

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры


Космачева И.В.
«15»  2022 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор ХТИ


Ястребинский Р.Н.
«15»  2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Активационные процессы в конденсированных системах

направление подготовки (специальность):

18.04.01 Химическая технология

Направленность программы (профиль, специализация):

Химическая технология силикатных материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Институт химико-технологический


Кафедра Технологии стекла и керамики

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», утвержденного приказа Минобрнауки России от 07.08.2020 № 910

▪ учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составитель: к.т.н., доцент  (В.И. Бедина)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры


«27» апреля 2022 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой ТСК: к.т.н., доцент  (В.А. Дороганов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Технологии стекла и керамики


(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент  (В.А. Дороганов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 27 » 04 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 2022 г., протокол № 9

Председатель  (Порожнюк Л.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Научно-исследовательский	ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские работы по освоению новых видов продукции, получать и анализировать образцы в лабораторных условиях, и проводить сравнительную оценку с современными отечественными и зарубежными достижениями.	ПК-1.4. Осуществляет оценку результатов научных исследований керамических и стекольных материалов с учетом их физико-химических и структурных свойств.	Знания: закономерности взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и современные методы исследования Умения: использовать закономерности между составом, внутренним строением и свойствами керамических и стекольных материалов Навыки: современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские работы по освоению новых видов продукции, получать и анализировать образцы в лабораторных условиях, и проводить сравнительную оценку с современными отечественными и зарубежными достижениями.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Современные методы исследования конденсированных систем
2	Технология научных исследований
3	Защита и коммерциализация объектов интеллектуальной собственности
4	Процессы структурообразования в химическом материаловедении
5	Активационные процессы в конденсированных системах
6	Учебная научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)
7	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации		
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	73	73
Экзамен		

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Введение.					
	Основные понятия и определения: конденсированные системы, активность и активация. Общие сведения об особенностях осуществления процессов структурной динамики. Рассмотрение классической цепочки «состав-структура-свойство». Роль технологических процессов в формировании структуры и свойств композитов.	3	1		4
2. Реальные кристаллы. Поликристаллы.					
	Полиморфизм. Изоморфизм. Твердые растворы. Дефекты кристаллической структуры. Равновесные и неравновесные дефекты. Классификация дефектов по геометрическому принципу. Дефекты по Шотки и Френкелю. Примесные дефекты. Дислокации. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Основные свойства дислокаций. Вектор Бюргерса. Образование и динамика дислокаций. Роль дефектов в процессах деформирования. Теоретические основы динамики дислокаций и их взаимодействия. Движение дислокаций в кристалле. Механизмы перемещения дислокаций. Взаимодействие с точечными дефектами. Процессы полигонизации. Дислокационные ансамбли. Субграницы, межфазные и межкристаллитные границы. Объемные дефекты. Поры, отрицательные кристаллы. Учет взаимодействия основных типов дефектов в твердофазных материалах. Влияние поверхностных явлений на свойства материалов. Поверхностные свойства, изменяющиеся при наличии адсорбционных слоев. Эффект Ребиндера.	8	4	6	20
3. Аморфное (стекловидное) состояние вещества					
	Основные понятия. Гипотезы строения стекла – кристаллитная (Франкенгейм, Лебедев) и неупорядоченной сетки (Захариасен). Современные теории строения стекла. Структурная и кинетическая теории. Дислокационные модели. Процессы кристаллизации стекол. Механизм кристаллизации. Активность стекол. Аморфно-	4	2		6

	кристаллические композиты (ситаллы).				
4. Дефектность структуры и активность материала					
	Характеристика структурных изменений в твердофазных материалах. Структурные уровни изменения свойств твердофазных материалов. Понятие активного, нормального и стабильного состояния вещества. Теория пересыщения Рогинского и принцип размерного соответствия Данкова-Конобеевского. Методы оценки активности материалов. Дифференциальные и интегральные методы оценки активности.	3	1		4
5. Технологические приемы активирования твердофазных материалов					
	Химическая, термическая и механическая активация. Дислокационная модель активирования вещества. Особенности активационных процессов в технологии строительных материалов: - учет генезиса активированного природного сырья; - стабилизация глинистого сырья; - активация промышленных отходов с учетом их техногенеза; - активационные процессы при гидратации портландцемента.	6	3	6	16
6. Активационные процессы. Структурная динамика. Процессы массопереноса					
	Диффузионные процессы как следствие теплового движения атомов. Механизмы диффузии. Механизм диффузии в реальных кристаллах. Диффузия с учетом активации твердых фаз. Спекание. Коэффициент спекания. Температура спекания. Относительная температура спекания. Движущие силы процессов спекания. Виды спекания. Стадии спекания. Активационные механизмы спекания. Структурные превращения при спекании. Твердофазные реакции. Твердофазные реакции с учетом активационных процессов. Эффект Хедвалла. Реакции с участием жидкой фазы. Активационные процессы в технологии силикатов.	10	6	5	23
	ВСЕГО	34	17	17	73

