полного библиографического описания действующего ГОСТ (в том числе фамилия и инициалы автора, полное название работы, город, издательство, год, число страниц и т.д.). В случае использования текстов, размещённых в Интернете, необходимо указать имя автора материала, название материала и полный адрес страницы. Использование безымянных материалов не допускается.

Ссылки на источники (библиография) должны быть даны в виде постраничных сносок со сквозной нумерацией. В сноске (в том числе к цитатам) даётся полное описание источника (как в списке литературы) с обязательным указанием соответствующих номеров страниц.

Объём реферата определяется преподавателем. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 12-14, цвет – чёрный, интервал – полуторный. Поля: слева – 3 см, снизу и сверху – 2 см, справа – 1 см.

Реферат должен быть сброшюрован.

Проверка подготовленного реферата проводится преподавателем

**Вопросы для подготовки
к промежуточному контролю
Контрольные вопросы к зачету по темам по темам 1-6**

1. Электрофизические свойства оксидных керамических материалов.
2. Химическая стойкость керамики
3. Строение керамики
4. Деформационно-механические свойства керамики
5. Основные механизмы спекания керамики
6. Методы формования керамических материалов
7. Химические методы получения керамических порошков
8. Выбор сырья и технологическая подготовка материалов
9. Механические свойства композиционных материалов
10. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение.
- 11 Керамика на основе сложных оксидных соединений. Свойства и применение.
12. Оксидная керамика. Свойства и применение
13. Пористая керамика. Классификация. Методы получения.
14. Термические свойства керамических материалов.
15. Теплофизические свойства керамических материалов.
16. Исследование микроструктуры и фазового состава.
17. Огнеупорные керамические материалы. Основные виды и применение.
18. Технология волокон и керамических изделий на их основе
19. Огнеупорные бетоны. Свойства и применение
20. Факторы, определяющие режим обжига изделий

Контрольные вопросы к зачету по темам по темам 7-15

1. Хрупкое разрушение керамических материалов: основные теории, стадии, механизмы.
2. Химические свойства СИТНМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы.
3. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол.
4. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СИТНМ.
5. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации.
6. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов.
7. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела.
8. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.
9. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СИТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе.

10. Классификации СИТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам.
11. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю.
12. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества.
13. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение.
14. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости.
15. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики СИТНМ.
16. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие.
17. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел.
18. Особенности структуры кристаллических силикатов.
19. Явления полиморфизма и изоморфизма в СИТНМ. Изоморфные замещения в силикатах.
20. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава.

Экзаменационные вопросы (билеты)
для подготовки к промежуточной аттестации –
кандидатскому экзамену по дисциплине
«Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Билет 1:

1. Классификации СИТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам (ОПК-1).
2. Стеклообразное состояние, строение и свойства стекол. Свойства силикатных стекол (ОПК-1).
3. Факторы, определяющие режим обжига изделий (ОПК-1, ОПК-2)

Билет 2:

1. Электrofизические свойства оксидных керамических материалов (ОПК-1).
Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов. Дефекты по Шоттки и Френкелю(ОПК-1).
3. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. (ОПК-1, ОПК-2)

Билет 3:

1. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы (ОПК-1, ОПК-2).
2. Огнеупорные бетоны. Свойства и применение (ОПК-1, ОПК-2).
3. Механические свойства композиционных материалов (ОПК-1).

Билет 4:

1. Основные методы формования керамических изделий (ОПК-1, ОПК-4).
2. Пористая керамика. Классификация. Методы получения (ОПК-1, ОПК-4).

3. Термические свойства керамических материалов (ОПК-1).

Билет 5:

1. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СНТМ) в экономике и научно-техническом прогрессе (ОПК-1, ОПК-2).
2. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела (ОПК-1).
3. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение(ОПК-1, ОПК-4).

Билет 6.

- 1.Выбор сырья и технологическая подготовка материалов (ОПК-1).
2. Технология волокон и керамических изделий на их основе (ОПК-1).
3. Коллоидно-дисперсное состояние вещества, поверхностные явления. Механизмы агломерации(ОПК-1, ОПК-2)..

Билет 7:

1. Химическая стойкость керамики (ОПК-1).
2. Теплофизические, электрофизические и магнитные свойства СНТМ (ОПК-1, ОПК-2).
3. Влияние химического и фазового состава на свойства и эксплуатационные характеристики СНТМ (ОПК-1, ОПК-4).

Билет 8:

1. Хрупкое разрушение керамических материалов: основные теории, стадии, механизмы (ОПК-1, ОПК-2).
2. Технология волокон и керамических изделий на их основе (ОПК-1).
3. Дислокации. Влияние дефектов на свойства кристаллических тел (ОПК-1).

Билет 9:

1. Химические свойства СНТМ, их устойчивость к воздействию твердых, жидких и газообразных реагентов различной химической природы (ОПК-1).
2. Огнеупорные бетоны. Свойства и применение (ОПК-1, ОПК-2).
3. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости (ОПК-1).

Билет 10:

1. Электрофизические свойства оксидных керамических материалов (ОПК-1, ОПК-2).
2. Исследование микроструктуры и фазового состава (ОПК-1, ОПК-4).
3. Водорастворимые силикаты и фосфатные вяжущие (ОПК-1).

Билет 11:

1. Строение керамики (ОПК-1).
2. Химические методы получения керамических порошков (ОПК-1, ОПК-2).
3. Жидкофазное спекание керамических материалов. Примеры различных керамических материалов, спекающихся по жидкофазному механизму (ОПК-1, ОПК-2).

Билет 12:

1. Деформационно-механические свойства керамики (ОПК-1).
2. Огнеупорные керамические материалы. Основные виды и применение (ОПК-1, ОПК-2).
3. Использование керамических материалов в электронике (ОПК-1, ОПК-4).

Билет 13:

1. Керамика на основе сложных оксидных соединений. Свойства и применение (ОПК-1, ОПК-2)..

2. Коагуляционные, конденсационные и кристаллизационные структуры. Поверхностно-активные вещества (ОПК-1).

3. Особенности структуры кристаллических силикатов (ОПК-1).

Билет 14:

1. Хрупкое разрушение керамических материалов: основные теории, стадии, механизмы (ОПК-1).

2. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах (ОПК-1).

3. Основные виды огнеупорных материалов и их применение (ОПК-1, ОПК-2).

Билет 15:

1. Химические методы получения керамических порошков (ОПК-1, ОПК-2).

2. Особенности структуры кристаллических силикатов(ОПК-1).

3. Вязкость, поверхностное натяжение и смачивающая способность силикатных расплавов, влияние на них температуры и состава (ОПК-1).

Билет 16:

1. Основные механизмы спекания керамики (ОПК-1, ОПК-2).

2. Явления полиморфизма и изоморфизма в SiТНМ. Изоморфные замещения в силикатах (ОПК-1) .

3. Поверхностно-активные вещества в технологии керамики (ОПК-1).

Билет 17:

1. Теплофизические свойства керамических материалов (ОПК-1).

2. Особенности структуры кристаллических силикатов (ОПК-1).

3. Бескислородная керамика. Свойства и применение (ОПК-1, ОПК-4).

Билет 18:

1. Оксидная керамика. Свойства и применение (ОПК-1, ОПК-2).

2. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение (ОПК-1, ОПК-2).

3. Изоморфные замещения в керамических материалах (ОПК-1).

Билет 19:

1. Методы формования керамических материалов (ОПК-1, ОПК-4).

2. Термостойкие керамические материалы (ОПК-1).

3. Особенности технологии нанодисперсных керамических материалов (ОПК-1, ОПК-2)..

Билет 20:

1. Основные виды керамики из неоксидных тугоплавких материалов. Свойства. Применение (ОПК-1, ОПК-2).

2.Спекание керамических материалов в различных средах (ОПК-1).

3.Применение керамических материалов в медицине (ОПК-1, ОПК-2).

Критерии формирования оценок

Каждый вопрос кандидатского экзамена оценивается отдельно, затем выставляется общая оценка.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

- для оценки «отлично» - наличие глубоких и исчерпывающих знаний в объёме пройденного программного материала, грамотное и логически стройное изложение материала при ответе, знание дополнительных источников информации;

- для оценки «хорошо» - наличие твердых и достаточно полных знаний программного материала, незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, четкое изложение материала;

- для оценки «удовлетворительно» - наличие твердых знаний пройденного материала, изложение ответов с ошибками, уверенно исправляемыми после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов,

- для оценки «неудовлетворительно» - наличие грубых ошибок в ответе, непонимание сущности излагаемого вопроса, неуверенность и неточность ответов на дополнительные и наводящие вопросы.

Литература для подготовки по дисциплине

Основная литература

1. Кингери У.Д. Введение в керамику. М: Стройиздат, 1967.
2. Шевченко В.Я., Баринов С.М. Техническая керамика. М: Наука, 1993
3. Бобкова Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. Учебник. — Минск: Выш. Шк., 2007. — 301 с.
4. И.С.Кайнарский, Э.В.Дегтярева, И.Г.Орлова Корундовые огнеупоры и керамика Москва, 1981
5. Баринов С.М., Шевченко В.Я. Прочность технической керамики. М: Наука, 1996.
6. Падалко А.Г. Практика горячего изостатического прессования неорганических материалов. – М.:ИКЦ «Академкнига», 2007. – 267 с. : ил.

Электронные ресурсы

1. Волочко А.Т. Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы [Электронный ресурс]/ Волочко А.Т., Подболотов К.Б., Дятлова Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Белорусская наука, 2013.— 386 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/29487>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
2. Бобкова Н.М. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов [Электронный ресурс]: учебник/ Бобкова Н.М.— Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2007.— 301 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20160>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
3. Болдырев В.В. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий [Электронный ресурс]/ Болдырев В.В., Аввакумов Е.Г., Болдырева Е.В.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Сибирское отделение РАН, 2009.— 343 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15822>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю
4. Физические основы и технологии обработки современных материалов (теория, технология, структура и свойства). Том 2 [Электронный ресурс]/ О.А. Троицкий [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2004.— 468 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16655>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Дополнительная литература

1. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических материалов. М: Metallurgy, 1983.
2. Эванс А.Г., Лэнгдон Т.Г. Конструкционная керамика. М: Metallurgy, 1980.
3. Меньшутина Н. В. Наночастицы и наноструктурированные материалы для фармацевтики Издательство научной литературы Н.Ф. Бочкаревой, 2008 г. 192 с.

Электронные ресурсы

1. Медведев Е.Ф. Водородная проницаемость силикатных и боросиликатных стекол. Основы феноменологии, золь-гель синтез и анализ компонентов шихт [Электронный ресурс]: монография/ Медведев Е.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Саров: Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ, 2009.— 364 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18433>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

Методические материалы разработал:

Доцент, кандидат технических наук

В.В. Смирнов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. БАЙКОВА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУКИ

РЕФЕРАТ
по дисциплине
«Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

(Тема реферата)

Направление подготовки 18.06.01 Химическая технология

Направленность подготовки:
Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Выполнил: аспирант

ФИО

подпись

Проверил: _____
должность, уч. степень, уч. звание преподавателя

ФИО

подпись

Москва 20 ____