

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

Яроленко И.В.
« 15 »  2021 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор института
Уваров В.А.
« 22 »  2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Физикохимия ультрадисперсных систем и наноматериалов

Направление подготовки:

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль программы:

Материаловедение и технологии композиционных материалов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

Институт: инженерно-строительный

Кафедра материаловедения и технологии материалов

Белгород – 2021


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24 апреля 2018 г.;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.


Составитель: к.т.н., профессор  (В.В. Нелюбова)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » апрель 2021 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)

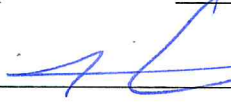
Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
материаловедения и технологии материалов

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.В. Строкова)

« 12 » апрель 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 22 » апрель 2021 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доц.  (А.Ю. Феоктистов)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств	ПК-3.1 Моделирует состав материалов, их физико-механические свойства	<p>Знать: методики подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств</p> <p>Уметь: рассчитывать состав материалов, их физико-механические свойства</p> <p>Владеть: навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств</p>
		ПК-3.2 Анализирует химический состав и структуру композиционных материалов	<p>Знать: методы анализа химического состава и структуры композиционных материалов</p> <p>Уметь: анализировать химический состав и структуру композиционных материалов;</p> <p>Владеть: навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов</p>
		ПК-3.3 Анализирует зависимость технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	<p>Знать: технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов</p> <p>Уметь: проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры</p> <p>Владеть: навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Композиционные материалы различного функционального назначения
2	Функциональные добавки для композиционных материалов
3	Теория прочности и физика разрушения
4	Технологии получения композиционных материалов
5	Термодинамические основы механохимии нанодисперсных систем
6	Учебная научно-исследовательская работа

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 4 зач. единицы.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего Часов	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
Лекции	34	34
лабораторные	34	34
Практические		
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	143	143
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	89	89
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ 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	Дисперсные и ультрадисперсные системы	4			5
2	Поверхность раздела фаз и капиллярные явления	4		4	10
3	Молекулярно-кинетические свойства ультрадисперсных и наносистем	4		6	14
4	Процессы адсорбции и десорбции в ультрадисперсных и наносистемах	4		6	14
5	Электрические свойства дисперсных, ультрадисперсных и наносистем	4		6	14
6	Устойчивость дисперсных систем	4		4	10
7	Физико-химическая механика	4			6
8	Современные наноматериалы: классификация, структура, свойства, характеристики	6		8	16
	ВСЕГО	34		34	89

4.2 Содержание практических (семинарских занятий)

Учебным планом не предусмотрено.

4.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	Поверхность раздела фаз и капиллярные явления	Изучение методов определения поверхностного натяжения жидкостей и поверхностной энергии твердых тел	4	10
2	Молекулярно-кинетические свойства ультрадисперсных и наносистем	Седиментация и диффузия в дисперсных системах.	6	14
3	Процессы адсорбции и десорбции в ультрадисперсных и	Адсорбция на поверхности твердых тел. Измерение удельной поверхности материалов методом БЭТ.	6	14

	наносистемах			
4	Электрические свойства дисперсных, ультрадисперсных и наносистем	Электрокинетические явления: электрофорез, электрофорез, электроосмос. Строение мицелл гидрофобных золей.	6	14
5	Устойчивость дисперсных систем	Получение дисперсных систем. Устойчивость коллоидных растворов.	4	10
6	Современные наноматериалы: классификация, структура, свойства, характеристики	Методы исследования наноматериалов: исследование размерных характеристик, исследование поверхности, определение фазового состава.	8	16
	ВСЕГО		34	89

4.4. Содержание курсового проекта (работы)

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, Индивидуального домашнего задания

Учебным планом предусмотрено выполнение одного РГЗ по дисциплине «Физикохимия ультрадисперсных систем и наноматериалов».

Общая тематика задания формируется согласно теме: «Оценка энергетических характеристик механоактивированных горных пород».

Основная цель: изучение основных закономерностей формирования структуры и свойств твердофазных материалов в процессе механоактивации.

Задание включает следующие пункты:

1. Используя исходные данные, рассчитайте постоянную Гамакера и свободную поверхностную энергию для активированных горных пород различного состава.

2. Постройте графики зависимостей постоянной Гамакера и свободной поверхностной энергии от концентрации кварца в породах.

3. Сделайте выводы по полученным зависимостям.

Защита ИДЗ происходит в виде устного опроса по содержанию работы.

В соответствии с выданным номером варианта студентам необходимо решить индивидуальные домашние задания.

Варианты исходных данных для выполнения заданий по теме «Оценка энергетических характеристик механоактивированных горных пород».

Характеристики горных пород ненарушенной структуры

№ п/п	Исследуемые образцы	Содержание SiO_2 , %	Площадь удельной поверхности $S_{уд.}$, м ² /кг	Размер частиц d , нм	Критическое значение поверхностного натяжения σ_k , мН/м
1	Кварц	98	16169±127	230±25	24.0
2	Базальт	48	6446±774	360±98	17.3
3	Песок П1	90	8580±43	102±34	23.7
4	Песок П2	91	7532±211	102±30	22.6
5	Гранит	76	9159±54	206±57	21.2

6	Амфиболит	53	2750±14	416±114	19.4
7	Известняк	0	6260±31	632±69	16.4
8	Диабаз	50	1525±18	252±71	17.9
9	Кварцитопесчаник	90	4994±28	233±59	21.1
10	Диорит	57	1567±23	464±120	18.8

5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Реализация компетенций

1 Компетенция ПК–3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации и х состава и свойств

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК–3.1 Моделирует состав материалов, их физико-механические свойства	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль
ПК–3.2 Анализирует химический состав и структуру материала	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль
ПК–3.3 Анализирует зависимость технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Защита индивидуального домашнего задания, защита лабораторных работ, экзамен, решение практических задач, тестовый контроль

5.2 Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме **экзамена**.

Экзамен проводится в форме письменного ответа на вопросы билета с последующим собеседованием по тематике вопросов. Вопросы охватывают весь пройденный материал. Студент письменно отвечает на 2 вопроса в билете и устно рассказывает преподавателю основную информацию по тематике вопросов. По окончании ответа преподаватель может задать студенту дополнительные и уточняющие вопросы. Положительным также будет стремление студента изложить различные точки зрения на рассматриваемую проблему, выразить свое отношение к ней, применить теоретические знания по современным проблемам изучаемого курса.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

Наименование раздела	Код компетенции	Вопросы
Дисперсные и ультрадисперсные системы	ПК-3	1. Основные понятия коллоидной химии. Классификация дисперсных систем. 2. Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностное натяжение жидкостей и поверхностная энергия твердых тел. Смачивание, растекание. Методы определения поверхностного натяжения жидкостей и удельной свободной поверхностной энергии твердых тел.
Поверхность раздела фаз и капиллярные явления	ПК-3	3. Капиллярные явления. Влияние кривизны поверхности на равновесие фаз. Закон Лапласа, уравнение Томсона.
Молекулярно-кинетические свойства ультрадисперсных и наносистем	ПК-3	4. Седиментация и диффузия в дисперсных системах. Броуновское движение. Методы дисперсионного анализа
Процессы адсорбции и десорбции в ультрадисперсных и наносистемах	ПК-3	5. Основы термодинамики адсорбции. Уравнение Гиббса. Причины и механизм адсорбции. Самоорганизация в адсорбционных слоях. Поверхностно-активные вещества. Адсорбция на границе жидкость-газ. Адсорбция на твердых поверхностях.
Электрические свойства дисперсных, ультрадисперсных и наносистем	ПК-3	6. Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос. Строение двойного электрического слоя, коагуляция. Строение мицелл гидрофобных зелей. 7. Седиментационная, агрегативная устойчивость. Факторы стабилизации дисперсных систем. Теория устойчивости ионностабилизированных коллоидных систем – теория ДЛФО. Стабилизирующее действие структурно-механического барьера и двойных диффузионных слоев ионов. Коагуляция. 8. Способы описания механических свойств. Основы реологии. 9. Структурообразование в дисперсных системах.
Устойчивость дисперсных систем	ПК-3	10. Коагуляционные и конденсационно-кристаллизационные структуры. Кристаллизация, синерезис. Диффузия в гелях. Реологические свойства дисперсных систем. 11. Прочность твердых тел. Адсорбционное понижение прочности твердых тел. Эффект Ребиндера.
Физико-химическая механика	ПК-3	12. Структурно-механические свойства сыпучих материалов. 13. Систематика и дизайн наноматериалов. 14. Классификация функциональных неорганических наноматериалов по составу, структуре, свойствам и областям применения. Структурная иерархия наноматериалов. 15. Физико-химические принципы конструирования новых материалов. Особенности создания наноматериалов на основе диссипативных структур. 16. Дисперсные и ультрадисперсные материалы. Эволюция от молекул к материалам.

Современные наноматериалы: классификация, структура, свойства, характеристики	ПК-3	17. Наноструктуры, нанокompозиты и нанореакторы. 18. Фрактальные модели дисперсных и ультрадисперсных систем. 19. Новые технологии получения наноматериалов, основанные на синергетике химического и физического воздействия. 20. Использование кластерных и ультрадисперсных материалов и нанокompозитов. 21. Принципы получения наноматериалов. Основные методы синтеза наноматериалов. 22. Методы исследования наноматериалов. Физико-химические свойства наноматериалов.
---	------	---

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 выполнения и защиты лабораторных работ.

Лабораторные работы. Лабораторные занятия проводятся в виде фронтальных опытов, лабораторных работ, практикумов, занятий с оборудованием разного типа. Они проводятся в специально оборудованных лабораториях, с применением новейшей техники и измерительной аппаратуры.

Защита лабораторных работ (практико-ориентированных заданий) проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по соответствующим темам. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ (практико-ориентированных заданий) представлен в таблице.

Лабораторные работы

№	Тема лабораторной работы	Код компетенции	Контрольные вопросы
1.	Изучение методов определения поверхностного натяжения жидкостей и поверхностной энергии твердых тел	ПК-3	Термодинамика поверхностных явлений. Поверхностное натяжение жидкостей и поверхностная энергия твердых тел. Смачивание, растекание. Методы определения поверхностного натяжения жидкостей и удельной свободной поверхностной энергии твердых тел. Капиллярные явления. Влияние кривизны поверхности на равновесие фаз. Закон Лапласа, уравнение Томсона.
2.	Седиментация и диффузия в дисперсных системах.	ПК-3	Седиментация и диффузия в дисперсных системах. Броуновское движение. Методы дисперсионного анализа.
3.	Адсорбция на	ПК-3	Основы термодинамики адсорбции. Причины и

№	Тема лабораторной работы	Код компетенции	Контрольные вопросы
	поверхности твердых тел. Измерение удельной поверхности материалов методом БЭТ.		механизм адсорбции. Самоорганизация в адсорбционных слоях. Поверхностно-активные вещества. Адсорбция на границе жидкость-газ. Адсорбция на твердых поверхностях.
4.	Электрокинетические явления: электрофорез, электрофорез, электроосмос. Строение мицелл гидрофобных золей.	ПК-3	Электрокинетические явления: электрофорез, электроосмос. Строение двойного электрического слоя, коагуляция. Строение мицелл гидрофобных золей.
5.	Получение дисперсных систем. Устойчивость коллоидных растворов.	ПК-3	Седиментационная, агрегативная устойчивость. Факторы стабилизации дисперсных систем. Теория устойчивости ионно-стабилизированных коллоидных систем – теория ДЛФО. Стабилизирующее действие структурно механического барьера и двойных диффузионных слоев ионов. Коагуляция.
6.	Методы исследования наноматериалов: исследование размерных характеристик, исследование поверхности, определение фазового состава.	ПК-3	Диагностика наноматериалов. Исследование размерных характеристик. Определение элементного состава. Определение фазового состава. Исследования поверхности. Зондовая локальная микроскопия и спектроскопия. СТМ, СТС, МСМ, АСМ, ближнепольная зондовая микроскопия. Радиоспектроскопия наносистем (ЯМР, ЭПР). Мессбауэровская (гамма-резонансная) спектроскопия. Адсорбционная и эмиссионная МС. Рэлеевское рассеяние мессбауэровского излучения. Временная МС резонансного рассеяния вперед. Неупругое ядерное резонансное рассеяние.

Примеры типовых практических задач

ПК-3 Способен анализировать технологии получения композиционных материалов и разрабатывать рекомендации по оптимизации их состава и свойств

Задача 1. Эмульсия образована при смешивании 25 мл воды и 75 мл анилина в присутствии порошка мела. Является ли полученная эмульсия концентрированной?

Задача 2. Время истечения воды в вискозиметре Оствальда равно 50 с, а раствора полиглиюкина с массовой долей его 2% – 72 с. Рассчитайте приведенную вязкость раствора.

Задача 3. Вычислить порог коагуляции для раствора сульфата натрия, если добавление 0,003 л 0,1М Na₂SO₄ вызывает коагуляцию 0,015 л золя.

Примеры тестовых заданий

1. Дисперсность является мерой раздробленности вещества в дисперсной системе и определяется как

А) $D=1/\alpha$

Б) $D=S/K$

В) $D=S/\rho$

2. При раздроблении частиц дисперсной фазы поверхностная энергия Гиббса на межфазовой границе

А) увеличивается

Б) уменьшается

3. При увеличении концентрации ПАВ в водном растворе поверхностное натяжение

1) возрастает

2) уменьшается

3) не изменяется

4. Агрегативная устойчивость – это способность системы поддерживать постоянным во времени

А) характер взаимодействия между частицами

Б) степень дисперсности

В) прочность агрегатов, образующихся при коагуляции дисперсной системы

5. Принципиальные подходы к созданию наноструктур

А) Технология «сверху-вниз»

Б) Технология «простое-сложное»

В) Технология «слева направо»

Г) Технология «снизу-вверх»

Д) Технология молекулярных машин

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание методик подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств

	Знание методов анализа химического состава и структуры композиционных материалов Знание технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов
Умения	Умение рассчитывать состав материалов, их физико-механические свойства Умение анализировать химический состав и структуру композиционных материалов Умение проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры
Владения	Владение навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств Владение навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов Владение навыками анализа зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры

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
Знание методик подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств	Не знает методики подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств	Знаком с методиками подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств, применяет при помощи преподавателя	Может назвать методики подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств, применяет на практике при помощи преподавателя	Знает методики подбора состава материала в зависимости от требуемых физико-механических свойств
Знание методов анализа химического состава и структуры композиционных материалов	Не знает методов анализа химического состава и структуры композиционных материалов	Может назвать методы анализа химического состава и структуры композиционных материалов, но допускает ошибки в определениях	Знает методы анализа химического состава и структуры композиционных материалов, применяет на практике при помощи преподавателя	Знает методы анализа химического состава и структуры композиционных материалов
Знание технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов	Не знает технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов	Может назвать технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, но допускает ошибки в определениях	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов, применяет на практике при помощи преподавателя	Знает технологические и эксплуатационные свойства композиционных материалов

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение рассчитывать состав материалов, их физико-механические свойства	Не умеет рассчитывать состав материалов, их физико-механические свойства	Имеет общие представления о расчете состава материалов, их физико-механических свойств, допускает ошибки.	Может с небольшой помощью рассчитать состав материалов, их физико-механические свойства	Умеет самостоятельно рассчитывать состав материалов, их физико-механические свойства
Умение анализировать химический состав и структуру композиционных материалов	Не умеет анализировать химический состав и структуру композиционных материалов	Имеет общие представления об анализе химического состава и структуры композиционных материалов	Имеет незначительные трудности при анализе химического состава и структуры композиционных материалов	Умеет самостоятельно анализировать химический состав и структуру композиционных материалов
Умение проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Не умеет проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Имеет общие представления об анализе зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Может с небольшой помощью проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры	Умеет самостоятельно проводить анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры

Оценка сформированности компетенций по показателю Владения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств	Не владеет навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств	В низкой степени владеет навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств	Может с небольшими затруднениями провести моделирование состава материалов, их физико-механических свойств	Свободно владеет навыками моделирования состава материалов, их физико-механических свойств
Владение навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов	Не владеет навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов	В низкой степени владеет навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов	Может с небольшими затруднениями провести анализ химического состава и структуры композиционных материалов	Свободно владеет навыками анализа химического состава и структуры композиционных материалов
Владение навыками анализа зависимости	Не владеет анализом зависимости	В низкой степени владеет навыками анализа	Может с небольшими затруднениями	Свободно владеет навыками анализа зависимости

технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.	технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.	зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.	провести анализ зависимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.	технологических и эксплуатационных свойств композиционных материалов от их состава и структуры.
---	---	---	---	---

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.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; интерактивная доска, мультимедийный проектор, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мельница лабораторная роторная, мельница дисковая вибрационная ИВ-1, мельница шаровая уралитовая 200 л, мельница шаровая МШУ/60, мельница лабораторная валковая "МШЛ-2, барабан для помола 10л, 8л, 4л, 2л, печь муфельная SNOL 1200 *С, печь муфельная ПМ-ТД (самописец Термодат-16ЕЗ), шкаф сушильный Binder 300 *С, пресс гидравлический ПГМс-100МГ4А, установка для исследования свойств бетона на долговечность, весы технические ДВП-60Е
3.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель, весы лабораторные RV 3102, мешалка лопастная, 40-1200 об/мин., мешалка лопастная LS-110, 100-2000 об/мин, комплект сит КСИ нерж. d=300 мм, рибор ПКФ-01 (для песчаных грунтов), прибор стандартного уплотнения ПСУ малый, прибор стандартного уплотнения ЦКБ-9127, конус балансирный Васильева КБВ, баня шестиместная водяная – 2 шт., стол встряхивающий КП-111, виброплощадка лабораторная типа СМЖ-539, ручной прибор Вика E055N, растворосмеситель лабораторный Matest E095, форма куба/балочка 3ФБ-40, 6ФК-20, 3ФК-50, 2ФК-100, ФК-150, вискозиметр Суттарда ВС, устройство ОВС для определения водоудерживающей способности раствора.

4.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду; растровый электронный микроскоп TESCAN MIRA 3 LMU, напылительная настольная установка Q150T ES Quorum Technologies, прибор ИК-спектрометр VERTEX 70, рентгенофлуоресцентный спектрометр ARL9900 Intellipower Workstation, дериватограф MOM, лазерный анализатор частиц Zetatrac, Microtrac (США), прибор РСХ-12, прибор SoftSorbi-II ver.1.0.
5.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; автоклав лабораторный 5л, 24атм, компьютер Intel I3-3220, установка ультразвуковая (диспергатор) УЗД 1-1,6, гомогенизатор Silverson L5M-A, дистиллятор автоматический SELECTA "AC-L4", анализатор спектра звуковой прецизионный 4-канальный, калибратор акустический АК-1000, устройство перемешивающее ПЭ-8300.
6.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель; весы лабораторные 6001, мешалка магнитная с подогревом, гриндомер Хегмана 0-100 мкм, прибор для определения прочности (эластичности) "Константа ШГ2", вискозиметр ВЗ-246, прибор для определения времени и степени высыхания лакокрасочных ВИ-М, аппликатор для нанесения слоев лакокрасочных материалов КАУ1, шкаф вытяжной 1500*700*2100 мм, центрифуга Liston C 2203, реактор химический Lenz Minni 100-05, 1л, аппликатор прямоугольный четырехдиапазонный КА-1 (30/60/90/120 мкм), насос инфузионный шприцевой Инстилар, твердомер маятниковый лакокрасочных покрытий Константа МТ1, мешалка магнитная RH basic, печь трубчатая РТФ 12/50/600.
7.	Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Специализированная мебель; компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
8.	Читальный зал библиотеки с выходом в сеть Интернет для самостоятельной работы, Библиотека	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

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
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 19.08.2022.
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) Поленов, Ю.В. Физико-химические основы нанотехнологий: учеб. пособие / Ю.В. Поленов, М.В. Лукин, Е.В. Егорова. – Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2013. – 196 с.

2) Сумм, Б.Д. Основы коллоидной химии: учеб. пособие для вузов / Б.Д. Сумм. – М.: Academia, 2010. – 238 с.

3) Ролдугин, В.И. Физикохимия поверхности / В.И. Ролдугин. – Долгопрудный: ИД Интеллект, 2011 – 565 с.

4) Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2010.

5) Нелюбова, В.В. Физикохимия ультрадисперсных систем и наноматериалов: методические указания к выполнению лабораторных работ и индивидуального домашнего задания для студентов направления 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» профиль «Материаловедение и технологии композиционных материалов» / В.В. Нелюбова, Д.О. Бондаренко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2021. – 40 с.

6) Щукин Е.Д. Коллоидная химия: учеб. для университетов и химикотехнолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: Высш.шк., 2007. – 444 с.

7) Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия: учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 2005. –319 с.

8) Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для вузов / Р.А. Андриевский. – М.: Academia, 2005. – 179 с.

9) Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия / С.А. Симанова (ред.) – СПб.: НПО «Профессионал», 2007. – 837 с.

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

- 1) Сайт о нанотехнологиях в России <http://www.nanonewsnet.ru/>
- 2) Ежемесячный междисциплинарный теоретический и прикладной научно-технический журнал «Нано- и микросистемная техника» <http://www.microsystems.ru/>
- 3) Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: Учебное пособие / Азаренков Н.А., Береснев В.М., Погребняк А.Д., Маликов Л.В., Турбин П.В. – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2009. – 209 с. http://ftfsite.ru/wp-content/files/azarenkov_n_a_beresnev_v_m_pogreb.pdf
- 4) Старостин В.В. Материалы и методы нанотехнологий: учебное пособие / В.В. Старостин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 431 с. <http://docme.ru/5nb5>
- 5) Chemnet – официальное электронное издание Химического факультета МГУ <http://www.chem.msu.ru/rus>
- 6) <http://elibrary.ru/defaultx.asp> – Электронная библиотека РФФИ.