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические занятия проходят в форме семинаров, в ходе которых студенты докладывают и защищают реферативную работу.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Введение.	Рассмотрение классической цепочки «состав-структура-свойство».	1	1
2	Реальные кристаллы.	Дефекты кристаллической структуры. Классификация дефектов. Дефекты по	4	4

	Поликристаллы	Шотки и Френкелю. Дислокации. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Основные свойства дислокаций. Образование и динамика дислокаций. Движение дислокаций в кристалле. Взаимодействие с точечными дефектами. Процессы полигонизации. Дислокационные ансамбли. Субграницы, межфазные и межкристаллитные границы. Учет взаимодействия основных типов дефектов в твердофазных материалах. Влияние поверхностных явлений на свойства материалов. Поверхностные свойства, изменяющиеся при наличии адсорбционных слоев. Эффект Ребиндера.		
3	Аморфное (стекловидное) состояние вещества	Гипотезы строения стекла – кристаллитная (Франкенгейм, Лебедев) и неупорядоченной сетки (Захариасен). Современные теории строения стекла. Структурная и кинетическая теории. Дислокационные модели. Процессы кристаллизации стекол. Механизм кристаллизации. Активность стекол. Аморфно-кристаллические композиты (ситаллы).	2	2
4	Дефектность структуры и активность материала	Характеристика структурных изменений в твердофазных материалах. Структурные уровни изменения свойств твердофазных материалов. Понятие активного, нормального и стабильного состояния вещества. Методы оценки активности материалов. Дифференциальные и интегральные методы оценки активности.	1	1
5	Технологические приемы активирования твердофазных материалов	Химическая, термическая и механическая активация. Дислокационная модель активирования вещества. Особенности активационных процессов в технологии строительных материалов	3	3
6	Активационные процессы. Структурная динамика. Процессы массопереноса	Диффузия. Механизмы диффузии. Механизм диффузии в реальных кристаллах. Диффузия с учетом активации твердых фаз. Спекание. Движущие силы процессов спекания. Виды спекания. Стадии спекания. Активационные механизмы спекания. Твердофазные реакции. Твердофазные реакции с учетом активационных процессов. Эффект Хедвалла. Реакции с участием жидкой фазы. Активационные процессы в технологии силикатов.	6	6
ИТОГО:			17	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр №				
1	Реальные кристаллы. Поликристаллы	Определение дефекта кристаллической структуры. Определение субграниц, межфазных и межкристаллитных границ.	6	6
2	Технологические приемы активирования твердофазных материалов	Механическое активирование. Химическое активирование. Термическое активирование.	6	6
3	Активационные процессы. Структурная динамика. Процессы массопереноса.	Определение движущие силы процессов спекания. Расчет твердофазных реакции с учетом активационных процессов.	5	5
ИТОГО:			17	17

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1 Компетенция ПК-1. Способен проводить научно-исследовательские работы по освоению новых видов продукции, получать и анализировать образцы в лабораторных условиях, и проводить сравнительную оценку с современными отечественными и зарубежными достижениями

(код и формулировка компетенции)

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.4. Осуществляет оценку результатов научных исследований керамических и стекольных материалов с учетом их физико-химических и структурных свойств.	дифференцированный зачет, защита лабораторной работы, устный опрос

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) дифференцированного зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение	Основные понятия и определения: конденсированные системы, активность и активация. Рассмотрение классической цепочки «состав-структура-свойство».
2	Реальные кристаллы. Поликристаллы	Кристаллическое состояние вещества. Изоморфизм, полиморфизм, фазовые переходы. Дефекты в кристаллах: виды, классификация. Точечные тепловые и примесные дефекты. Протяженные дефекты. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Основные свойства дислокаций. Образование и динамика дислокаций. Поверхностные и объемные дефекты. Субграницы, межфазные и межкристаллитные границы
3	Аморфное (стекловидное) состояние вещества	Аморфное состояние вещества. Теории строения стекол. Механизмы стеклообразования. Структурная и кинетическая теории. Дислокационные модели плавления и стеклообразования. Структурные изменения в стекле: с изменением и без изменения фазового состава. Процессы кристаллизации стекол, изменение свойств стекол в процессе кристаллизации. Дислокационная модель кристаллизации стекол.
	Дефектность структуры и активность материала	Характеристика структурных изменений в твердофазных материалах. Структурные уровни изменения свойств твердофазных материалов. Понятие активного, нормального и стабильного состояния вещества. Физико-химические методы исследования твердофазных материалов. Методы оценки активности материалов.
	Технологические приемы активирования твердофазных материалов	Механическое активирование. Химическое активирование. Термическое активирование. Дислокационная модель активирования вещества.
	Активационные процессы. Структурная динамика. Процессы массопереноса	Диффузия. Механизмы диффузии. Механизм диффузии в реальных кристаллах. Диффузия с учетом активации твердых фаз. Спекание. Коэффициент спекания. Температура спекания. Относительная температура спекания. Движущие силы процессов спекания. Виды спекания. Стадии спекания. Активационные механизмы спекания. Структурные превращения при спекании. Твердофазные реакции. Твердофазные реакции с учетом активационных процессов. Эффект Хедвалла. Реакции с участием жидкой фазы. Активационные процессы в технологии силикатов.

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме допуска к лабораторным работам и защиты лабораторных работ, а также в ходе защиты реферативных работ на темы из п. 4.3.

Для защиты лабораторной работы необходимо:

- 1) Выполнить опытную часть лабораторной работы;
- 2) В тетради для лабораторных работ выполнить все необходимые расчеты, в соответствии с заданиями;
- 3) Подготовить ответы на вопросы к защите лабораторной работы;
- 4) Уметь объяснять полученные результаты, используя теоретические знания по изучаемому разделу дисциплины.

Пример контрольных вопросов для защиты лабораторной работы №1 «Реальные кристаллы. Поликристаллы»:

1. Дайте определение линейных дефектов в кристалле.
2. Что представляет собой краевая дислокация, винтовая дислокация?
3. Что такое вектор Бюргерса и каковы его характерные особенности?
Как построить контур Бюргерса?
4. В чём состоит суть методов прямого наблюдения дислокаций?
5. Каким образом можно определить плотность дислокаций?
6. Дислокационные ансамбли. Субграницы, межфазные и межкристаллитные границы.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знать закономерности взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и современные методы исследования
Умения	Уметь выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами керамических и стекольных материалов
Навыки	Владеть современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знать закономерности взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и современные методы исследования	Не знает закономерности взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и современные методы исследования	Обладает частичными знаниями о взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и о современных методах исследования	Обладает достаточными знаниями о взаимосвязи между составом, строением и свойствами материалов и современные методы исследования. Допускает несущественные погрешности в ответе на вопрос.	Умеет свободно использовать закономерности между составом, внутренним строением и свойствами стекольных и керамических материалов. Обладает исчерпывающими знаниями о современных методах исследования материалов.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Уметь выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами керамических и стекольных материалов	Не умеет выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами	С погрешностями умеет выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами	Достаточно точно, но не исчерпывающе умеет выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами	Умеет свободно выявлять закономерности между составом, внутренним строением и свойствами. Без труда отвечает на дополнительные вопросы.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа	Не владеет современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа	Частично владеет современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа.	Владеет современными методами исследования и осуществления оценки результатов анализа. но допускает	Свободно владеет современными методами исследования. Уверенно владеет навыками осуществления

			несущественные неточности в ответе на вопрос.	оценки результатов анализа. Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы.
--	--	--	---	--

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Центр высоких технологий	Прибор синхронного термического анализа STA 449 F1 lupiter© фирмы NETZSCH. автоклав высокого давления, рентгенофлуоресцентный спектрометр серии ARL 9900 Workstation со встроенной системой дифракции, сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU, планетарная мономельница PULVERISETTE 6 classic line, дифференциальный калориметр ToniCAL модель 7338 Toni Technik Baustoffpriifsysteme GmbH Gustav-Meyer-Allee, шлифовально-полировальный станок MetaServ® 250 с дополнительной полуавтоматической насадкой Vector®, автоматический гидравлический пресс Vaneox - 40t automatic, лабораторная мешалка раствора с подачей песка Testing, напылительная настольная установка Q150T ES Quorum Technologies, лазерный анализатор размеров частиц ANALYSETTE 22 NanoTec plus, вакуумная установка нанесения многофункциональных нанокompозитных покрытий QVADRA500f569].
2.	Лаборатория стекла	Разрывная машина R-0,5 Спектрофотометр СФ-26, СФ-46, СФ-56. Прибор общего светопропускания ПОС-1. Дилатометр кварцевый ДКВ-4А. Микроскоп поляризационный МИН-8. Электрические печи сопротивления. Весы гидростатические. Микротвердомер ПМТ-5.

		Лабораторный калориметр. Водяные и песчаные бани. Весы аналитические и технические.
3.	Лаборатория керамических материалов	Машина для испытания на изгиб, весы технические электронные, мешалки для шликера, реотест, весы аналитические электронные, шкаф вытяжной, микроскоп, пресса гидравлические, вытяжной шкаф, приборы для определения пластичности глин, дистиллятор, мельница планетарная, вибромельница, печи муфельные, печи силитовые, сушильные шкафы, установка для определения водопоглощения, весы гидростатические для водопоглощения, морозильная камера, мельницы валковые, дробилка валковая, дробилка щековая, сита, круг истирания, печь для скоростного обжига.
4.	Лаборатория рентгенофазового анализа	Рентгеновские дифрактометры ДРОН-2, 3, 4 с Си- и Fe-анодами рентгеновских трубок, обжиговая, рентгеновский ди-фрактометр ARL X'TRA, печь обжиговая с рабочей температурой до 1500°C, ЭВМ с необходимым программным обеспечением.
5.	Лаборатория термических методов исследования	Дериватографы фирмы МОМ, прибор синхронного термического анализа STA 449 F1, установка по определению тепловыделения.
6.	Лаборатория микроскопических исследований	Станок отрезной Minitom, станок шлифо-вально-полировальный LaboPol-5, микроскоп NU 2 фирмы Carl Zeiss Jena, микроскоп МБС-1, микротвердомер ПМТ-3
	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высш.шк. 1988. – 400 с.

2. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 209 с.

3. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М., Машиностроение, 1990. – 528 с.

4. Тяпунина Н.А., Наими Е.К., Зиненкова Г.М. Действие ультразвука на кристаллы с дефектами [Электронный ресурс]: монография. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 1999. – 238 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13138>.

5. Чеботин В.Н. Физическая химия твердого тела. М.: Химия, 1982. – 319 с.

6. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высш. шк., 1976. – 391 с.

7. Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. М.: Металлургия, 1990. – 336 с.

8. Современная кристаллография. Том 4.-Физические свойства кристаллов/ Шувалов Л.А., Урусовская А.А., Желудев И.С. и др. М.: Наука, 1981. – 496 с.

9. Мейер К. Физико-химическая кристаллография. М.: Металлургия, 1972. - 480 с.

10. Ковтуненко П.В. Физическая химия твердого тела. Кристаллы с дефектами. М.: Высш.шк. 1993. – 352 с.

11. Судзуки Т., Ёсинага Х., Такеути С. Динамика дислокаций и пластичность. М.: Мир, 1989. – 296 с.
12. Еремеев В.С. Диффузия и напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1984.- 184 с.
13. Гегузин Я.Е. Физика спекания. М.: Наука, 1984. – 312с.
14. Физическая химия силикатов / Под ред. Пащенко А.А. М.: Высш. шк., 1986. – 368 с.
15. Орлов А.И. Введение в теорию дефектов в кристаллах. М.: Высш.шк., 1983. – 144 с.
16. Физика кристаллов с дефектами / А.А. Предводителев, Н.А. Тяпунина, Г.М. Зиненкова, Г.В.Бушуева. М.: Изд-во МГУ, 1986. – 240 с.
17. Стрелов КК., Кащеев И.Д., Мамыкин П.С. Технология огнеупоров. М.: Metallurgy, 1988. – 522 с.
18. Аппен А.А. Химия стекла. М.: Химия, 1974. – 352 с.
19. Бережной А.И. Ситаллы и фотоситаллы: 2-е изд., пер'ераб.М.: Машиностроение, 1981. – 464 с.
20. Шульц М.М., Мазурин О.В. Современные представления о строении стекол и их свойства. Л.: Наука, 1988. – 198 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Электронно-библиотечная система «Лань»: <http://e.lanbook.com>
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru>
4. Научно-техническая библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова: <http://elib.bstu.ru>
5. Научная литература: <http://booksshare.net>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО