

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ХИМИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра химии

СОГЛАСОВАНА

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

И.о. декана химико-биологического

_____ профессор Саламов А.М.

факультета _____ М.К.Дакиева

« 13 » _____ марта _____ 2025 г.

« 18 » _____ марта _____ 2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРОВ**

Факультет: химико-биологический

Направление подготовки/специальность: 04.04.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки: «Высокомолекулярные соединения»

Программа подготовки: магистратура

Квалификация (степень) выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

**МАГАС
2025**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса «Механические свойства полимеров» является формирование у магистров систему знаний и навыков, необходимых для решения задач измерений и метрологического обеспечения при проведении анализа химического состава различных объектов, следовании строения и свойств химических веществ, контроле процессов в химической технологии.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Механические свойства полимеров» принадлежит к обязательной части Блока 1. Её задача состоит в формировании у магистранта прочных знаний в области современных способов определения и методов изучения таких свойств полимерных материалов (ПМ), как физико-химические, физико-механические, релаксационные, деформационные, электрические.

Полученные в процессе изучения дисциплины «Механические свойства полимеров» знания, умения и навыки могут быть использованы в процессе освоения дисциплин по профилю магистратуры, а также при написании магистерской диссертации.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- теоретические основы методов исследования механических свойств полимеров;
- взаимосвязь между процессами синтеза и модификации полимеров и их механическими свойствами;
- взаимосвязь между свойствами растворов полимеров и их механическими свойствами
- науку о механических свойствах полимеров
- взаимосвязь между технологией переработки полимеров и их механическими свойствами.

Уметь:

- предлагать методы исследования механических свойств полимеров в соответствии с заданной научной задачей;
- прогнозировать механические свойства полимеров исходя из способа их синтеза или модификации;
- прогнозировать механические свойства полимеров с использованием знаний о свойствах их растворов;
- прогнозировать механические свойства полимера исходя из знаний об их структуре;
- прогнозировать механические свойства полимерных материалов в тех или иных технологических условиях.

Владеть:

- способностью использовать экспериментальные и теоретические методы при иссле-

довании механических свойств полимеров

- способностью предлагать методы синтеза и модификации полимеров с целью получения вещества с заданными механическими свойствами;
- способностью использовать структурно-механический подход при исследовании растворов полимеров;
- способностью применять на практике знания о механических свойствах полимеров во взаимосвязи с их структурой;
- способностью использовать знания о механических свойствах полимеров при разработке технологии получения и переработки полимеров

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

- а) универсальных (УК) – УК-3**
- б) общепрофессиональных (ОПК) – ОПК-1, ОПК-2**
- б) профессиональных (ПК) - ПК-2.**

Таблица 3.1.

**Матрица связи компетенций, формируемых на основе изучения дисциплины
«», с временными этапами освоения ее содержания**

Коды компетенций (ФГОС)	Компетенция	Семестр изучения
УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	2
ОПК-1	Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения	2
ОПК-2	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	2
ПК-2	Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии или смежных наук	2

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Таблица 4.1.

Вид учебной работы	Всего часов	2 семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия	60	60
Лекции	30	30
Лабораторные занятия	30	30
Самостоятельная работа студентов	84	84

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ИЛИ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Таблица 5.1.

5.1. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточного контроля
			Лекции	Практические занятия	СРС	
1.	Основные понятия, касающиеся строения макромолекулы	2	2	2	6	Контроль ная работа № 1
2.	Макромолекула, или цепь и ее свойства	2	4	4	10	
3.	Надмолекулярная структура полимеров	2	4	4	10	Контроль ная работа № 2
4.	Фазовые состояния и фазовые переходы	2	4	4	10	
5.	Механические свойства эластомеров	2	4	4	10	Тест

6.	Механические свойства стеклообразных полимеров	2		2	4	10	Контрольная работа № 3
7.	Механические свойства полимеров в вязкотекучем состоянии	2		4	2	10	Контрольная работа № 4
8.	Прочность полимеров	2		2	4	10	Тест
9.	Пластификация полимеров	2		4	2	8	Тест
	Итого:			30	30	76	

5.2. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные понятия, касающиеся строения макромолекулы

Макромолекула, цепь, звено цепи. Молекулярная масса основного звена, и полимера. Высокополимеры и олигомеры. Линейные, разветвленные 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 (простые и сложные) Поликарбонаты, полиангидриды, полиэпоксиды, полиарилаты, полиамиды (алифатические и ароматические). Полиимиды, полиизоцианаты, полиуретаны. Полиацетали. Виниловые полимеры, 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.

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.

Раздел 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. Гаусс-, цис- и транс-формы. 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. 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.

Раздел 3. Надмолекулярная структура полимеров

Структура тела как пространственное расположение его элементов и тип связи между ними. Надмолекулярная организация полимера. Методы исследования структуры полимеров. Световая и электронная микроскопия. Рентгенография. Вид рентгенограмм, дифрактограмм.

Кристаллические и аморфные полимеры. Степень кристалличности. Морфология – совокупность наблюдаемых структурных образований, их форма и границы. Основные морфологические формы кристаллических полимеров. Монокристаллы (пластинчатые, глобулярные, фибриллярные), их получение. Монокристаллы и складчатая конформация макромолекул. Кристаллы с выпрямленными цепями КВЦ и сложенными цепями КСЦ. Ламели. Сферолиты, их природа, размеры, условия получения. Структура аморфных полимеров. Домены, или упорядоченные области. Модели структуры: бахромчато фибриллярная модель Йе, фибриллярно-доменная модель Кабанова, Аржакова, Бакеева.

Раздел 4. Фазовые состояния и фазовые переходы

Агрегатные и фазовые состояния веществ. Газообразное, твердое и жидкое агрегатные состояния, их различия. Кристаллическое, аморфное и жидкокристаллическое фазовые состояния. Термодинамическое и структурное понимание фазы. Фазовые переходы первого и второго рода. Классификация Эренфеста.

Условия, необходимые для кристаллизации: регулярность цепи, плотность упаковки, диапазон температур. Термодинамика кристаллизации. Механизм и кинетика кристаллизации. Скорость кристаллизации, уравнение Колмогорова – Аврами. 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 $T_{пл}$ от длины складки. Энтальпия и энтропия плавления, их связь с $T_{пл}$. Влияние на $T_{пл}$ полимеров энергии когезии, гибкости цепи, степени полимеризации, внешнего давления, деформации растяжения.

Релаксационные состояния аморфных полимеров: высокоэластическое, стеклообразное, вязкотекучее.

Раздел 5. Механические свойства эластомеров

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 и термодинамическое рассмотрение. Эластичность реального каучука. Деформационные кривые идеального каучука и резин.

Анализ участков кривых. Релаксационный характер ВЭД, релаксации напряжения и деформации. Расчет времени релаксации и энергии активации ВЭД. Спектр времен релаксации. Гистерезисные явления. Механические потери. Поведение эластомеров в циклических полях. Проявление принципа температурно- временной эквивалентности при деформировании эластомеров. Влияние температуры и скорости деформирования на деформационные кривые.

Упруговязкие тела. Деформация течения. Закон Ньютона. Модели и уравнения Максвелла, Кельвина - Фойгта для упруговязких тел. Принцип температурно – временной эквивалентности. Ползучесть полимерных материалов. Методы разделения ВЭД и деформации течения. Практическое значение релаксационных процессов.

Раздел 6. Механические свойства стеклообразных полимеров

Определения стеклообразного состояния. Процесс стеклования, является ли этот процесс фазовым переходом Релаксационный характер стеклования. Структурное и механическое стеклование. Механизм структурного стеклования. Представления Журкова, Каргина и Слонимского. Теории процесса стеклования: термодинамическая, свободного объема. Методы определения температур стеклования: дилатометрия, термомеханический, определение теплоемкости, модуля упругости, механических потерь. 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 T_c . Величины T_g и T_c наиболее аспространенных каучуков и пластмасс. Деформационные кривые стеклообразных полимеров. Образование "шейки" при деформировании. Предел вынужденной эластичности и ее температурная зависимость. Закон Гука.

Температура хрупкости, ее зависимость от энергии межмолекулярного взаимодействия и плотности упаковки макромолекул. Влияние молекулярной массы полимера на T_c и $T_{хр}$. Проявление принципа температурно-временной эквивалентности при деформировании стеклообразных полимеров. Влияние температуры и скорости деформирования на деформационные кривые. Морозостойкость и теплостойкость полимеров. Отличие теплостойкости от термостойкости. Температуры хрупкости и термостойкости. Влияние химического строения полимера на тепло- и термостойкость.

Раздел 7. Механические свойства полимеров в вязкотекучем состоянии

Определение вязкотекучего состояния. Реология и реологические свойства. Физическое и химическое течение. Наложение на деформацию течения высокоэластической деформации. Скорость сдвига, касательные и нормальные напряжения.

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.

Раздел 8. Прочность полимеров

Основные виды разрушения твердых тел. Хрупкое и пластическое разрушение; деформации, им предшествующие. Временная зависимость прочности материалов. Статическая и динамическая усталость, 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 параметров 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. Механизм разрушения полимеров. Гипотеза Гриффита о влиянии поверхностных трещин на прочность реальных тел, развитие этих представлений в работах Иоффе, Релея, Журкова, Слуцкера. 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.

Раздел 9. 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 концентраций, их ограниченность. Влияние строения молекул пластификаторов на их пластифицирующее действие. Работы Тагер и Суворовой, Воскресенского и др. Влияние пластификации на механические свойства полимеров.

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподнесение теоретического материала осуществляется с применением электронных средств обучения.

Некоторые разделы теоретического курса рассматриваются с использованием опережающей самостоятельной работы: магистранты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала магистрантами используются письменные и устные контрольные работы.

Теоретический материал закрепляется при выполнении лабораторных работ. Работа выполняется магистрантами в малых группах (2-3 человека). Каждая группа получает индивидуальное исследовательское задание в рамках темы лабораторной работы. Отчеты по лабораторным работам защищаются.

Самостоятельная работа, предусмотренная учебным планом в объеме 76 часов, выполняется в ходе семестра в различных формах..

7. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Теоретические контрольные вопросы

1. Типы упругих деформаций твердых тел. Коэффициент Пуассона.
2. Термодинамика высокоэластической деформации. Тепловые эффекты при растяжении и сокращении идеального каучука.
3. Упругость идеальной каучуковой сетки. Зависимость модуля упругости от температуры и молекулярной массы отрезка цепи между узлами сетки.
4. Релаксация напряжения и ползучесть. Модели Максвелла и Кельвина. Многоэлементные модели описывающие механическое поведение линейных и сшитых аморфных полимеров.
5. Для модели, в которой последовательно соединены пружина, элемент Фойгта-Кельвина и демпфер, построить зависимость напряжения от времени при постоянной деформации и деформации от времени при постоянной нагрузке.
6. Динамические механические свойства полимеров. Модуль накопления и модуль потерь. Механические потери. Зависимость модуля накопления и модуля потерь для аморфного полимера от температуры
7. Принцип температурно-временной суперпозиции и вспомогательная кривая. Физический смысл фактора сдвига. Уравнение Вильямса-Ланделла-Ферри.
8. Особенности течения линейных аморфных полимеров. Вязкоупругие свойства расплавов полимеров. Зависимость вязкости полимеров от молекулярной массы
9. Построить температурные зависимости логарифмов модуля накопления и модуля потерь для аморфного и частично кристаллического полиэтилентерефталата (степень кристалличности 35%) в широкой области температур (от 0 до 300°C).
10. Зависимость температуры стеклования, температуры хрупкости, температуры текучести аморфного полимера от его молекулярной массы
11. Модуль объемного сжатия полистирола составляет $2 \cdot 10^{10}$ дин/см². Оценить модуль сдвига и модуль Юнга для этого полимера.
12. Эластомер с $M_c = 4000$ подчиняется кинетической теории высокоэластичности. Рассчитать напряжение в образце эластомера, растянутом при комнатной температуре на 150 %. (плотность полимера равна 0.9 г/см³)
13. Построить кривые «напряжение-деформация» при температуре 20°C для трех образцов сшитого полиизопрена, для которых молекулярные массы между узлами сетки составляют 5000, 10000 и 15000
14. Вязкость полимера при 0°C равна 103 Па·с. Чему равна вязкость при 250°C, если предположить, что при T_c она равна 1012 Па·с и что температурная зависимость вязкости подчиняется закону ВЛФ ?
15. Температура стеклования ПММА равна 110°C. Во сколько раз скорость релаксации напряжения полимера при 155°C больше, чем при 125°C?
16. Каучук наполнен жесткими сферическими частицами (объемная доля наполнителя 0.3). Модуль упругости каучука при комнатной температуре 1 МПа, наполнителя 104 МПа. Ниже T_c модуль упругости полимера составляет 4 · 10⁴ МПа, коэффициент Пуассона 0.35. Чему равно отношение модуля упругости композиции к модулю упругости ненаполненного полимера выше и ниже T_c ?
17. Распределение времен релаксации $H(\ln \tau)$ постоянно в интервале нескольких десятичных порядков Какова форма кривой релаксации напряжений в этом интервале времени?

Вопросы к зачету

1. Термодинамика высокоэластической деформации. Тепловые эффекты при растяжении и сокращении идеального каучука.
2. Упругость идеальной каучуковой сетки. Зависимость модуля упругости от температуры и молекулярной массы отрезка цепи между узлами сетки.
3. Определение и измерение вязкоупругих характеристик полимеров. Ползучесть и релаксация напряжений. Динамические механические свойства
4. Температурная зависимость вязкоупругих характеристик аморфных полимеров.
5. Постройте зависимость модуля накопления и модуля потерь для аморфного полимера от температуры при разных частотах воздействия
6. Особенности течения расплавов полимеров. В двойных логарифмических координатах постройте зависимость вязкости расплавов полимера от его молекулярной массы
7. Механические свойства стеклообразных полимеров. Вынужденная эластичность. Образование шейки при растяжении стеклообразных полимеров.
8. Методы повышения ударной прочности стеклообразных полимеров. Ударопрочные пластики
9. Механические свойства частично-кристаллических полимеров.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Учебная литература:

а) основная

1. Высокомолекулярные соединения (под ред. А.Б. Зезина) Учебник, М.: Юрайт, 2016
2. Методические пособия по разделам науки о полимерах на сайте кафедры <http://vmsmsu.ru/what.html>

б) дополнительная литература

1. Гуль, В. Е.; Структура и механические свойства полимеров : [Учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов].; Высшая школа, Москва; 1966 (5 экз.)
2. Шах, Шах В., Малкин, А. Я.; Справочное руководство по испытаниям пластмасс и анализу причин их разрушения; Научные основы и технологии, Санкт-Петербург; 2009 (3 экз.)
3. Гуль, В. Е.; Структура и механические свойства полимеров : [учебное пособие для химико-технологических вузов].; Высшая школа, Москва; 1979 (16 экз.)
4. Тагер, А. А., Аскадский, А. А.; Физико-химия полимеров : [учеб. пособие для хим. фак. ун-тов].; Научный мир, Москва; 2007 (79 экз.)
5. Тугов, И. И., Кострыкина, Г. И.; Химия и физика полимеров : Учеб. пособие для химико-технологических специальностей вузов.; Химия, Москва; 1989 (6 экз.)
6. Бартенев, Бертенев, Г. М., Зеленев, Ю. В.; Физика и механика полимеров : Учеб. пособие для вузов.; Высш.шк., Москва; 1983 (5 экз.)
7. Кулезнев, В. Н.; Химия и физика полимеров : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Химическая технология"; Лань, Санкт-Петербург; 2014 (5 экз.)

8. Бартенев, Г. М., Ельяшевич, А. М.; Физика полимеров; Химия, Ленингр. отд-ние, Ленинград; 1990.
9. Вшивков, С. А.; Физика и химия полимеров. Поведение диамагнитных макромолекул в магнитном поле : учебное пособие.; Лань, Санкт-Петербург; 2018 (2 экз.)
10. Эмануэль, Н. М., Ениколопан, Н. С.; Химическая физика молекулярного разрушения и стабилизации полимеров; Наука, Москва; 1988 (2 экз.)

8.2. Интернет-ресурсы

<http://fizrast.ru/sitemap.html>
<http://www.don-agro.ru>
<http://xn-80abucjiibhv9a.xn-plai/>
<http://www.agroxxi.ru/> (РГБ)
<http://elibrary.rsl.ru> Научная электронная библиотека
<http://elibrary.ru/default.asp> Российская национальная библиотека
<http://primo.nl.ru> <http://nbmgu.ru> Электронная библиотека Российской государственной библиотеки

8.3. Программное обеспечение

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» как на территории университета, так и вне ее.

Университет обеспечен следующим комплектом лицензионного программного обеспечения.

1. Лицензионное программное обеспечение, используемое в ИнГГУ
 - 1.1. Microsoft Windows 7
 - 1.2. Microsoft Office 2007
 - 1.3. Программный комплекс ММИС “Визуальная Студия Тестирования”
 - 1.4. Антивирусное ПО Eset Nod32
 - 1.5. Справочно-правовая система “Консультант”
 - 1.6. Справочно-правовая система “Гарант”

Наряду с традиционными изданиями магистранты и сотрудники имеют возможность пользоваться электронными полнотекстовыми базами данных:

Таблица 8.1.

Название ресурса	Ссылка/доступ
Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru
«Образовательный ресурс России»	http://school-collection.edu.ru
Федеральный образовательный портал: учреждения, программы, стандарты, ВУЗы, тесты ЕГЭ, ГИА	http://www.edu.ru –
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (ФЦИОР)	http://fcior.edu.ru -

ЭБС "КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА". Электронная библиотека технического вуза	http://polpred.com/news
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://www.studentlibrary.ru -
Русская виртуальная библиотека	http://rvb.ru –
Издательство «Лань». Электронно-библиотечная система	http://e.lanbook.com -
Еженедельник науки и образования Юга России «Академия»	http://old.rsue.ru/Academy/Archives/Index.htm
Научная электронная библиотека «e-Library»	http://elibrary.ru/defaultx.asp -
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru -
Электронно-справочная система документов в сфере образования «Информио»	http://www.informio.ru
Информационно-правовая система «Консультант-плюс»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Информационно-правовая система «Гарант»	Сетевая версия, доступна со всех компьютеров в корпоративной сети ИнГГУ
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://www.biblio-online.ru

9. МАТЕРИАЛЬНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Имеющаяся материально-техническая база университета обеспечивает качественное проведение теоретических и практических занятий:

- проведение лекций - аппаратурой для демонстрации иллюстративного материала;
- аудиторию для семинарских занятий;
- проекционное оборудование и компьютер.

Перечень необходимых технических средств обучения, используемых в учебном процессе для освоения дисциплины «Основные методы химического анализа»:

- компьютерное и мультимедийное оборудование;
- видео- и аудиовизуальные средства обучения и др.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретический материал дисциплины «Механические свойства полимеров» в соответствии с учебным планом изучается во 2-ом семестре. Самостоятельная внеаудиторная работа магистрантов обеспечена электронными учебно-методическими ресурсами (система Moodle), возможностью общения магистранта с преподавателем посредством электронной почты, доступом в Internet.

Основу теоретической подготовки по дисциплине составляют лекции, которые представляются систематически в сочетании с семинарскими и лабораторными занятиями. Основные учения и владения отрабатываются и закрепляются на семинарских

и лабораторных занятиях. Аудиторные занятия (лекции, семинары и лабораторные занятия) объединены с самостоятельной внеаудиторной работой магистров над рекомендуемой литературой, а также заданиями, которые выдаёт преподаватель и при подготовке к лабораторным занятиям.

При изучении дисциплины магистрантами могут использоваться следующие информационные технологии и инновационные методы:

- электронный вариант учебно-методического комплекса (с использованием системы Moodle);

- ресурсы электронной библиотечной системы;

- ресурсы Интернет;

- мультимедийная техника.

Преподаватель, читающий дисциплину, ведет учет посещаемости и осуществляет контроль за выполнением самостоятельной работы. Текущий контроль заключается в мониторинге выполнения учебной программы дисциплины на аудиторных занятиях и оценке работы на практических занятиях.

Рабочая программа дисциплины «Механические свойства полимеров» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655

Программу составила:

к.х.н., доцент кафедры химии

Китиева Л.И.

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры химии

Протокол заседания № 7 от «13» марта 2025 г.

Рабочая программа одобрена учебно-методическим советом химико-биологического факультета

Протокол заседания № 6 от «18» марта 2025 г.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и
регистрации изменений**

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой