Подписано и утверждено в СЭД 05.02.2022 11:58:56ИД задачи 2561346

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«___» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1143775	Теоретические основы материаловедения

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Химия	**Код ОП** 1. 04.03.01/33.01
Направление подготовки 1. Химия	**Код направления и уровня подготовки** 1. 04.03.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Анимица Ирина Евгеньевна	доктор химических наук, доцент	Профессор	физической и неорганической химии
2	Вшивков Сергей Анатольевич	доктор химических наук, профессор	Профессор	органической химии и высокомолекулярных соединений
3	Пестов Александр Викторович	кандидат химических наук, доцент	Доцент	органической химии и высокомолекулярных соединений

Согласовано:

Управление образовательных программ Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Теоретические основы материаловедения

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль состоит из трех дисциплин: «Теоретические основы неорганического материаловедения», «Физикохимия полимеров», «Химия промышленных органических веществ» и раскрывает теоретические и практические аспекты получения различных классов современных материалов. Дисциплина «Теоретические основы неорганического материаловедения» направлена на формирование у студентов представлений о неорганических материалах, имеющих перспективы практического использования, об основных способах их получения и современных методах исследования структуры и функциональных свойств. «Физикохимия полимеров» знакомит с термодинамическими и механическими свойствами полимеров в различных фазовых и релаксационных состояниях; с закономерностями поведения полимерных систем в электрическом и магнитном полях. Дисциплина «Химия промышленных органических веществ» способствует расширению и углублению представлений студентов о практической значимости, методах синтеза, способах идентификации и установления структуры органических соединений. В рамках дисциплины рассматриваются основные представители органических соединений, используемых в повседневной жизни человека, методы их получения и способы применения; практическое установление взаимосвязи функции используемого вещества с его строением и свойствами, планирование и проведение органического синтеза, дополненные умением обосновано и надежно доказать структуру органического вещества или подтвердить его идентичность.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Теоретические основы неорганического материаловедения	3
2	Физикохимия полимеров	3
3	Химия промышленных органических веществ	3
	ИТОГО по модулю:	9

1.3.Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Общая и неорганическая химия 2. Органическая химия, химия высокомолекулярных соединений и биологических объектов
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теоретические основы неорганического материаловедения	ОПК-1 - Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы П-2 - Демонстрировать навыки использования основных естественнонаучных законов, теорий и принципов в важнейших практических приложениях Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования Д-2 - Демонстрировать осознанную мировоззренческую позицию Д-3 - Демонстрировать осознанный интерес к решению задач профессиональной деятельности по избранной специальности
	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в конкретной области профессиональной деятельности	З-1 - Демонстрировать понимание теоретических основ методов, используемых для проведения научных исследований в профильной области У-1 - Соотносить цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств Д-1 - Проявлять ответственность за проводимые исследования Д-2 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы
	ОПК-3 - Способен систематизировать, анализировать и обобщать результаты научных исследований	З-1 - Демонстрировать понимание принципов анализа и обобщения результатов научных исследований

	на основе информационной и библиографической культуры	З-3 - Демонстрировать понимание приемов и способов самостоятельного поиска и осмысления информации в соответствии с профессиональными задачами У-1 - Систематизировать и анализировать результаты экспериментов, наблюдений, измерений У-3 - Интерпретировать результаты собственных исследований, соотнося их с данными научной литературы, формулировать заключения и выводы по результатам исследований П-1 - Иметь опыт представления обобщенных результатов исследовательской деятельности и их оформления в виде текстовых, графических и иных материалов в соответствии с требованиями П-2 - Иметь опыт написания обзоров литературы, справок, методик экспериментов, описания и обсуждения результатов экспериментов на основе информационной и библиографической культуры Д-1 - Демонстрировать развитие когнитивных умений
	ПК-1 - Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	З-3 - Перечислить методы определения химического и фазового состава, структуры, функциональных свойств веществ и материалов З-4 - Демонстрировать понимание методов исследования процессов различной природы с участием химических веществ У-4 - Проводить исследования процессов различной природы с участием химических веществ с использованием серийного научного оборудования П-4 - Иметь навыки исследования процессов различной природы с участием химических веществ на серийном научном оборудовании
	ПК-2 - Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для	З-1 - Перечислить экспериментальные методы и описать их техническое исполнение для решения конкретной научно-исследовательской задачи

	решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-2 - Сформулировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР У-1 - Выбирать экспериментальные методы и технические средства (из набора имеющихся) для решения конкретной научно-исследовательской задачи в выбранной области профессиональной деятельности У-2 - Планировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР П-1 - Применять экспериментальные методы и технические средства (из набора имеющихся) для решения конкретной научно-исследовательской задачи в выбранной области профессиональной деятельности П-2 - Иметь опыт планирования отдельных этапов НИР
	ПК-4 - Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-1 - Перечислить технические средства и методы испытаний для решения конкретной технологической задачи З-2 - Перечислить способы и методы подготовки объектов различных химических и смежных производств и научно-технических разработок для технологических испытаний в своей профессиональной деятельности У-1 - Выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи У-2 - Готовить объекты различных химических и смежных производств и научно-технических разработок исследования для проведения испытаний П-1 - Применять технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи П-2 - Иметь навыки подготовки и работы с технологическими объектами различных

		химических и смежных производств и научно-технических разработок
Физикохимия полимеров	ОПК-1 - Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования Д-2 - Демонстрировать осознанную мировоззренческую позицию Д-3 - Демонстрировать осознанный интерес к решению задач профессиональной деятельности по избранной специальности
	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в конкретной области профессиональной деятельности	З-1 - Демонстрировать понимание теоретических основ методов, используемых для проведения научных исследований в профильной области У-1 - Соотносить цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств Д-2 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы
	ОПК-3 - Способен систематизировать, анализировать и обобщать результаты научных исследований на основе информационной и библиографической культуры	З-1 - Демонстрировать понимание принципов анализа и обобщения результатов научных исследований У-1 - Систематизировать и анализировать результаты экспериментов, наблюдений, измерений У-3 - Интерпретировать результаты собственных исследований, соотнося их с данными научной литературы, формулировать заключения и выводы по результатам исследований П-1 - Иметь опыт представления обобщенных результатов исследовательской деятельности и их оформления в виде текстовых, графических и иных материалов в соответствии с требованиями П-2 - Иметь опыт написания обзоров литературы, справок, методик

		экспериментов, описания и обсуждения результатов экспериментов на основе информационной и библиографической культуры Д-1 - Демонстрировать развитие когнитивных умений
	ПК-1 - Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	З-1 - Демонстрировать понимание методов получения неорганических, органических веществ и материалов, полимеров и полимерных пленок, композиционных и наноматериалов З-4 - Демонстрировать понимание методов исследования процессов различной природы с участием химических веществ У-1 - Проводить синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик У-4 - Проводить исследования процессов различной природы с участием химических веществ с использованием серийного научного оборудования П-1 - Владеть известными приемами и методами синтеза веществ и материалов П-4 - Иметь навыки исследования процессов различной природы с участием химических веществ на серийном научном оборудовании
	ПК-2 - Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-1 - Перечислить экспериментальные методы и описать их техническое исполнение для решения конкретной научно-исследовательской задачи З-2 - Сформулировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР З-3 - Перечислить способы и методы подготовки объектов исследования для проведения экспериментов У-1 - Выбирать экспериментальные методы и технические средства (из набора имеющихся) для решения конкретной научно-исследовательской задачи в выбранной области профессиональной деятельности

		У-2 - Планировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР П-1 - Применять экспериментальные методы и технические средства (из набора имеющихся) для решения конкретной научно-исследовательской задачи в выбранной области профессиональной деятельности П-2 - Иметь опыт планирования отдельных этапов НИР
	ПК-4 - Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-1 - Перечислить технические средства и методы испытаний для решения конкретной технологической задачи У-1 - Выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи П-1 - Применять технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи
Химия промышленных органических веществ	ОПК-1 - Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	У-2 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов с использованием знаний фундаментальных разделов естественных наук и объективных законов природы П-2 - Демонстрировать навыки использования основных естественнонаучных законов, теорий и принципов в важнейших практических приложениях Д-1 - Демонстрировать навыки самообразования Д-2 - Демонстрировать осознанную мировоззренческую позицию Д-3 - Демонстрировать осознанный интерес к решению задач профессиональной деятельности по избранной специальности
	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в	З-1 - Демонстрировать понимание теоретических основ методов, используемых для проведения научных исследований в профильной области

	конкретной области профессиональной деятельности	У-1 - Соотносить цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств Д-1 - Проявлять ответственность за проводимые исследования Д-2 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы
	ОПК-3 - Способен систематизировать, анализировать и обобщать результаты научных исследований на основе информационной и библиографической культуры	З-1 - Демонстрировать понимание принципов анализа и обобщения результатов научных исследований З-3 - Демонстрировать понимание приемов и способов самостоятельного поиска и осмысления информации в соответствии с профессиональными задачами У-1 - Систематизировать и анализировать результаты экспериментов, наблюдений, измерений П-1 - Иметь опыт представления обобщенных результатов исследовательской деятельности и их оформления в виде текстовых, графических и иных материалов в соответствии с требованиями П-3 - Иметь опыт подготовки и оформления отчетов по лабораторным работам, практикам, научным исследованиям на основе информационной и библиографической культуры Д-1 - Демонстрировать развитие когнитивных умений
	ПК-1 - Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	З-1 - Демонстрировать понимание методов получения неорганических, органических веществ и материалов, полимеров и полимерных пленок, композиционных и наноматериалов З-4 - Демонстрировать понимание методов исследования процессов различной природы с участием химических веществ У-4 - Проводить исследования процессов различной природы с участием химических веществ с использованием серийного научного оборудования

		П-1 - Владеть известными приемами и методами синтеза веществ и материалов П-4 - Иметь навыки исследования процессов различной природы с участием химических веществ на серийном научном оборудовании
	ПК-2 - Способен выбирать и использовать технические средства и методы испытаний для решения исследовательских задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-2 - Сформулировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР З-3 - Перечислить способы и методы подготовки объектов исследования для проведения экспериментов У-2 - Планировать отдельные стадии исследования при наличии общего плана НИР У-3 - Готовить объекты исследования для проведения экспериментов П-2 - Иметь опыт планирования отдельных этапов НИР П-3 - Иметь навыки подготовки и работы с объектами исследований различной химической природы
	ПК-4 - Способен выбирать технические средства и методы испытаний для решения технологических задач, поставленных специалистом более высокой квалификации	З-2 - Перечислить способы и методы подготовки объектов различных химических и смежных производств и научно-технических разработок для технологических испытаний в своей профессиональной деятельности У-1 - Выбирать технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи У-2 - Готовить объекты различных химических и смежных производств и научно-технических разработок исследования для проведения испытаний П-1 - Применять технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения конкретной технологической задачи

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Теоретические основы неорганического материаловедения

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Анимица Ирина Евгеньевна	доктор химических наук, доцент	Профессор	Кафедра физической химии
2	Кочетова Надежда Александровна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Кафедра физической химии

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № _6_ от _15.10.2021_ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Анимица Ирина Евгеньевна, Профессор, физической и неорганической химии**
- **Кочетова Надежда Александровна, Доцент, физической и неорганической химии**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Современные представления о периодическом законе и Периодической системе элементов	
1.1	Периодический закон и Периодическая система	История открытия Периодического закона Д.И. Менделеевым. Понятие о Периодической системе как математическом описании периодического закона. Развитие теоретических представлений о Периодической системе (доквантовый и квантовый этапы). Квантово-механическая модель строения атома, периодичность в изменении электронных конфигураций. Принцип Паули как основа периодического закона. Представление о периодических таблицах как графическом отображении Периодической системы. Формы периодических таблиц: сверхдлинная, длинная (длиннопериодная), короткая (короткопериодная) – их преимущества и недостатки.
1.2	Представления о структуре нижней границы Периодической системы	Этапы развития научных представлений о структуре нижней границы Периодической системы Д.И. Менделеева. Химический этап. Учение о нулевом периоде и его «химических элементах» в трудах Д.И. Менделеева. Физический этап. Открытие нейтрона и других элементарных частиц. Системы химических элементов по Ахумову и Капустинскому. Проблема единой классификации материальных структур (атомов и элементарных частиц),

		развитая в трудах Кедрова. Нейтрон – основная элементарная частица нулевого периода Периодической системы.
1.3	Представления о структуре верхней границы Периодической системы	Развитие Периодической системы химических элементов в области её верхней границы. Естественный ряд химических элементов. Развитие в физике гипотезы о существовании в области элементов с большим значением заряда ядра «островков» относительной устойчивости. Работы Свинне, Репера и Гареева. Успехи в области синтеза и изучения свойств трансурановых элементов.
1.4	Внутренняя и вторичная периодичность	Виды периодичности: главная, внутренняя, вторичная. Общие принципы проявления Периодического закона в химии переходных и непереходных элементов. Исторический аспект возникновения представлений о вторичной периодичности. Вторичная и внутренняя периодичность в рамках современных теоретических представлений.
2	Химическая связь и ее свойства	
2.1	Типы химической связи, современные теории их описания	Типы связи в конденсированных средах. Ковалентная, ионная, металлическая, донорно-акцепторная, Ван-дер-Ваальсова связь. Современные теории их описания. Концепция гипервалентных связей. Основные положения метода гипервалентных связей. Понятие о трехцентровых двух- и четырехэлектронных молекулярных орбиталях. Влияние электроотрицательности лигандов на прочность гипервалентных связей. Валентные возможности и характерные степени окисления непереходных элементов в рамках метода гипервалентных связей, объяснение правила четности. Понятие об электроннодефицитных связях. Строение межгаллоидных молекул и ионов, молекул фторидов благородных газов и боргидридов, описание водородной связи в рамках метода гипервалентных связей. Соотношение энергий. Соотношение между энергиями атомизации, разрыва молекул на атомы и энергиями фазовых переходов (сублимация, испарение, плавление, модификационные переходы), его смысл. Методы расчета и оценки энергии связей. Степень ионности связей, ее оценка по Полингу, Филлипсу, Брауну-Шэннону.
2.2	Энергетические характеристики атомов и ионов	Энергетические характеристики атомов и ионов. Эффективные заряды атомов, представления Слейтера. Различие энергетических характеристик атомов и ионов в свободном и связанном состоянии. Понятие электроотрицательности, его физический смысл и эволюция. Орбитальная электроотрицательность. Электроотрицательность по Малликену. Термохимическая электроотрицательность по Полингу. Кристаллические электроотрицательности. Поляризуемость атомов и ионов. Теория поляризации.
2.3	Геометрическое строение вещества	Геометрическое строение вещества. Размерные характеристики атомов, ионов, молекул. Радиус иона, причины неопределенности понятия и размерных характеристик.

		Системы радиусов ионов. Эффект Фаянса: стабилизация анионов в кристаллическом поле. Полиэдрическое описание строения и структуры простых и сложных соединений. Понятие о координационных полиэдрах. Правильные и полуправильные полиэдры, встречающиеся в структурной химии. Способы соединения полиэдров в пространстве. Полиэдры как плотнейшие упаковки ионов. Полиэдрическое описание структуры простых и сложных оксидов. Структурные типы хлорида натрия, рутила, флюорита и антифлюорита, оксида рения, корунда, вюртцита, кварца и куприта; структуры оксидов типа Э2О3 для d- и f-элементов. Структурные типы сложных оксидов: структуры перовскита, шпинели, граната и шеелита. Правила Полинга для ионных и ковалентных структур, их современное обоснование. Расчет силы связи (связевой валентности, валентного усилия связи, порядка и кратности связи). Расчет числа атомов металлов, связанных с одним электроотрицательным атомом. Уточнение структур, расчет длин связей, оценка степени ковалентности.
2.4	Энергия связи атомов в конденсированных средах	Энергия связи атомов в конденсированных средах. Оценка величин энергии по Бацанову, Резницкому, Зилковскому-Джембе. Кристаллоэнергетика оксидов, подход Резницкого. Понятие энергии предпочтения. Калориметрическое определение энергий предпочтения. Расчет энергий предпочтения из диаграмм состояния. Расчет энергий предпочтения ионов из термохимических данных. Обобщенная структурно-термодинамическая характеристика кислородного координационного полиэдра. Система согласованных энергий предпочтения в шпинелях. Уравнения регрессии для шпинелей и их использование для априорной оценки энергий предпочтения. Энергетические соотношения в перовскитах. Система согласованных энергий предпочтения. Уравнения регрессии для перовскитов и их использование для априорной оценки энергий предпочтения. Энергетическая толерантность оксидов.
3	Классы неорганических соединений	
3.1	Простые вещества	Простые вещества как гомоатомные соединения. Разделение простых веществ на металлы и неметаллы на основании типа связи. Физические и химические свойства простых веществ, способы получения.
3.2	Бинарные химические соединения	Бинарные химические соединения. Классификация бинарных соединений на основании типа связи. Взаимосвязь типа химической связи, структуры с физическими и химическими свойствами веществ на примере оксидов.
3.3	Многоэлементные сложные соединения	Многоэлементные сложные соединения. Подходы к классификации многоэлементных соединений. Традиционное деление: основания, кислоты, соли. Классификация на основании типа связи. Кислотно-основные взаимодействия. Теории кислот и оснований. Теория Аррениуса. Теория Бренстеда-Лоури. Теория Льюиса. Теория мягких и жестких

		кислот и оснований (теория Пирсона). Суперкислоты. Протонные суперкислоты. Суперкислоты Льюиса и комплексные суперкислоты. Понятие амфотерности. Двоякая структурообразующая функция металлов. Изо-, мезо-, и гетеродесмические структуры по Эвансу. Примеры.
4	Понятие нестехиометрии в неорганической химии	Фазы переменного состава. Дальтониды и бертоллиды. Закон постоянства состава. Отклонения от стехиометрии; трактовка в квазихимической модели. Нестехиометрия, современные представления. Особенности сложных соединений. Представления Алесковского. Химический смысл дефектных моделей и фаз переменного состава. Модели упорядочения и взаимодействия дефектов. Ассимиляции дефектов. Протяженные дефекты типа Уодсли. Теория микрогетерогенности. Работы Ария. Взаимопрорастание структур. Непрерывно адаптированные структуры.
5	Кристаллохимический дизайн неорганических соединений	Принципы кристаллохимического дизайна неорганических соединений на примере структурного типа перовскита. Факторы, обуславливающие формирование структур неорганических соединений: природа химической связи, координационные предпочтения, размерный фактор. Условия формирования структурного типа перовскита ABO3 (влияние размерного фактора, температура и давления). Политипизм перовскитоподобных структур. Структуры двойного перовскита (криолит, эльпасолит), реализация различных типов упорядочения в катионной подрешетке. Перовскитоподобные фазы со структурным разупорядочением в подрешетке кислорода AnBnO3n-m, структурный типа браунмиллерита A2B2O5. Катионодефецитные перовскиты. Изо- и гетеровалентные замещения в перовскитоподобных структурах. Гомологические ряды, образуемые структурами срастания. Факторы, определяющие возможность образования структур срастания.
6	Состояние поверхности в твердом теле	Типы границ и поверхностей в реальном твердом теле. Энергетическое состояние поверхности. Валентно ненасыщенные состояния. Поверхность в зонной модели. Искривление зон. Состояния и уровни Шоккли и Тамма. Термодинамика поверхности. Термодинамические функции поверхности. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение. Поверхностная энергия ковалентных, металлических и ионных сред. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях; адсорбция и десорбция; реконструкция и релаксация поверхностей. Адгезионная теория контактного плавления. Эвтектики как микрогетерогенные связнодисперсные наносистемы. Супрамолекулярная концепция эвтектик. Неавтономные межфазные соединения, их роль в формировании транспортных свойств и реакционной способности.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в конкретной области профессиональной деятельности	Д-1 - Проявлять ответственность за проводимые исследования Д-2 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы неорганического материаловедения

Электронные ресурсы (издания)

1. Журавлев, Ю. Н.; Химическая связь в полупроводниковых и диэлектрических кристаллах : учебное пособие.; Кемеровский государственный университет, Кемерово; 2009; http://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=232672 (Электронное издание)

Печатные издания

1. Резницкий, Л. А.; Химическая связь и превращения оксидов; МГУ, Москва; 1991 (4 экз.)

2. Резницкий, Л. А.; Химическая связь и превращение оксидов; Изд-во Моск. ун-та, Москва; 1991 (2 экз.)

3. Угай, Я. А.; Неорганическая химия : [учеб. для вузов по спец. "Химия"].; Высшая школа, Москва; 1989 (7 экз.)

4. Угай, Я. А.; Общая и неорганическая химия : Учеб. пособие для вузов.; Высшая школа, Москва; 2004 (57 экз.)

5. Корольков, Д. В., Скоробогатов, Г. А.; Основы теоретической химии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 "Химия" (специализации: 011024 "Квантовая химия", 011013 "Хим. кинетика и катализ", 011005 "Физ. химия".; Академия, Москва; 2004 (6 экз.)

6. Уэллс, А. Ф., Зоркий, П. М., Нестерова, Я. М., Спиридонов, Ф. М., Троянов, С. И., Порай-Кошиц, М. А.; Т. 1 : в 3 томах.; Мир, Москва; 1987 (2 экз.)

7. Уэллс, А. Ф., Желиковская, Н. Н., Спиридонова, Ф. М., Троянова, С. И., Порай-Кошиц, М. А., Зоркий, П. М.; Т. 3 : в 3 томах.; Мир, Москва; 1988 (2 экз.)

8. Дей, К. М., Клайд М., Иванова, Е. К., Астахов, К. В.; Теоретическая неорганическая химия; Химия, Москва; 1976 (12 экз.)

9. Дей, К. М., Клайд М., Лидин, Р. А., Селиванова, А. С., Иванова, Е. К., Астахов, К. В.; Теоретическая

неорганическая химия; Химия, Москва; 1969 (21 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Springer Materials https://materials.springer.com/

Web of Science http://apps.webofknowledge.com/

ScienceDirect Freedom Collection http://www.sciencedirect.com/

eLibrary ООО Научная электронная библиотека http://elibrary.ru

Wiley Journal Database http://onlinelibrary.wiley.com/

Журнал физической химии / Науч.-техн. упр. ВСНХ СССР .— М. ; Л. : Гос. изд-во, 1930- .— Ранее выходил как: Журнал русского физико-химического общества. Часть химическая .— В 1930-Т. 5, Вып. 2-3 (1934) является "Серией В" "Химического журнала" .— Основан в 1930 г. — Выходит ежемесячно .— ISSN 0044-4537 .— <URL:https://dlib.eastview.com/browse/publication/79384>.

Неорганические материалы : [журнал] / Акад. наук СССР .— М. : Наука, 1991- .— Заглавие: Т. 1 (1965)-27, № 6 (1991) Известия Академии наук СССР. Неорганические материалы ; Т. 27, № 7 (1991) - Неорганические материалы, ISSN 0002-337X .— Выходит ежемесячно .— ISSN 0002-337X .— <URL:https://dlib.eastview.com/browse/publication/79441>.

Вестник Московского университета : науч. журн. Сер. 2. Химия / Моск. гос. ун-т, Хим. фак. — М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1960- .— Образовался в результате разделения Сер. Математика, механика, астрономия, физика, химия на 3 серии: Сер. Математика, механика, Сер. Химия, Сер. Физика, астрономия. Счет порядкового года изд. каждой серии ведется с начала издания "Вестника . " .— Основан в 1946 г. — Выходит 6 раз в год .— ISSN 0201-7385 .— ISSN 0579-9384 .— <URL:https://biblioclub.ru/index.phppage=journal_red&jid=596011>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы неорганического материаловедения

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физикохимия полимеров

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Вшивков Сергей Анатольевич	доктор химических наук, профессор	Профессор	Кафедра органической химии и высокомолекулярных соединений

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № _6_ от _15.10.2021_ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Вшивков Сергей Анатольевич, Профессор, органической химии и высокомолекулярных соединений**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Основные понятая, касающиеся строения макромолекулы.	Макромолекула, цепь, звено цепи. Молекулярная масса основного звена, и полимера. Высокополимеры и олигомеры. Линейные, раз¬ветвленные и пространственные полимеры. Гомоцепные и гетероцепные полимеры. Энергии связи между атомами в полимерной цепи. Сополимеры. Статистические сополимеры, блоксополимеры. привитые сополимеры. Классификация полимеров: органические, элементоорганические и неорганические полимеры. Полимерные углеводороды, полимерные галоидопроизводные, спирты и их производные. Полимерные кислоты, полиакрилаты и полиметакрилаты, полиэфиры (проестые и сложные). Поликарбонаты, полиангидриды, полиэпоксиды, полиарилаты, полиами¬ды (алифатические и ароматические). Полиимиды, полиизоцианаты, полиуретаны. Полиацетали. Кардовые полигетероарилены, полимеры с системой сопряженных связей, карбины. Примеры. Виниловые полиме¬ры, гребнеобразные полимеры, лестничные полимеры, дендримеры. Природные полимеры. Биополимеры. Особенности строения цепи полимера. Два типа связей, отличающихся энергией и длиной. Регулярное и нерегулярное построение цепи. Основные типы нерегулярности. Стереорегулярность. Изо-, синдио- и атактические полимеры. Цис- и транс-изомерия, L и D-изомерия.

		Неоднородность полимеров по химическому составу. Полимолекулярность. Полярные и неполярные полимеры. Плотность энергии когезии полимеров. Межцепное взаимодействие: дисперсионное, деформационное и ориентационное. Межцепные и внутрицепные водородные связи, методы их обнаружения. Примеры полимеров с водородными межцепными связями. Роль отечественных ученых в синтезе полимеров. Работы Медведева, Андрианова, Коршака и др.
2	Макромолекула, или цепь и ее свойства.	Внутреннее вращение в молекулах. Свободное и заторможенное вращение. Кривая зависимости потенциальной энергии от угла поворота. Потенциальный барьер вращения, его величина для ряда групп атомов. Поворотные изомеры. Гош- и транс-форма. Внутреннее вращение в макромолекулах и гибкость цепи. Свободносочлененная цепь. Учет валентных углов и взаимодействия между атомами. Взаимодействие ближнего порядка и потенциальный барьер вращения. Взаимодействие дальнего порядка. Работы Марка и Гута, Куна, Бресслера и Френкеля. Гибкоцепные и жесткоцепные полимера. Конфигурации и конформации макромолекул. Конформации клубка, спирали; вытянутая конформация (стержень, "коленчатый вал"), складчатая конформация. Термодинамическая и кинетическая гибкость цепи полимера. Термодинамическая, или равновесная гибкость цепи, определяющая конформацию изолированной макромолекулы в равновесном состоянии. Термодинамическая вероятность цепи, выраженная формулой Гаусса. Наивероятнейшее и среднеквадратичное расстояние между концами свободносочлененной и реальной цепи. Радиус инерции (радиус вращения). Параметры термодинамической гибкости цепи: сегмент Куна, параметр свернутости (σ), персистентная длина (a), параметр Флори (f). Их взаимосвязь. Порядок этих величин для гибкоцепных, умеренно жестких и жесткоцепных полимеров. Примеры природных и синтетических гибкоцепных и жесткоцепных полимеров. Кинетическая гибкость цепи, отражающая скорость перехода из одной конформации в другую и проявляющаяся при взаимодействии полимера с внешним полем (механическим, электрическим, магнитным). Кинетический сегмент, методы его оценки. Зависимость кинетической гибкости от потенциального барьера вращения, температуры, степени сетчатости полимера. Скейлинговое рассмотрение термодинамической и кинетической гибкости макромолекул, влияние растяжения на идеальную цепь. Поведение идеальной цепи, заключенной в трубу.
3	Надмолекулярная структура полимеров.	Структура тела как пространственное расположение его элементов и тип связи между ними. Надмолекулярная организация полимера. Методы исследования структуры полимеров. Дифференциально -дифракционные методы, их

		принципы и возможности. Световая и электронная микроскопия. Возможные артефакты. Рентгенография. Электронографии. Нейтронография. Принцип рентгеноструктурного анализа, метод вращающегося кристалла, метод Дебая - Шерера (метод порошков). Вид рентгенограмм, дифрактонрамм. Текстура. Малоугловое рентгеновское рассеяние. Большие и малые периоды. Кристаллические и аморфные полимеры. Аморфное галло. Рентгеновская картина кристаллических полимеров. Степень кристалличности. Кристаллографическая ячейка. Морфология – совокупность наблюдаемых структурных образований, их форма и границы, взаимное расположение и иерархия. Основные морфологические формы кристаллических полимеров. Работы Келлера. Монокристаллы (пластинчатые, глобулярные, фибриллярные), их получение. Монокристаллы и складчатая конформация макромолекул. Длина складки. Кристаллы с выпрямленными цепями КВЦ и сложенными цепями КСЦ. Ламели. "Шашлыкоподобные" структуры ("шишкебаб"). Сферолиты, их природа, размеры, условия получения. Радиальные и кольцевые сферолиты. Вид сферолитов при рассмотрении в поляризо¬ванном свете. Мальтийский крест. Структура аморфных полимеров. Домены, или упорядоченные области. Работы Каргина, Йе, Бакеева, Вундерлиха. Рентгеноструктурные исследования расплавов полимеров.
4	Фазовые состояния и фазовые переходы.	Агрегатные и фазовые состояния веществ. Газообразное, твердое и жидкое агрегатные состояния, их различия. Кристаллическое, жидкостное (аморфное) и жидкокристаллическое фазовые состояния. Термодинамическое и структурное понимание фазы. Фазовые переходы первого и второго рода. Особенности упорядоченности полимеров. Условия, необходимые для кристаллизации; регулярность цепи, плотность упаковки, диапазон температур. Термодинамика кристаллизации. Механизм и кинетика кристаллизации. Гомогенное и гетерогенное зародышеобразование. Методы изучения кристаллизации: дилатометрия, дифференциально – термический анализ ДТА, дифференциальная сканирующая калориметрия ДСК, электронная и поляризационная микроскопия. Скорость кристаллизации, уравнение Аврами - Колмогорова. Температурная зависимость скорости нуклеации и скорости роста зародышей. Влияние температуры кристаллизации на морфологию и механические свойства полимеров. Плавление полимеров. Температура плавления и строение макромолекул. Равновесная температура плавления, определение ее по графику зависимости Тпл от длины складки, из данных графической зависимости Тпл и Ткрист. Метод расчета Тпл. Энтальпия и энтропия плавления, их связь с Тпл. Влияние на Тпл полимеров энергии когезии, гибкости цепи,

		степени полимеризации, внешнего давления, деформации растяжения. Свободный объем и плотность упаковки полимеров. Занятый (собственный) объем. Вклады в свободный объем: объем расширения, флуктуационный объем, геометрический вклад. Методы определения этих величин. Коэффициент упаковки кристаллических и аморфных полимеров. Релаксационные состояния аморфных полимеров: высокоэластическое, стеклообразное, вязкотекучее.
5	Высокоэластическое состояние полимеров.	Определение высокоэластического состояния. Виды деформации полимеров, модули упругости и сдвига, соотношения между ними. Всестороннее сжатие. Податливость. Высокоэластическая деформация ВЭД, ее отличие от упругой деформации металлов. ВЭД идеального каучука, ее молекулярное, термодинамическое и статистическое рассмотрение, идеальные сетки. Эластичность реального каучука. Уравнение Муни - Ривлина. Релаксационный характер ВЭД, релаксации напряжения и деформа¬ции. Работы Кобеко, Александрова и Лазуркина. Расчет времени релакса¬ции и анергии активации ВЭД. Спектр времен релаксации. Гистерезисные явления. Механические потери. Поведение эластомеров в циклических полях. Упруговязкие тела. Деформация течения. Закон Ньютона. Модели и уравнения Максвелла, Кельвина - Фойгта для упруговязких тел. Время запаздывания и время релаксации. Принцип температурно - временной суперпозиции. Уравнение Вильямса, Лэнделла, Ферри (ВЛФ). Ползучесть полимерных мате¬риалов. Методы разделения ВЭД и деформации течения. Практическое значение релаксационных процессов.
6	Стеклообразное состояние полимеров.	Определения стеклообразного состояния. Процесс стеклования, является ли этот процесс фазовым переходом Ре¬лаксационный характер стеклования. Метастабильный характер стеклообразного состояния. Структурное и механическое стеклование. Механизм структурного стеклования. Представления Журкова, Каргина и Слонимского. Теории процесса стеклования: термодинамическая, свободного объема, релаксационная. Методы определения температур стеклования: дилатометрия, термомеханический, определение теплоемкости, модуля упругости, диэлектрических и механических потерь. Метод обращенной газовой хроматографии ОГХ. Возможности термомеханического метода. Влияние на температуры текучести и стеклования химического строения полимеров, степени полимеризации. Оценка величины кинетического сегмента. Влияние давления, степени сетчатости, микроструктуры полимера на Тс. Методы расчета Тс. Величины Тт и Тс наиболее распространенных каучуков и пластмасс. Морозостойкость и теплостойкость полимеров. Отличие теплостойкости от термостойкости. Температуры хрупкости и

		термостойкости. Влияние химического строения полимера на тепло- и термостойкость.
7	Вязкотекучее состояние полимеров.	Определение вязкотекучего состояния. Реология и реологические свойства. Физическое и химическое течение. Наложение на деформацию течения высокоэластической де¬формации. Роль конформации макромолекул и надмолекулярной организации. Представления о сетке "зацеплений", ее флуктуационнй характер. Скорость сдвига, касательные и нормальные напряжения. Установившееся течение, его развитие при постоянных напряжении (малом и большом) и скорости сдвига (малой и большой). Развитие высокоэластической деформации и деформации течения, релаксационный характер этих процессов. Модели Бургерса - Френкеля, Каргина - Слонимского - Рауза. Вязкость, ее физический смысл и размерность. Ньютоновские и неньютоновские среды. Кривые течения. Наибольшая и наименьшая вязкость. Аномалия вязкости. Дилатансия. Полные и неполные кривые течения. Наибольшая ньютоновская вязкость, ее связь со структурой полимера, влияние на нее молекулярной массы полимера, температуры. Энтальпия, энтропия и свободная энергия активации вязкого течения. Продольная вязкость, ее связь со сдвиговой вязкостью. Работы Виноградова и Малкина по реологии мономолекулярных полимеров. Температурно - инвариантная характеристика вязкости. Влияние давления на вязкость.
8	Деформационные свойства и прочность полимеров.	Основные виды разрушения твердых тел. Хрупкое и пластическое разрушение; деформации, им предшествующие. Деформационная кривая. Относительное и остаточное удлинение. Разрушающее напряжение. Закон Гука. Уникальные механические свойства полимеров и их связь со строением. Деформационные кривые идеального каучука и резин. Анализ участков кривых. Деформационные кривые стеклообразных полимеров. Образование "шейки" при деформировании. Вынужденная эластичность, ее обратимый и релаксационный характер. Предел вынужденной эластичности и ее температурная зависимость. Температура хрупкости, ее зависимость от энергии межмолекулярного взаимодействия и плотности упаковки макромолекул. Влияние молекулярной массы полимера на Тс и Тхр. Температурный интервал вынужденной эластичности, его значение для эксплуатации пластических масс. Деформационные кривые ориентированных и неориентированных кристаллических полимеров. Анизотропия механических свойств.

		Высокодисперсное ориентированное состояние полимеров. Работы Волынского и Бакеева. Деформация полимеров в жидких средах.
9	Кинетическая природа прочности полимеров.	Временная зависимость прочности материалов. Статическая и динамическая усталостъ, явление утомления. Несовместимость этих явлений с представлениями о критическом характере разрушения тела и представлениями о "пределе прочности". Разрушение как процесс. Долговечность материалов. Работы Журкова и его школы по долговечности полимерных материалов. Зависимость долговечности и разрывного напряжений в широком диапазоне температур. Понятие "полюса". Уравнение Журкова, физический смысл входящих в него па¬раметров и их расчет. Зависимость разрушающего напряжения от энергии активации разрыва и структурно - чувствительного коэффициента. Значение уравнения Журкова и область его применения. Уравнение Бартенева для резин. Кинетическая природа разрушения и его термофлуктуационный характер. Природа разрывающихся связей. Доказательство термофлуктуационного характера разрушения. Изучение разрушения полимеров с помощью методов ИКС, ЭПР, масс-спектроскопии. Возможности этих методов. Кинетика разрушения полимеров и кинетика химических реакций деструкции. Работы Журкова и его школы по связи механических свойств полимеров с их химическим строением. Роль межмолекулярных сил в процессе разрушения полимеров. Прочностные свойства волокон и каучуков. Механизм разрушения полимеров. Гипотеза Гриффита о влиянии поверхностных трещин на прочность реальных тел, развитие этих представлений в работах Иоффе, Регеля, Журкова, Слуцкера. Растрескивание полимеров в процессе деформирования и оптические свойства. Образование и рост трещин в процессе деформирования. Субмикротрещины (крейзы), их размеры. Микро- , макро- и магистральные трещины. Влияние на прочность полимеров размеров и формы надмолекулярных структур, наполнителей, частоты сетки, молекулярной массы и полярности полимера, скорости деформирования. Пути повышения прочности.
10	Электрические свойства полимеров.	Деление электронных проводников на металлы, полупроводники и диэлектрики. Электрические свойства полимерных диэлектриков. Удельное объемное сопротивление, его температурная зависимость. Диэлектрическая проницаемость. Диэлектрические потери. Тангенс угла потерь. Деформационная и тепловая поляризация. Диэлектрическая проницаемость полярных и неполярных полимерных диэлектриков. Релаксационный характер диэлектрической поляризации. Зависимость ε’ и ε’’ от частоты и температуры. Дипольно - сегментальные и дипольно - групповые потери. Их зависимость от частоты и температуры. Расчет времени релаксации, порядок τ для дипольно - сегментальных и

		дипольно - групповых потерь. Расчет свободной энергии, энтальпии и энтропии активации процесса диэлектрической поляризации. Влияние химического строения и фазового состояния полимеров на диэлектрические потери. Дипольные моменты полимеров. Связь дипольного момента с поляризацией и диэлектрической проницаемостью. Отличие дипольных моментов макромолекул от дипольных моментов низкомолекулярных веществ. Роль конформации. Параметр корреляции "g", его значения для некоторых полимеров.
11	Полимерные сорбенты и пористая структура полимеров.	Сорбция, адсорбция, абсорбция. Физическая адсорбция, хемосорбция. Сорбат. Инертность и возмущение сорбента. Пористость, методы ее оценки. Параметры пористой структуры: удельная поверхность, суммарный объем пор, радиус пор, дифференциальные кривые распределения, методы их определения. Классификация Дубинина сорбентов по размерам пор. Макропористые, микропористые, непористые сорбенты. Сорбенты с мезопорами. Виды изотерм сорбции. Классификация Киселева. Ртутная порометрия. Особенности полимерных сорбентов. Их способность к набуханию в порах сорбата, высокий коэффициент термического расширения, способность к эластическим и вынужденно - эластическим деформациям. Работы Тагер и Цилипоткиной. Методы формирования пористой структуры полимеров. Термическая обработка, введение порофоров, насыщение газом, формование и синтез в присутствии растворителя, роль его поверхностного натяжения, сродства к полимеру. Усадочные явления при испарении раст¬ворителя. Методы инклюдирования, лиофильной сушки. Кажущаяся и истинная плотность полимеров, методы их определения. Соотношение между суммарным объемом пор и свободным объемом полимера. Ионообменные смолы – сшитые полиэлектролиты. Катиониты, аниониты. Влияние различных факторов на пористую структуру ионитов: количество и качество растворителя, используемого в синтезе, количество сшивающего агента.
12	Системы полимер – низкомолекулярная жидкость.	Растворы полимеров, их отличие от коллоидных систем. Ассоциация и сольватация в растворах, методы их изучения. Флуктуационный характер ассоциатов. Растворение и набухание полимеров. Ограниченное и неограниченное набухание. Межструктурное и внутриструктурное набухание. Степень набухания. Факторы, определяющие растворение и набухание: природа полимера и растворителя, гибкость цепи, молекулярная масса полимера, плотность упаковки макромолекул, неоднородность по химическому строению, надмолекулярная структура, температура. Поведение реальной цепи в растворе и в расплаве. Концентрационная зависимость размеров макромолекул.

		Скейлинговые законы для атермических растворителей. Порог перекрывания цепей. Режим разбавленного раствора. Диаграммы состояния полимерного раствора. Работы Флори, Де Женна, Джаннинка и Дауда, Хохлова. Переход клубок - глобула. Теоретическое рассмотрение, экспериментальные данные. Вязкость разбавленных растворов. Модели непроницаемых сфер, упругих гантелей. Модель Рауза. Фундаментальное время релаксации. Причины возникновения внутреннего трения. Влияние молекулярной массы полимера, температуры, качества растворителя на характеристическую вязкость. Уравнение Хаггинса, Флори, Стокмайера - Фиксмана. Полуразбавленные растворы. Корреляционный радиус. Концепция блобов. Рептация цепей в растворах. Максимальное время релаксации. Поступательная диффузия. Вязкость концентрированных растворов полимеров и влияние на нее температуры, молекулярной массы полимера, качества растворителя, его вязкости, напряжения и скорости сдвига. Расчет активационных параметров процесса течения. Вязкость и структура растворов. Эластические свойства растворов полимеров. Различия в природе вязкости разбавленных и концентрированных растворов полимеров. Фазовое равновесие систем полимер – растворитель. Правило фаз Гиббса, его применение к растворам полимеров. Работы Каргина, Папкова, Роговина, Тагер. Получение диаграммы состояния бинарных систем методом точек помутнения (метод Алексеева). Жидкостное и кристаллическое разделение раствора на две фазы. Бинодаль. Спинодаль. Верхние и нижние критические температуры растворения (ВКТР и НКТР).Два типа НКТР, их природа. Примеры полимерных систем с ВКТР и НКТР, с двумя КТР. Влияние молекулярной массы полимера на положение ВКТР и НКТР. Причины искажения бинодали. Фазовые диаграммы полимолекулярных полимеров. Термодинамическая устойчивость систем. Устойчивые, метастабильные, лабильные системы и фазы. Критерии термической, механической устойчивости и устойчивости по отношению к диффузии. Изменение термодинамического сродства полимера к растворителю с температурой. Критерии ВКТР и НКТР. Трехкомпонентные системы: полимер – две жидкости. Их фазовые диаграммы. Методы Гиббса и Розебома. Работы Бренстеда. Диаграммы состояния систем с кристаллическим разделением фаз. Кривые ликвидуса и подликвидуса. Релаксационный характер процесса кристаллического разделения. Растворы полиэлектролитов. Примеры поликислот, полиоснований, полиамфолитов. Свойства растворов полиэлектролитов. Полиэлектролитное набухание. Эффект Доннана. Гидродинамические свойства полиэлектролитов. Уравнение Фуосса - Штрауса. Гели полимеров. Отличие гелей от растворов. Термообратимые и термонеобратимые гели. Однофазные и двухфазные гели. Образование термонеобратимых гелей (гели 1-го типа), их

		фазовая диаграмма. Образование термообратимых гелей (ге¬ли 2-го типа), их диаграмма состояния. Сдвиговой модуль эластичности раствора. Инвариантные методы приведения. Реологические свойства гелей 1-го и 2-го типа. Синерезис, его проявление. Макро- и микросинерезис. Работы Папкова. Пульсирующий механизм синерезиса и фазового распада гелей. Рептация цепей в гелях. Фрактальный подход к описанию свойств пространственно неоднородных систем. Определение фрактала. Фрактальная геометрия. Представление о перколяционных моделях, описывающих поведение полимерных систем в процессе гелеобразования. Фазовые переходы в полимерных системах, вызванные механическим полем. Кристаллическое разделение фаз в растворах и расплавах полимеров, вызванное механическим полем. Смещение кривых ликвидуса, изменение их формы. Влияние механического поля на аморфное (жидкостное) расслаивание полимерных систем. Смещение бинодалей, инверсия влияния механического поля на жидкостное расслаивание растворов полимеров. Работы Кулезнева, Малкина, Вшивкова. Влияние деформации растяжения и сжатия на фазовые переходы в полимерных гелях и вид фазовой диаграммы. Жидкокристаллические растворы полимеров. Причины возникновения жидкокристаллического фазового состояния. Лиотропные и термотропные жидкие кристаллы. Виды фазовых диаграмм. Фазовые диаграммы и структура жидкокристаллических полимерных систем в магнитном и механическом полях. Методы приготовления и очистки растворов. Методы фракционирования.
13	Термодинамика растворения и набухания полимеров.	Термодинамическое сродство растворителя к полимеру (термодинамическое качество растворителя). Методы оценки. Понятие «хорошего» и «плохого» растворителя. Осмотическое давление растворов полимеров и давление набухания, их природа и связь с химическим потенциалом растворителя. Второй вириалъный коэффициент А2, методы его определения, порядок величин А2 для хороших и плохих растворителей. Связь А2 с исключенным объемом. Уравнение состояния системы полимер – растворитель. Энтальпия, или теплота растворения. Интегральные и дифференциальные теплоты, методы их определения (калориметрия и расчет из данных по температурной зависимости энергии смешения Гиббса). Уравнение Гиббса - Гельмгольца. Экзо-, эндо- и атермическое растворение полимеров. Концентрационная зависимость энтальпии растворения полимеров, ее определение методом Тагер - Домбек. Изменение объема при растворении полимеров и факторы, влияющие на это. Какую роль играет при этом свободный объем полимера и растворителя Влияние изменения объема на величину энтальпии смешения.

		Энтропия смешения, определение энтропии смешения для растворов полимеров. Комбинаториапьная и некомбинаториальная энтропия смешения. Термодинамика растворения кристаллических и стеклообразных полимеров, эластомеров. Влияние на термодинамические параметры смешения гибкости цепи, плотности упаковки, полярности макромолекул. Термодинамика набухания сетчатых полимеров. Роль высокоэластической деформации. Давление набухания сетчатых полимеров. Оценка термодинамического сегмента цепи полимера. Термодинамические теории растворов. Теория регулярных растворов Гильдебранда, ее критика. Концепция параметра растворимости, ее достоинства и недостатки. Теория Флори - Хаггинса, ее основные предпосылки. Вывод уравнения для энтропии и химического потенциала. Параметр взаимодействия χ, его физический смысл и методы определения. Двойственный характер χ, его связь с А2. Статистическая теория набухания сетчатых полимеров, определение Мс. Работы Флори - Ренера. Принцип соответственных состояний, приведенные величины. Теория Пригожина и ее развитие в работах Паттерсона и Флори. Новая теория Флори. Теория Санчеса -Лакомба.
14	0пределение молекулярной массы и молекулярно – массового распределения полимеров.	Осмометрический метод. Криоскопический, эбулиоскопический, изопиестический методы. Метод светорассеяния. Коэффициент рассеяния, его связь с мутностью. Флуктуации плотности и концентрации. Избыточное светорассеяние. Методы обработки экспериментальных данных для расчета молекулярной массы полимера и второго вириального коэффициента. Методы Дебая и Зимма. Метод вискозиметрии. Уравнение Марка - Хаувинка - Куна. Метод определения характеристической вязкости. Уравнения Хаггинса и Крамера. Метод диффузии. Определение поступательной диффузии макромолекул. Законы Фика. Уравнение, связывающее коэффициент диффузии с молекулярной массой полимера. Метод седиментации. Константа седиментации. Уравнение Сведберга. Методы Арчибальда, скоростной седиментации, седиментационно - диффузионного равновесия. Определение молекулярно - массового распределения. Среднечисловое, средневзвешенное и средневязкостное значения молекулярной массы. Какие значения какими методами определяются Интегральные и дифференциальные кривые распределения.

15	Определение размеров и параметров равновесной гибкости макромолекул.	Двойное лучепреломление в потоке и определение формы молекул полимеров. Обыкновенный и необыкновенный лучи, показатель двойного лучепреломления, оптически анизотропные среды, фотоэластический эффект. Динамо - оптический эффект Максвелла, динамооптиметры, угол гашения. Зависимость угла гашения от градиента скорости для жестких частиц и гибких макромолекул. Динамооптическая постоянная. Собственная анизотропия макромолекул, ее зависимость от анизотропии сегментов и мономерных звеньев. Эффекты макроформы и микроформы. Измерение собственной анизотропии макромолекул полимера. Расчет числа звеньев в сегменте Куна на основании данных сегментной анизотропии, измеренной методом двойного луче¬преломления в потоке. Метод Петерлина. Работы Цветкова и его школы. Определение среднеквадратичного расстояния между концами цепи с помощью метода светорассеяния, вискозиметрии и расчет параметра свернутости цепи. Расчет сегмента Куна на основании данных по (h2)θ , определенных в θ - растворителе методом светорассеяния. Влияние растворителя на равновесную гибкость цепи полимера, работы Цветкова, Эскина, Фрисман.
16	Пластификация полимеров.	Пластификация, пластифицирующий эффект. Совместимость полимеров с пластификаторами. Влияние пластификатора на температуры стеклований и текучести, на механические и электрические свойства, температуру хрупкости. Механизм пластификации. Внутри- и межструктурная пластификация. Работы Каргина и Козлова. Антипластификация. Теории пластификации. Правило мольных и объемных кон¬центраций, их ограниченность. Влияние строения молекул пластифи¬каторов на их пластифицирующее действие. Работы Тагер и Суворовой, Воскресенского и др.
17	Смеси полимеров.	Значение смесей полимеров в технике. Совместимость полимеров в растворе. Метод Добри и Бойер - Ковеноки. Определение взаимной растворимости полимеров. Растворимость и молекулярные массы полимеров. Однофазные и двухфазные полимерные системы. Структура смесей полимеров. Современные представления о строении двухфазных коллоидных систем полимер – полимер. Факторы их устойчивости. Переходные слои, роль адгезии. Работы Воюцкого, Кулезнева, Липатова, Чалых. Механические свойства смесей полимеров. Смеси эластомеров друг с другом, эластомеров с пластиками, пластиков друг с другом. Методы определения температур стеклования смесей полимеров. Термодинамика бинарных систем полимер - полимер. Энтальпия смешения двух полимеров. Определение ее по закону Гесса. Метод Тагер определения энергии смешения Гиббса двух полимеров. Термодинамическая устойчивость полимерных композиций и термодинамическая совместимость полимеров. Устойчивые, метастабильные и неустойчивые

		полимерные системы. Примеры. Вид кривых концентрационной зависимости энергии смешения Гиббса. Энтропия смешения полимеров друг с другом. Комбинаториалъная и некомбинаториальная энтропия смешения. Энтропия смешения и структура смеси. Работы Тагер. Причины, обусловливающие совместимость полимеров. Диаграммы состояния бинарных систем полимер - полимер и трехкомпонентных систем полимер - полимер - растворитель. Работы Скотта, Томпа. Чем объясня¬ется непараллельность нод в треугольной диаграмме Какую роль играет разность параметров взаимодействия обоих полимеров с общим растворителем Фазовые переходы в тонких пленках. Влияние деформирования на фазовые переходы в смесях полимеров и в растворах смесей.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ОПК-2 - Способен проводить под научным руководством исследования на основе современных методов в конкретной области профессиональной деятельности	Д-2 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физикохимия полимеров

Электронные ресурсы (издания)

1. Девятловская, А. Н.; Органическая химия и высокомолекулярные соединения: лабораторный практикум для студентов специальности 250403.65 очной и заочной форм обучения; СибГТУ, Красноярск; 2011; http://biblioclub.ru/index.phppage=book&id=428852 (Электронное издание)

Печатные издания

1. Вшивков, С. А.; Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях : учебное пособие.; Лань,

Санкт-Петербург; 2013 (4 экз.)

2. Вшивков, С. А.; Фазовые переходы в полимерных системах, вызванные механическим полем : Учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. гос. ун-та, Екатеринбург; 2001 (93 экз.)

3. , Вшивков, С. А.; Методы исследования полимерных систем : [учебное пособие для студентов, обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры по направлениям подготовки 04.03.01 "Химия", 04.03.02 "Химия, физика и механика материалов", по программе специалитета по направлению подготовки 04.05.01 "Фундаментальная и прикладная химия"].; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2016 (50 экз.)

4. Вшивков, С. А.; Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем : учебное пособие [для бакалавров].; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2012 (9 экз.)

5. Вшивков, С. А.; Термодинамика полимерных систем : учеб. пособие.; АМБ, Екатеринбург; 2011 (15 экз.)

6. , Вшивков, С. А.; Физикохимия полимеров : программа специальной дисциплины.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2007 (100 экз.)

7. Семчиков, Ю. Д.; Высокомолекулярные соединения : Учебник для вузов по спец. "Химия".; Академия, Москва; 2003 (90 экз.)

8. Тагер, А. А.; Основы учения о растворах неэлектролитов : Учеб. пособие.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 1993 (26 экз.)

9. Тагер, А. А., Аскадский, А. А.; Физико-химия полимеров : [учеб. пособие для хим. фак. ун-тов].; Научный мир, Москва; 2007 (79 экз.)

10. Оудиан, Д., Выгодский, Я. С., Фрунзе, Т. М., Коршак, В. В.; Основы химии полимеров; Мир, Москва; 1974 (5 экз.)

11. Суворова, А. И.; Фундаментальные вопросы физической химии полимеров : учеб. пособие для вузов.; Изд-во Урал. ун-та, Екатеринбург; 2006 (84 экз.)

12. Кулезнев, В. Н.; Химия и физика полимеров : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Химическая технология".; Лань, Санкт-Петербург; 2014 (5 экз.)

13. Гуль, В. Е.; Структура и механические свойства полимеров : [учебное пособие для химико-технологических вузов].; Высшая школа, Москва; 1979 (16 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Не используются

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физикохимия полимеров

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Химия промышленных органических веществ

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Пестов Александр Викторович	кандидат химических наук, доцент	Доцент	Кафедра органической химии и высокомолекулярных соединений

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № _6_ от _15.10.2021_ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Пестов Александр Викторович, Доцент, органической химии и высокомолекулярных соединений**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Газообразные продукты основного органического синтеза	Углеводороды, формальдегид, галогенпроизводные углеводородов
2	Жидкие продукты основного органического синтеза	Углеводороды, галогенпроизводные, спирты, альдегиды, карбоновые кислоты
3	Твердые продукты основного органического синтеза	Фенолы, производные карбоновых кислот
4	Полимерные материалы. Волокна	Полиамиды, полиэфиры, полиуретаны, эпоксидные смолы, силиконы
5	Поверхностно-активные вещества (ПАВ)	Анионные ПАВ, неионогенные ПАВ, катионные ПАВ
6	Окрашивающие вещества	Азокрасители, антрахиноновые красители, индигоидные красители, фталоцианины, азометиновые красители, лако-красочные материалы, окрашивающие технологии
7	Пищевые добавки	Подсластители, консерванты, вспомогательные вещества

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1 - Способен использовать фундаментальные знания, полученные в области математических и естественных наук, в профессиональной деятельности	Д-2 - Демонстрировать осознанную мировоззренческую позицию Д-3 - Демонстрировать осознанный интерес к решению задач профессиональной деятельности по избранной специальности

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Химия промышленных органических веществ

Электронные ресурсы (издания)

1. Агрономов, А. Е.; Избранные главы органической химии : монография.; Издательство МГУ, Москва; 1975; https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=477077 (Электронное издание)

2. Робертс, Д., Д., Несмеянов, А. Н.; Основы органической химии : учебник.; Мир, Москва; 1978; https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450089 (Электронное издание)

Печатные издания

1. Агрономов, А. Е.; Избранные главы органической химии : Учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов.; Химия, Москва; 1990 (47 экз.)

2. Шабаров, Ю. С.; Органическая химия : В 2 ч.: Учебник для вузов. Ч. 1. Нециклические соединения; Химия, Москва; 1996 (31 экз.)

3. Шабаров, Ю. С.; Органическая химия : В 2 ч.: Учебник для вузов. Ч. 2. Циклические соединения; Химия, Москва; 1994 (30 экз.)

4. Сайкс, П.; Механизмы реакций в органической химии; Химия, Москва; 1991 (90 экз.)

5. Вшивков, А. А., Сосновских, В. Я.; Органическая химия. Основные понятия : учеб. пособие для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям 020100 "Химия", 020400 "Биология".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012 (127 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1) База данных www.reaxys.com

2) Открытые лекции МГУ по органической химии Лукашева Н.В. на teach-in

3) А. А. Вшивков, В. С. Мошкин, Д. Л. Обыденнов, А. В. Пестов "Номенклатура органических соединений": учебное пособие https://elar.urfu.ru/handle/10995/78953

4) А. А. Вшивков, А. В. Пестов "Органическая химия: задачи и упражнения" : учебное пособие https://elar.urfu.ru/handle/10995/30882

5) А. А. Вшивков "Органическая химия (общий курс)" : методические указания для самостоятельной работы студентов 3-го курса химического факультета http://elar.urfu.ru/handle/10995/1270

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1) База данных scifinder

2) Химическая энциклопедия он-лайн https://xumuk.ru/encyklopedia/

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Химия промышленных органических веществ

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется