

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным занятиям
по дисциплине
«ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ»
Для направления подготовки 04.03.01 Химия
Неорганическая и аналитическая химия

Ставрополь, 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	3
Порядок работы в химической лаборатории.....	3
Оформление лабораторного журнала	4
Общие сведения о высокомолекулярных соединениях.	5
Основные понятия и определения химии ВМС. Важнейшие свойства ВМС. .	7
Классификация полимеров и их важнейшие представители.....	14
Структура и свойства макромолекул.	16
Макромолекулы в растворах. Общее представление о растворах полимеров.	19
Механизм набухания. Термодинамический критерий растворимости.	22
Термодинамическое поведение макромолекул в растворе, его особенности по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ.	25
Полидисперсность полимеров и функции молекулярно – массового распределения.....	27
Методы оценки средних молекулярных масс полимеров.	30
Синтез полимеров и химические свойства ВМС.....	37
Полимеризация и сополимеризация. Термодинамика полимеризации.....	39
Основные физико-механические свойства аморфных и кристаллических полимеров, химические свойства и превращения полимеров.....	42
Химические реакции, сопровождающиеся изменением степени полимеризации.	45
Блок- и привитая сополимеризация. Ценная деполимеризация. Вулканизация каучуков.	48
Природные органические биополимеры: пептиды, белки.....	50
Природные органические биополимеры: ди-, олиго-, полисахариды.....	57
Природные органические биополимеры: нуклеиновые кислоты.	59
Литература.	63

Пояснительная записка

Применение физико-химических законов к процессам жизнедеятельности позволяет прогнозировать и предупреждать возможное развитие заболеваний и обосновывать разработку и применение новых лекарственных препаратов. Изучение раздела коллоидной химии дает теоретическую базу для овладения современными экспериментальными методами исследования медико-биологических систем. Данные методические указания содержат описание приборов и методики препаративных работ различных дисперсных систем и поверхностных явлений, широко распространенных в природе и технике.

Отличительной чертой предлагаемых методических указаний является возможность моделирования учебного процесса и развития у студентов навыков научного поиска и эксперимента, что требует самостоятельной работы при изучении теоретических основ дисциплины. Данные компетенции реализуются через контрольные вопросы.

Особое внимание уделяется соблюдению техники безопасности, учитывая специфику лабораторных работ.

Порядок работы в химической лаборатории

К работе в лаборатории студент приступает с разрешения ответственного (преподавателя или лаборанта) только после инструктажа и допуска по практическим занятиям. Инструктаж по технике безопасности проводится под роспись в журнале ТБ химической лаборатории каждый семестр на первом занятии как вводный, первичный и повторный. Ответственными на период проведения работы являются преподаватель и студент. Дополнительно на каждом лабораторном занятии студент при получении допуска к работе указывает правила техники безопасности с каждым индивидуальным веществом данной работы. Допуск включает также следующие позиции: подготовка теоретического материала, ознакомление с планом лабораторной работы и предоставление конспекта по тематике.

Работать в химической лаборатории разрешается только в спецодежде (халат, перчатки и т.д.).

Студенту в лаборатории отводится постоянное место (рабочий стол), и он обязан поддерживать его в чистоте и порядке. На рабочем столе должны находиться только те предметы, которые необходимы в данное время для работы. Все работы, за некоторым исключением, выполняются студентом в паре. Запрещается без разрешения преподавателя выполнять опыты, не описанные в руководстве.

Манипуляции с химическими реактивами выполняются в соответствии с техникой лабораторных работ и правилами безопасности.

Оформление лабораторного журнала

Студент обязан вести лабораторный журнал, который является документом, отражающим всю его работу. На обложке или первой странице журнала должны быть написаны фамилия студента, его инициалы, номер группы, учебный год и название практикума.

Запись в лабораторном журнале должна содержать: дату выполнения работы; название темы и опыта без сокращений; цель занятия, ход работы, рисунок приборов, уравнения и механизмы реакций; признаки реакции.

Графики строят на миллиметровой бумаге с точным обозначением величин на осях координат, и приводят их единицы измерения; графики снабжают заголовком, проставляют дату эксперимента и вклеивают в журнал.

В некоторых случаях возможно иллюстрирование материала фотографиями.

Общие сведения о высокомолекулярных соединениях.

Цель работы: изучить свойства α -аминокислот, как мономеров высокомолекулярных соединений – белков; познакомиться с качественными реакциями на белки.

Реактивы и оборудование: глицин (1%-ный раствор), 0,1 %-ные растворы соляной кислоты и гидроксида натрия, 10%-ный раствор гидроксида натрия, карбонат меди (II), нитрит натрия (5%-ный раствор), соляная кислота (конц.), фенолфталеин, универсальная индикаторная бумага, тирозин (1%-ный раствор), раствор яичного белка, конц. раствор азотной кислоты, конц. раствор аммиака, цистеин (1%-ный раствор), ацетат свинца (II), сульфат меди (II) (25%-ный раствор), пробирки, пипетки, газовые горелки.

Опыт 1. Амфотерные свойства α -аминокислот. В одну пробирку наливают несколько мл 0,1 %-ного раствора соляной кислоты, а в другую примерно столько же 1%-ного раствора глицина. Полоску универсальной индикаторной бумаги опускают сначала в соляную кислоту и быстро сравнивают окраску со шкалой. Затем ту же самую бумажку опускают в раствор глицина и отмечают, изменилась ли окраска индикаторной бумаги. Далее в отдельную пробирку наливают 1 мл 0,1%-ного раствора щелочи и добавляют несколько капель фенолфталеина, отмечают окраску раствора. Туда же приливают равное количество раствора глицина и отмечают изменения в окраске раствора.

Опыт 2. Образование комплексов α -аминокислот с медью. В пробирку помещают одну лопаточку сухого карбоната меди (II) и добавляют 1 мл раствора глицина. Пробирку нагревают в пламени горелки, отмечают появившееся окрашивание. Полученный раствор осторожно декантируют с осадка в другую пробирку и добавляют в нее 2-3 капли 10%-ного раствора гидроксида натрия.

Опыт 3. Реакция α -аминокислот с формальдегидом (метод Сёренсена). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 0,5 мл 1%-го раствора глицина и 1 каплю раствора индикатора метилового красного. Раствор приобретает желтую окраску (нейтральная среда). В пробирку №2 поместите 0,5 мл формалина и 1 каплю раствора индикатора метилового красного. Раствор в пробирке №2, имеющий красную окраску (кислая среда), осторожно нейтрализуйте добавлением 10%-го раствора гидроксида натрия с помощью пипетки до появления желтого окрашивания. Смешайте содержимое двух пробирок. Отметьте появление красного окрашивания.

Опыт 4. Реакция α -аминокислот с азотистой кислотой (метод Ван-Слайка). Смешайте в пробирке 0,5 мл 1%-го раствора глицина и равный объем 5%-го раствора нитрита натрия. Добавьте 2 капли концентрированной соляной кислоты. Смесь взболтайте. Наблюдается ли выделение пузырьков газа?

Опыт 5. Обнаружение ароматических α -аминокислот в белке (ксантопротеиновая реакция). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора тирозина, а в пробирку №2 - такой же объем раствора яичного белка. В каждую пробирку добавьте по 3 капли концентрированной азотной кислоты и нагрейте. Отметьте появление окрашивания. Пробирки охладите и в каждую по каплям добавьте концентрированный раствор аммиака.

Опыт 6. Обнаружение меркаптогруппы в цистеине (реакция Фоля). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора цистеина, а в пробирку №2 - такой же объем раствора белка. В каждую пробирку добавьте по 3 капли 10%-го раствора гидроксида натрия. Содержимое пробирок нагрейте до кипения и в каждую пробирку добавьте по 3 капли раствора ацетата свинца (II). Отметьте окраску образующегося осадка.

Опыт 7. Обнаружение пептидной группы (биуретовая реакция). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора глицина, а в пробирку №2 - 5 капель раствора яичного белка. В каждую пробирку добавьте равный объем 10%-го раствора гидроксида натрия, а затем по 2-3 капли 25%-го раствора сульфата меди (II). В какой из пробирок появляется красно-фиолетовое окрашивание?

Основные понятия и определения химии ВМС. Важнейшие свойства ВМС.

Цель работы: изучить качественные реакции моносахаридов, как мономеров высокомолекулярных соединений – полисахаридов; изучить свойства ди- и полисахаридов.

Реактивы и оборудование: 1%-ный раствор глюкозы, 1%-ный раствор фруктозы, 5%-ный раствор сульфата меди (II), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 5%-ный раствор нитрата серебра, 10%-ный раствор аммиака, 1%-ный раствор резорцина, 1%-ный раствор сахарозы, 1%-ный раствор лактозы, 2%-ный раствор сульфата меди (II), 0,5%-ый крахмальный клейстер, 10%-ный раствор серной кислоты, разбавленный водный раствор йода, индикаторная бумага, пипетки, пробирки, электроплитки, газовые горелки, водяные бани, предметные стекла.

Опыт 1. Доказательство наличия диольного фрагмента в глюкозе.

В пробирку помещают 0,5 мл 1%-ного раствора глюкозы, 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и по каплям добавляют 5%-ный раствор сульфата меди (II). Встряхните пробирку. Образующийся вначале осадок гидроксида меди (II) быстро растворяется с образованием ярко-синего раствора. Сохраните этот раствор для следующего опыта.

Опыт 2. Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) - проба Троммера.

К раствору, полученному в предыдущем опыте, добавьте 1 мл воды и разделите на две пробирки. Одну из них нагрейте над пламенем горелки до кипения, но не кипятите. Цвет раствора меняется от синего до жёлто-оранжевого, и образуется осадок (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 3. Реакция «серебряного зеркала».

В сухую и чистую пробирку поместите 0,5 мл 5%-ного раствора нитрата серебра, прибавьте 1 мл 10%-ного раствора NaOH и приблизительно столько же 10%-ного раствора аммиака до растворения осадка гидроксида серебра. Образовавшийся раствор называется *реактивом Толленса*. Добавьте к полученному реактиву 0,5 мл раствора глюкозы и слегка нагрейте пробирку на электроплитке или газовой горелке до появления окрашивания. Далее реакция идёт без нагревания, и металлическое серебро осаждается на стенках пробирки в виде зеркального налёта или выпадает в виде тёмного осадка.

Опыт 4. Качественная реакция на фруктозу - проба Селиванова (работа проводится под тягой!)

В две пробирки поместите по 1 мл 1%-ного раствора резорцина и конц. соляной кислоты. В пробирку №1 добавьте 1 мл раствора фруктозы, в пробирку №2 - такое же количество раствора глюкозы. Обе пробирки осторожно нагревают на электроплитке. В пробирке №1 раствор становится красным, в то время как в пробирке №2 заметных изменений окраски не происходит.

Опыт 5. Отсутствие восстановительной способности у сахарозы

В пробирку поместите 0,5 мл 1%-го раствора сахарозы и 3 мл 10%-го раствора гидроксида натрия. Смесь разбавьте 3 мл воды и добавьте 1 мл 2%-го раствора сульфата меди (II). Образовавшийся раствор комплексной соли меди (II) с сахарозой имеет интенсивно синий цвет. Разделите раствор по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения, но не кипятите. Изменения цвета не происходит (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 6. Восстановительная способность лактозы

Аналогично предыдущему, проделайте опыт с 0,5 мл 1%-го раствора лактозы. Полученный синий раствор комплексной соли меди (II) с лактозой разделите по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения. Цвет раствора меняется на желто-оранжевый, и образуется осадок. Вспомните, что у глюкозы наблюдался такой же результат, тогда как у сахарозы в тех же условиях изменения цвета не отмечалось.

Опыт 7. Качественная реакция на крахмал

В пробирку поместите 3 мл 0,5%-го крахмального клейстера и несколько капель раствора йода, разбавленного водой до светло-желтой окраски. Раствор приобретает синюю окраску. Нагрейте пробирку - окраска исчезает; при охлаждении раствора окраска появляется вновь.

Опыт 8. Качественные реакции на углеводы.

А. Реакция углеводов с α -нафтолом (реакция Молина)

В две пробирки наливают по 1 мл воды и вносят небольшое количество углеводов: в одну пробирку – сахарозу (или глюкозу), в другую – крахмал (или целлюлозу). Затем в каждую пробирку добавляют 1 -2 капли 15%-ного спиртового раствора α -нафтола и, наклонив пробирку, по стенкам из пипетки осторожно приливают по 1 мл концентрированной серной кислоты. Образуются два слоя: внизу – серная кислота, сверху – водный слой. Через небольшой промежуток времени на границе двух слоев появляется окрашенное кольцо, сначала зеленоватого цвета, потом фиолетовое.

Реакция с α -нафтолом – качественная реакция на углеводы. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой углеводы разлагаются, наряду с другими продуктами разложения образуется фурфурол и его производные: они конденсируются с α -нафтолом с образованием окрашенных продуктов. Напишите уравнения реакции дегидратации D-глюкозы (образование оксиметилфурфурола).

Б. Реакция высших полисахаридов с реактивом Фелинга.

В две пробирки наливают по 1-1,5 мл 1%-ного крахмального клейстера и 1 %-ного раствора гликогена (животный крахмал) и добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните опыт.

В. Реакция с йодом.

В две пробирки наливают по 1 мл 1 %-ных растворов крахмального клейстера и гликогена и затем добавляют по несколько капель сильно разбавленного водой раствора йода в KI. В пробирке с растворами появляется интенсивное окрашивание. Какое? При нагревании этого раствора до кипения окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется. Объясните почему?

Иодкрахмальная реакция применяется в аналитической химии для открытия как крахмала, так и йода. Крахмал широко применяется в качестве индикатора в йодометрии.

Г. Реакция на пептозаны (образование фурфурола). (Тяга!)

В пробирку вносят сухие древесные опилки (высота слоя 1-1,5 см) и добавляют соляную кислоту (1:1) в таком количестве, чтобы она покрыла опилки. На полоску фильтровальной бумаги наносят 1-2 капли анилина и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты (в то же пятно). Смоченную уксуснокислым анилином фильтровальную бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят смесь опилок с соляной кислотой. Фурфурол, содержащийся в выделяющихся парах, образует на бумаге яркое розово-красное пятно. Для отгонки фурфурола, летучего с водяным паром, пробирку закрывают изогнутой газоотводной трубкой, ее конец опускают в пустую пробирку-приемник, охлаждаемую в стакане с ледяной водой. Отгоняют несколько капель водной эмульсии фурфурола. В пробирку-приемник добавляют каплю анилина и 1 каплю ледяной уксусной кислоты. Появляется окрашивание.

Объясните опыт и напишите уравнения следующих реакций: гидролиз пентозанов, дегидратация пентоз (образование фурфурола).

Опыт 9. Кислотный гидролиз крахмала.

В коническую колбу емкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1%-ного крахмального клейстера и 3-5 мл 10%-ного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного раствора йода в иодиде калия (светло-желтого цвета), пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода, после встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробирки с раствором йода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с йодом. Занесите в таблицу изменение окраски в пробирках.

Таблица 1

№ пробирки	Время после начала опыта для внесения раствора I ₂ в KI							
	30 с	60 с	90 с	120 с	150 с	180 с	210 с	240с
Окраска в пробирках после внесения I ₂ в KI								

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, смесь кипятят еще 2-3 минуты, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появления розовой окраски на фенолфталеиновой индикаторной бумаге). Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объемом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения. Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

Опыт 10. Свойства целлюлозы.

А. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера).

В пробирку наливают 5 мл медно-аммиачного раствора (реактива Швейцера), опускают в него очень маленький кусочек гигроскопической ваты (целлюлозы) и тщательно перемешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой до полного растворения ваты. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета. Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл

концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется из раствора в виде хлопьев. Способностью целлюлозы растворяться в реактиве Швейцера пользуются при производстве медно-аммиачного искусственного шелка.

Б. *Получение растительного пергамента (амилоида).*

В три фарфоровые чашки наливают: в первую 80%-ный раствор серной кислоты, во вторую – дистиллированную воду, в третью – 5%-ный раствор аммиака. В раствор серной кислоты опускают на 8-10с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10х3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в ту же фарфоровую чашку, промывают участок бумаги, обработанный кислотой, в воде, налитой во вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность обработанного кислотой участка бумаги с необработанным. Наносят каплю разбавленного раствора йода на обработанный кислотой участок бумаги. Какая получается окраска? Объясните опыт.

В. *Кислотный гидролиз целлюлозы.*

В сухую коническую колбу емкостью 50-100 мл помешают немного очень мелко нарезанных кусочков фильтровальной бумаги (целлюлозы) и смачивают их концентрированной серной кислотой. Тщательно перемешивают содержимое колбы стеклянной палочкой до полного разрушения бумаги и образования бесцветного вязкого раствора. После этого к нему добавляют небольшими порциями при перемешивании 15-20 мл воды (*осторожно!*), колбу соединяют с воздушным обратным холодильником и кипятят реакционную смесь 20-30 мин, периодически перемешивая. После окончания гидролиза отливают 2-3 мл жидкости, нейтрализуют ее сухим карбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями (жидкость вспенивается), и обнаруживают присутствие восстанавливающих сахаров реакцией с реактивом Фелинга. Напишите уравнение реакции гидролиза целлюлозы и взаимодействие гидролизата с реактивом Фелинга. Объясните опыт.

Г. *Реакция целлюлозы со щелочью.*

В небольшой стакан наливают 40%-ный раствор гидроксида натрия и опускают в него полоску фильтровальной бумаги. Вторую полоску такого же размера опускают в стакан с водой (контрольный образец). Через 5-7 мин полоски бумаги вынимают. Образец, который был в воде, отжимают в фильтровальной бумаге. Второй образец – из стакана с раствором гидроксида натрия – промывают водой мытую полоску, отжимают в фильтровальной бумаге. Когда обе бумажные полоски высохнут, сравнивают их длину и плотность.

Д. *Получение и свойства нитратов целлюлозы. (Тяга!)*

В небольшую колбу наливают 4 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно при перемешивании добавляют 8 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь несколько охлаждают и погружают в нее с помощью стеклянной палочки небольшой комочек гигроскопической ваты. Реакционную смесь периодически перемешивают палочкой и нагревают на водяной бане (температура воды 60-70 °С) в течение 5 минут. Затем вату вынимают и тщательно промывают водой сначала в стакане, а потом в струе воды под водопроводным краном. Избыток воды отжимают в фильтровальной бумаге, вату разрыхляют и высушивают в фарфоровой чашке на кипящей водяной бане. В условиях опыта получается преимущественно динитрат целлюлозы – коллоксилин. Напишите схему образования динитрата целлюлозы (формулу фрагмента молекулы целлюлозы напишите по Хеурсу). Почему часто употребляемое название «нитроцеллюлоза» неверно?

Высушенный волокнистый нитрат целлюлозы (светло-желтого цвета) делят на три части. Одну часть кладут на асбестовую сетку и поджигают. Рядом поджигают кусок гигроскопической ваты (целлюлозы). Отмечают разницу в характере горения этих двух образцов.

Вторую часть коллоксилиновой ваты помещают на дно сухой пробирки и нагревают ее в пламени горелки. Коллоксилин при нагревании разлагается со взрывом и вылетает из пробирки (*Осторожно! Отверстие пробирки должно быть повернуто к стене*).

Третью часть коллоксилина растворяют при помешивании палочкой в смеси этилового спирта и диэтилового эфира (1:3). Образуется вязкий раствор – коллодий. Часть коллодия выливают на предметное стекло; после испарения растворителя остается твердая пленка. Ее вносят тигельными щипцами в пламя горелки. Пленка коллодия сгорает медленнее, чем коллоксилиновая вата.

Опыт 11. Некоторые свойства хлопкового и искусственных волокон.

Наливают в четыре пробирки по 1,5-2 мл:

в 1-ю концентрированной азотной кислоты, 2-ю – 25%-ного раствора серной кислоты, 3-ю – 10%-ного раствора гидроксила натрия, 4-ю – ацетона.

В каждую пробирку опускают небольшой кусочек вязкого волокна (или ткани). Размешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой в течение 2-3 мин. Результаты опыта записывают в таблицу. Опыт повторяют с образцами ацетатного и хлопкового волокна. Можно ли чистить платья из вязкого и ацетатного шелка ацетоном?

Для определения отношения волокон к нагреванию помещают образцы исследуемых волокон на асбестовую сетку и поджигают их лучинкой (*Тяга!*). Результаты записывают в таблицу.

Таблица 2

Волокно	Отношение к действию				Характер горения
	HNO ₃ (конц.)	H ₂ SO ₄ (25%)	NaOH (10%)	Ацетон	
Хлопковое					
Вискозное					
Ацетатное					

Опыт 12. Качественное обнаружение пектиновых веществ (реакция Эрлиха).

Пектиновые вещества – высокомолекулярные соединения, широко распространенные в растениях. Относительная молекулярная масса пектиновых веществ колеблется от 50000 до 300000. Они являются цементирующими соединениями, своего рода клеем, скрепляющим растительные клетки; благодаря своим гидрофильным свойствам предохраняют растения от высыхания, положительно влияют на засухоустойчивость. Главная составная часть пектиновых веществ – полигалактуроновая, или пектиновая, кислота. Метилированная по карбоксильной группе полигалактуроновая кислота называется пектиновой кислотой или растворимым пектином. Характерным свойством пектина является его способность давать студни в присутствии кислоты. Это свойство широко используется в кондитерской промышленности.

3 г растительного материала (яблоки или сахарная свекла) нагревают в течении 30 мин с 10-20 объемами 1%-ного раствора серной кислоты в колбе с притертым холодильником при 145 °С на масляной бане. Затем гидролизат смешивают с избыточным количеством карбоната бария и нагревают на кипящей водяной бане в течении 15 мин. Осадки сульфата бария и карбоната бария отфильтровывают, фильтрат упаривают. Раствор обрабатывают животным углем, фильтруют и смешивают с тремя объемами этилового спирта. Полученный хлопьевидный осадок отфильтровывают, растворяют в воде и смешивают с избытком ацетата свинца. Нагревание раствора на водяной бане при наличии галактуроновой кислоты дает кирпично-красный осадок.

Классификация полимеров и их важнейшие представители.

Молекулы ВМС имеют дифильный характер, так как содержат полярные ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ и др.) и неполярные ($-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_6\text{H}_5$) функциональные группы.

Чем больше полярных радикалов в молекуле ВМС, тем лучше оно растворимо. Растворимость ВМС зависит от величины и формы их молекул – *глобулярная* (сферическая, компактные шарообразные образования [гликоген, пепсин, панкреатин]) и *фибрилярная* (линейная, малоразветвленная [желатин, целлюлоза, коллаген, полиакрилат натрия]).

Процесс растворения ВМС проходит в 2 стадии:

1. **Набухание** – самопроизвольный процесс поглощения ВМС больших объемов низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся значительным увеличением. *Неограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит самопроизвольно. *Ограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит при определенных факторах (например, повышение температуры способствует растворению).

2. Непосредственно **растворение** – диффузия молекул ВМС в растворитель.

Цель работы: изучить особенности свойств растворов высокомолекулярных соединений.

Реактивы и оборудование: крахмал, желатина, дистиллированная вода, яичный белок, ацетатный буфер, NaCl 0,1 М р-р, K_2SO_4 0,1 М р-р, CH_3COOH 1н. р-р., $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ крист., этиловый спирт безводный, термометр, химические пробирки, химические колбы, лабораторная плитка.

Опыт 1. Выделение тепла при набухании

В химический стакан наливают 5 мл дист. воды и измеряют её температуру при помощи термометра. Затем в этом стаканчике размешивают 5 г крахмала и наблюдают повышение температуры смеси.

Дайте объяснение наблюдаемому явлению.

Опыт 2. Влияние pH среды на набухание

В 5 пробирок (одинакового диаметра) вносят по 0.3 г желатина и наливают компоненты ацетатной буферной системы в количествах, указанных в таблице. Содержимое пробирок тщательно перемешивают. После оседания желатина полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка и оставляют на 30-40 мин (периодически перемешивая). По истечении указанного времени полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка набухшего желатина. Данные заносят в таблицу 3. На основании полученных результатов сделайте вывод о влиянии pH среды на набухание. Найдите ИЭТ

и объясните наблюдаемые явления.

Таблица 3

№ пробирок	Состав буферной смеси		рН смеси	Высота осадка	
	0,1н CH ₃ COOH, мл	0,1н CH ₃ COONa, мл		До набухания , мм	После набухания, мм
1	9	1	3.8		
2	7	3	4.4		
3	5	5	4.8		
4	3	7	5.1		
5	1	9	5.7		

Опыт 3. Влияние анионов на набухание

В две пробирки (одинакового диаметра) наливают по 5 мл раствора NaCl и K₂SO₄ (C = 0.1 моль/л), добавляют приблизительно по 0.3 г желатина и осторожно встряхивают. Дают частицам желатина опуститься на дно и определяют высоту осадка. После этого несколько раз встряхивают пробирки и оставляют в покое на 30-40 мин. Затем встряхивают пробирки еще раз, дают осесть осадку и снова измеряют высоту уже набухшего осадка, повторяя каждое измерение дважды. Данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Раствор	Высота осадка в мм		Выводы
	До набухания	После набухания	
NaCl			
K ₂ SO ₄			

На основании данных опыта объясните влияние анионов лиотропного ряда на набухание ВМС.

Контрольные вопросы.

1. Классифицируйте различные ВМС по типу мономерных звеньев, пространственной структуре, элементному составу.
2. Охарактеризуйте виды структурной организации молекулы белка. Какие виды химических связей способствуют сохранению определенной структуры?

3. Какое состояние белка называют изоэлектрическим? Как можно определить изоэлектрическую точку?

4. Охарактеризуйте гликохолевую кислоту и ее Na^+ , K^+ соли с точки зрения возможных поверхностно-активных свойств.

5. Дайте понятие смешанным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

6. Сформулируйте требования к искусственным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

Задача. Пороги коагуляции некоторого золя электролитами KNO_3 , MgCl_2 , NaBr равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Укажите коагулирующие ионы. Каков знак заряда коллоидной частицы?

Задача. Полимер массой 2 г поместили в склянку с бензином. Через 20 мин полимер вынули из склянки и взвесили, масса стала 2,5 г. Рассчитайте степень набухания полимера в %. (*Ответ: 25%*).

Структура и свойства макромолекул.

Цель работы: изучить физические свойства и состав полимеров.

Опыт 1. Свойства полимеров.

В пробирку, в которой находится 2-3 см³ органического растворителя, поместите измельченный полимер (по указанию преподавателя). Затем встряхните пробирку и наблюдайте изменения.

Опыт 2. Отношение полимера к нагреванию.

Нагрейте несколько кусочков полимера на водяной бане. Являются ли полимеры термопластичными?

Опыт 3. Горение полимера.

Подожгите кусочек полимера, обратите внимание на слабое потрескивание при горении и на запах. Сравните горение разных полимеров.

Результаты опытов занесите в табл. 5

Таблица 5

Полимер	Растворимость					Отношение к нагрев.	Горение
	Бензол	Толуол	Этанол	CCl_4	ацетон		

Напишите реакции получения используемых полимеров из соответствующих мономеров.

Опыт 4. Деполимеризация полимера полиметилметакрилата

Мелкие кусочки полимера поместите в пробирку. Постепенно нагревайте пробирку в пламени горелки и наблюдайте за внешними признаками деполимеризации полимера: образующийся при разложении полимера метилметакрилат конденсируется в пробирке-приемнике, охлаждаемой водой; образующиеся при деполимеризации побочные продукты окрашивают метилметакрилат в желтый цвет.

Полученный продукт деполимеризации разделите на две части. К одной части прилейте несколько капель бромной воды, а к другой — несколько капель перманганата калия. При этом наблюдайте обесцвечивание бромной воды и перманганата калия. Напишите схемы уравнений этих реакций.

Запишите формулу полиметилметакрилата и схему уравнения реакции деполимеризации; составьте схему уравнения реакции получения мономера — метилметакрилата — соответствующих кислоты и спирта.

Опыт 5. Определение плотности полимера

Полимеры — сравнительно легкие материалы, большинство из них в 5-6 раз легче металлов (табл. 6). Их плотность находится в пределах от 0,9 (полипропилен) до 2,3 г/см³ (полиметилметакрилат), плотность (объемная масса) поро- и пенопластов менее 1 г/см³.

Таблица 6

Плотность полимерных материалов

Полимерный материал	Плотность, г/см ³
Полиэтилен	0,92-0,96
Полипропилен	0,9
Полиизобутилен	0,9
Полистирол	0,91-0,93
Фторопласт	3 1,05-1,08
Фторопласт	4 2,11-2,16
Полиметилметакрилат	2,2-2,3
СЭП (сополимер этилена с пропиленом)	1,18-1,2
Винипласт листовой	0,93-0,95
Сополимер винилхлорида с винилацетатом	1,35-1,40
Полиуретан	1,34
Пресс-порошки на связующем новолачного или резольного типа	1,2
Полиамид	1,4
Полиэпоксиды	1,19-1,23
Полиэтилен	0,92-0,96

Плотность пластических масс определяют взвешиванием стандартных брусков размером 120x15x10 мм. Для этого брусок, имеющий комнатную

температуру, подвешивают на тонкой медной проволоке и взвешивают на специально приспособленных весах с точностью до 0,01 г. Затем его полностью погружают в стакан с дистиллированной водой комнатной температуры и взвешивают в воде с той же точностью.

При определении плотности материала следует учитывать, что вес бруска в воздухе отличается от его веса в воде на величину выталкивающей силы воды: $F = m_в g$,

где $m_в$ – масса воды в объеме погруженного в нее тела;

g — ускорение силы тяжести.

Отношение веса бруска в воздухе к разнице весов бруска в воздухе и в воде $[mg / (m_в g) = m / m_в]$ есть относительная плотность исследуемого материала $[d = m / m_в]$. Умножив относительную плотность d на плотность воды при данной температуре $[\rho_в]$ (табл. 7), вычисляют плотность материала $[\rho = d \rho_в]$.

Порядок выполнения опыта:

1. Получите у лаборанта два стандартных образца, изготовленных из одного материала.
2. Подвесьте брусок на тонкой медной проволоке и взвесьте их с точностью до 0,01 г.
3. Стакан с дистиллированной водой взвесьте и поставьте под висящий брусок, который затем полностью погрузите в стакан.
4. Взвесьте брусок в воде.

Таблица 7

Плотность воды при различной температуре

Температура, °С	Плотность, г/см ³
15	0,9991
16	0,9989
17	0,9988
18	0,9986
19	0,9984
20	0,9982
21	0,9980
22	0,9978
23	0,9975
24	0,9973
25	0,9970

5. Запишите результаты опыта в следующем порядке:

- номер образца;
- масса разновесов при определении веса бруска в воздухе m (в г);
- масса разновесов при определении веса бруска в воде m_1 (в г);
- масса воды в объеме бруска $m_в = m - m_1$ (в г);

- относительная плотность исследуемого материала d ;
- плотность воды при температуре опыта ρ_v (в г/см³);
- плотность исследуемого материала ρ (в г/см³);
- среднее значение двух измерений $\rho_{ср}$ (в г/см³);
- плотность материала, взятая из таблицы (в г/см³).

Опыт 6. Определение содержания летучих веществ.

Летучие вещества и влагу удаляют из образца при его нагревании до 103-105 °С. В полимерах, подвергаемых переработке прессованием, литьем под давлением и другими методами, необходимо знать содержание летучих веществ, так как они вызывают появление волнистости, разводов, вздутий, пузырей и трещин на изделии. Содержание летучих веществ выражают в процентах.

Получите у лаборанта материал для определения содержания летучих примесей и бюкс с крышкой (диаметр бюкса ~ 40 мм). Взвесьте бюкс с крышкой с точностью до 0,01 г (m_1), насыпьте в него примерно 5 г исследуемого материала, закройте крышкой и снова взвесьте с той же точностью (m_2). По разности измерений определите массу навески (m_3). Поместите открытый бюкс с навеской в термошкаф (температура 103—105 °С) на 30 мин, после чего охладите его в эксикаторе, закройте крышкой и снова взвесьте (m_4). По разности измерений определите массу навески после термообработки (m_5). Результаты опыта запишите в табл 8.

Таблица 8

Экспериментальные данные для определения содержания летучих веществ

Масса бюкса с крышкой m_1 , г	Масса бюкса с крышкой и навеской, г		Масса навески, г		Содержание летучих веществ, % $X=[m_3-m_5/m_3]*100$
	до термообработки m_2	после термообработки m_4	до термообработки m_3	после термообработки m_5	

Макромолекулы в растворах. Общее представление о растворах полимеров.

Цель работы: получить студни из растворов полимеров и изучить их свойства.

Опыт 1. Высаливание белков серноокислым аммонием

К 30 каплям раствора белка добавляют 30 капель насыщенного раствора серноокислого аммония, перемешивают. Получается полунасыщенный раствор

сернокислого аммония, в котором выпадает осадок глобулинов. Через 5 минут содержимое пробирки фильтруют. В фильтрате остается другой белок - альбумин. К фильтрату добавляют тонкоизмельченный порошок сернокислого аммония до полного насыщения, т.е. до тех пор, пока новая порция порошка останется нерастворенной. Выпадает осадок альбумина. Альбумин отфильтровывают. Проверяют фильтрат на отсутствие белка с помощью биуретовой реакции. (Биуретовая реакция: 5 капель раствора NaOH (2 моль/л) + 3 капли раствора CuSO_4 (0,2 моль/л) – розово-фиолетовое окрашивание – положительная реакция). Сделайте вывод, на чем основано высаливание белка и разделение его на фракции.

Опыт 2. Влияние анионов на желатинирование

В три пробирки приливают по 5 мл теплого 3% раствора желатина, затем в одну пробирку прибавляют 1 мл дистиллированной воды, в другую – 1 мл K_2SO_4 (1 моль/л), в третью – 1 мл NH_4CNS (1 моль/л). Содержимое пробирок перемешивают, ставят на 10 мин в водяную баню с температурой 40°C, затем охлаждают до 10% (перенести в охлаждающую смесь). Отмечают время желатинирования. Данные заносят в таблицу 9.

Таблица 9

3% раствор желатина	Прибавляемая жидкость	Время желатинирования	Выводы
1) 5 мл	1 мл H_2O		
2) 5 мл	1 мл р-ра K_2SO_4		
3) 5 мл	1 мл р-ра NH_4CNS		

На основании данных опыта объясните влияние анионов на желатинирование.

Опыт 3. Влияние кислот и щелочей на студнеобразование

В три пронумерованных пробирки вносят по 5 мл теплого 3 %-ного раствора желатины. Затем приливают по 1 мл – в первую пробирку дистиллированную воду, во вторую - 0,1 М раствора HCl , в третью – 0,1 М раствора NaOH . Содержимое пробирок тщательно перемешивают и ставят на 10 мин в водяную баню с температурой 40-50 °С. После этого пробирки помещают в термостат с температурой +10÷15 °С; замечают время начала отсчета. Периодически вынимая пробирки из термостата, наблюдают за образованием студня. Моментом образования студня считают время, начиная с которого раствор желатины не выливается при переворачивании пробирки. Данные опыта записывают в таблицу 10 и, вычисляют время застудневания

каждого раствора.

Таблица 10

№ пробирки	Объем 3 %-го р-ра желатина, мл	Прибавляемый р-р, мл	Время образования студня	Время застудевания, мин
1	5	H ₂ O		
2	5	HCl		
3	5	NaOH		

Опыт 4. Кольца Лизеганга

1. Готовят теплый раствор желатина (2-3 г желатина в 100 мл воды). После того, как желатин растворяется, там же растворяют 10 г дихромата калия. Полученный раствор выливают тонким слоем на дно чашки Петри. В центр застывшего на стекле слоя желатина, содержащего 10% дихромата калия, помещают большую каплю концентрированного водного раствора нитрата серебра AgNO₃ (90 г соли в 100 мл воды). Через несколько дней в слое желатина появляются концентрические кольца красно-бурого цвета. В застывшем слое желатина происходит отложение колец из кристаллического дихромата серебра.

2. В большую стеклянную пробирку наливают 50 мл 10%-ного раствора желатины и добавляют туда 10 мл 1 н. раствора хлорида магния и 100 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки перемешивают и дают ей полностью остыть. После полного охлаждения поверх студня наливают концентрированный раствор аммиака слоем около 2 см, плотно закрывают пробирку резиновой пробкой (чтобы не улетучивался аммиак) и оставляют ее в вертикальном положении.

3. Перед проведением опыта готовят следующие растворы. Жидкое стекло состава Na₂O: SiO₂ = 1 : 3,5 по весу разбавляют дистиллированной водой до плотности 1,06 г\см³. В 300 мл 1 н. уксусной кислоты растворяют 0,58 г дихромата калия. Приготавливают также 0,5 н. раствор CuSO₄.

В два цилиндра наливают по 50 мл жидкого стекла, а затем добавляют в них по 50 мл раствора CH₃COOH, содержащего K₂Cr₂O₇. После застудневания кремниевой кислоты поверх студня наливают 0,5 н. раствор CuSO₄ толщиной около 2 см. Оба цилиндра оставляют до следующего занятия.

Контрольные вопросы

1. Какие системы называются студнями, гелями, ксерогелями? Факторы, влияющие на студнеобразование.
2. Способы получения гелей и их применение.

Термодинамика процессов старения системы (самостоятельная работа студентов).

Механизм набухания. Термодинамический критерий растворимости.

Вязкостью (или внутренним трением) называют свойство жидкостей оказывать сопротивление действию внешних сил, вызывающих их течение. Растворы ВМС имеют значительно большую вязкость по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ. **Аномально высокая вязкость** растворов ВМС объясняется наличием в их растворах надмолекулярных структур (отдельных сегментов), ориентирующихся вдоль оси потока. При увеличении концентрации, а также при увеличении средней молекулярной массы вязкость растворов ВМС увеличивается.

Большая вязкость растворов ВМС зависит также от степени сродства между молекулами, например, силы сцепления гидрофильных молекул белков и полисахаридов с молекулами воды очень высоки, и вязкость их растворов будет высокой.

Увеличение вязкости, связанное с изменением концентрации при растворении полимера характеризуется **удельной вязкостью**:

$$\eta_{уд} = \frac{\eta_c - \eta_0}{\eta_0},$$

где η_c – вязкость раствора; η_0 – вязкость чистого растворителя.

Штаудингером установлена зависимость удельной вязкости от молекулярного веса полимера.

$$\eta_{уд} = \kappa M c$$

где κ – константа, определяемая экспериментально; c – концентрация вещества в растворе; M – молекулярная масса.



По преобразованному уравнению Штаудингера отношение $\frac{\eta_{уд}}{c} = \kappa M$ называется **приведенной вязкостью**.

Предел $\frac{\eta_{уд}}{c}$ при $c \rightarrow 0$ именуется **характеристической вязкостью** $[\eta]$:

$$[\eta] = \kappa M^\alpha$$

α - показатель степени, изменяется в пределах $\frac{1}{2} \leq \alpha \leq 1$, где $\alpha = \frac{1}{2}$ для гибких (глобулы) и $\alpha = 1$ для жестких (палочки) полимеров.

По величине $[\eta]$ можно определить молекулярный вес полимера:

$$M^\alpha = [\eta]/k$$

Определение относительной вязкости растворов ВМС

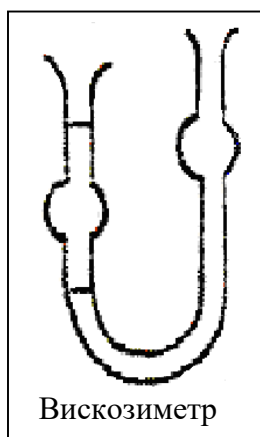
Величину вязкости растворов ВМС можно определить различными методами. Прибором для определения вязкости служит вискозиметр.

С помощью вискозиметра можно определить вязкость по скорости истечения жидкости, измеряя время истечения определенного объема жидкости, протекающей через капилляр. Отношение вязкости исследуемой жидкости к вязкости воды называется

относительной вязкостью (η).

Наливают в широкое колено вискозиметра 10 мл дистиллированной воды. В узком колене вискозиметра засасывают воду в капилляр вискозиметра выше верхней отметки и пережимают шланг. Осторожно отпускают

пережатый шланг и внимательно следят за опусканием уровня воды в капилляре вискозиметра. Как только уровень воды достигнет верхней отметки, пережатый шланг отпускают и начинают отсчет времени с помощью секундомера. Заканчивают отсчет времени, когда уровень воды достигнет нижней метки вискозиметра. Измерение времени истечения воды в секундах проводят три раза и берут среднее значение. Данные заносят в таблицу.



Опыт 1. Определение относительной вязкости растворов ВМС.

Наливают в широкое колено вискозиметра 10 мл дистиллированной воды. В узком колене вискозиметра засасывают воду в капилляр вискозиметра выше верхней отметки и пережимают шланг. Осторожно отпускают пережатый шланг и внимательно следят за опусканием уровня воды в капилляре вискозиметра. Как только уровень воды достигнет верхней отметки, пережатый шланг отпускают и начинают отсчет времени с помощью секундомера. Заканчивают отсчет времени, когда уровень воды достигнет нижней метки вискозиметра. Измерение времени истечения воды в секундах проводят три раза и берут среднее значение. Данные заносят в таблицу.

Опыт 2. Определение вязкости раствора желатина при различных значениях pH среды.

Приготавливают серию растворов:

а) 5 мл 3% раствора желатины + 5 мл дистиллированной воды (pH = 5,5);

б) 5 мл раствора желатины + 5 мл раствора HCl с $C = 0,01$ моль/л ($pH = 2,5$);

в) 5 мл раствора желатина + 5 мл раствора NaOH с $C = 0,02$ моль/л ($pH = 12,0$).

Растворы в пробирках тщательно перемешивают и приступают к определению вязкости вискозиметром.

Заполняют вискозиметр сначала первым раствором и проводят измерения времени истечения его из капилляра вискозиметра от верхней метки до нижней (3 раза). Берут среднее значение, затем выливают раствор, вискозиметр промывают дистиллированной водой несколько раз, после чего его заполняют вторым раствором и т.д. Полученные данные вносят в таблицу.

Опыт 3. Определение вязкости раствора желатина в присутствии различных электролитов лиотропного ряда.

Приготавливают серию растворов:

а) 5 мл 3% раствора желатина + 5 мл 1 М (моль/л) раствора NH_4CNS ;

б) 5 мл раствора желатина + 5 мл дистиллированной воды;

в) 5 мл раствора желатина + 5 мл 1 М раствора K_2SO_4 .

Растворы тщательно перемешивают и последовательно определяют время истечения их из капилляра вискозиметра, повторяя каждое определение 3 раза и взяв среднее значение. После каждого раствора вискозиметр промывают несколько раз дистиллированной воды. Полученные данные заносят в таблицу 11.

Таблица 11

№ пробирки	3% раствор желатина	Прибавляемая жидкость	Время желатинирования	Выводы
1	1. 5 мл	1 мл H_2O		
2	5 мл	1 мл р-ра K_2SO_4		
3	5 мл	1 мл р-ра NH_4CNS		

Расчет величины относительной вязкости проводится по формуле:

$$\eta_x = \eta_{H_2O} \frac{t_x}{t_{H_2O}} \cdot \frac{\rho_x}{\rho_{H_2O}}$$

где η_x – относительная вязкость измеряемого раствора;

η_{H_2O} – вязкость воды равная 0,0102 пуаз;

t_x , t_{H_2O} – время в сек. истечения через капилляр соответственно исследуемой жидкости и воды;

ρ_x – плотность раствора желатина = 0,998 г/см³;

ρ_{H_2O} – плотность дистиллированной воды = 1,0 г/см³.

Сделать вывод о влиянии pH и анионов лиотропного ряда на относительную вязкость раствора желатина. Дать объяснение.

Опыт 4. Влияние температуры на вязкость

Измеряют вязкость 0,5-процентного золя желатина при 0°, для чего вискозиметр с раствором желатина помещают в смесь воды и льда; после того как жидкость в вискозиметре примет температуру воды (20 минут), производят измерение. Затем определяют время истечения жидкости, поместив вискозиметр в воду при 20, 40 и 60 °С. Вычерчивают кривую изменения вязкости в зависимости от температуры.

Контрольные вопросы

1. Чем объясняется аномальная вязкость растворов ВМС? Влияют ли на величину вязкости условия приготовления растворов?
2. От каких факторов зависит вязкость жидкостей? Почему отдельные анионы оказывают влияние на вязкость?
3. Сущность измерения вязкости по методу Стокса (самостоятельная работа студентов).

Термодинамическое поведение макромолекул в растворе, его особенности по сравнению с поведением молекул низкомолекулярных веществ.

Цель работы: получить каучук и изучить его свойства.

Реактивы и оборудование: стеклянная пластина (обработанная спиртом), термометр, водяная баня, термостат, цилиндр.

Опыт 1. Извлечение млечного сока из растений.

Каучук содержится в ряде растений и легко может быть извлечен из них. Для извлечения каучука из фикуса отрезают 1-2 листа, выделившийся их черешков млечный сок собирают в пробирку. К собранным каплям сока приливают немного воды и вносят 0,5 г CaCl_2 или сернокислого аммония. Смесь встряхивают, затем по каплям добавляют спирт, пока каучук не начнет выделяться на поверхности раствора в виде хлопьев. Хлопья каучука, извлеченные из раствора стеклянной палочкой, растягивают при помощи пинцета. Образуются тонкие длинные нити каучука. Полученные хлопья каучука переносят стеклянной палочкой в три пробирки и добавляют по 2-3 мл растворителя (бензола, бензина, хлороформа).

Оставшийся раствор после получения каучука делят на две части. К первой части раствора приливают бромную воду или раствор перманганата калия. Исчезновение окраски указывает на непредельный характер каучука. Напишите уравнение реакции.

Другую часть раствора осторожно выпаривают на часовом стекле. После удаления растворителя обнаруживается эластичная пленка каучука. Что доказывает данный опыт?

Опыт 2. Отношение каучука и резины к растворителям.

Невулканизированный каучук растворяется во многих органических растворителях, вулканизированный каучук (резина) в той или иной степени растворяет в себе эти вещества, от чего увеличивается в объеме (как говорят «набухает»).

В две пробирки с бензином или бензолом помешают по кусочку сырого (невулканизированного) каучука и резины (от резиновой пробки или галоши). Пробирки закрывают корковыми пробками и ставят для дальнейшего наблюдения. Через некоторое время обнаруживают, что в одной пробирке каучук растворяется, а в другой пробирке резина набухает. Что доказывает данный опыт?

Опыт 3. Взаимодействие с бромом.

Вследствие наличия двойных связей каучук легко присоединяет галогены. Этим объясняется, например, затвердение каучуковых пробок и трубок при работе с галогенами.

Готовят раствор сырого (невулканизированного) каучука в бензине (свободного от непредельных соединений) или в бензоле (что удобнее, т.к. он обычно не требует предварительной очистки). Это может быть достигнуто кипячением тонко нарезанных кусочков каучука с растворителем в колбе с обратным холодильником или настаиванием (без нагревания) в течение нескольких суток. В пробирку с раствором каучука приливают раствор брома в бензоле. При встряхивании смеси окраска брома исчезает. (Для опыта можно использовать также бромную воду). Объясните причину исчезновения окраски? Отметьте скорость ее протекания по сравнению с аналогичной реакцией для натурального каучука?

Опыт 4. Разложение каучука при нагревании.

Каучук при нагревании разлагается на продукты с меньшим молекулярным весом. Образующиеся вещества обладают свойствами непредельных соединений. Основным продуктом разложения каучука – изопрен.

В пробирке с отводной трубкой нагревают немного каучука. Образующиеся парообразные продукты отводят в пробирку – приемник, охлаждаемую в стакане с холодной водой, где они конденсируются. В пробирку – приемник налейте 1,5-2 мл бромной воды или раствор перманганата калия и периодически её взбалтывайте. Когда соберется немного конденсата произойдет обесцвечивание жидкости. Напишите все необходимые уравнения реакции.

Опыт 5. Отношение каучука и резины к нагреванию.

Доведите водяную баню до кипения и продолжая нагревать, поместите в неё на 5 мин полоски каучука и резины. Затем выньте тигельными щипцами полоску резины и быстро растяните её. Тоже сделайте с полоской каучука. Полоска каучука после размягчения сильно растягивается, теряет эластичность, полоска резины остается без изменений.

Таким образом, каучук термопластичен, резина же нет, она имеет большую термическую и механическую стойкость. Эти свойства каучука и резины объясняются их различной структурой. Какой?

Опыт 6. Открытие серы в вулканизированном каучуке.

При сильном нагревании вулканизированного каучука сера выделяется из него в виде сероводорода и может быть обнаружена солями свинца.

В пробирке нагревают несколько кусочков резины. В выделяющиеся пары вносят бумажку, смоченную раствором азотнокислого $Pb(NO_3)_2$ или уксуснокислого свинца $Pb(CH_3COO)_2$. Бумажка чернеет. Продукты термического разложения резины можно пропустить также в раствор соли свинца. Образуется черный осадок PbS . Невулканизированный каучук (если он не загрязнен) в подобных условиях не образует осадка сернистого свинца.

Опыт 7. Выделение каучука из резинового клея.

Резиновый клей представляет собой 4% раствор каучука в бензине. На стеклянную пластинку тонким слоем налейте резиновый клей и нагрейте её на кипящей водяной бане. При этом бензин испаряется и на стекле остается желтая пленка каучука, которая легко скатывается в стерженек. О чем свидетельствует данный опыт?

С выделенным каучуком проведите опыты на эластичность, растворимость в органических растворителях, термопластичность.

Полидисперсность полимеров и функции молекулярно – массового распределения.

Цель работы: изучить свойства α -аминокислот, как мономеров высокомолекулярных соединений – белков; познакомиться с качественными реакциями на белки.

Реактивы и оборудование: глицин (1%-ный раствор), 0,1 %-ные растворы соляной кислоты и гидроксида натрия, 10%-ный раствор гидроксида натрия, карбонат меди (II), нитрит натрия (5%-ный раствор), соляная кислота (конц.), фенолфталеин, универсальная индикаторная бумага, тирозин (1%-ный раствор), раствор яичного белка, конц. раствор азотной кислоты, конц. раствор

аммиака, цистеин (1%-ный раствор), ацетат свинца (II), сульфат меди (II) (25%-ный раствор), пробирки, пипетки, газовые горелки.

Опыт 1. Амфотерные свойства α -аминокислот. В одну пробирку наливают несколько мл 0,1 %-ного раствора соляной кислоты, а в другую примерно столько же 1%-ного раствора глицина. Полоску универсальной индикаторной бумаги опускают сначала в соляную кислоту и быстро сравнивают окраску со шкалой. Затем ту же самую бумажку опускают в раствор глицина и отмечают, изменилась ли окраска индикаторной бумаги. Далее в отдельную пробирку наливают 1 мл 0,1%-ного раствора щелочи и добавляют несколько капель фенолфталеина, отмечают окраску раствора. Туда же приливают равное количество раствора глицина и отмечают изменения в окраске раствора.

Опыт 2. Образование комплексов α -аминокислот с медью. В пробирку помещают одну лопаточку сухого карбоната меди (II) и добавляют 1 мл раствора глицина. Пробирку нагревают в пламени горелки, отмечают появившееся окрашивание. Полученный раствор осторожно декантируют с осадка в другую пробирку и добавляют в нее 2-3 капли 10%-ного раствора гидроксида натрия.

Опыт 3. Реакция α -аминокислот с формальдегидом (метод Сёренсена). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 0,5 мл 1%-го раствора глицина и 1 каплю раствора индикатора метилового красного. Раствор приобретает желтую окраску (нейтральная среда). В пробирку №2 поместите 0,5 мл формалина и 1 каплю раствора индикатора метилового красного. Раствор в пробирке №2, имеющий красную окраску (кислая среда), осторожно нейтрализуйте добавлением 10%-го раствора гидроксида натрия с помощью пипетки до появления желтого окрашивания. Смешайте содержимое двух пробирок. Отметьте появление красного окрашивания.

Опыт 4. Реакция α -аминокислот с азотистой кислотой (метод Ван-Слайка). Смешайте в пробирке 0,5 мл 1%-го раствора глицина и равный объем 5%-го раствора нитрита натрия. Добавьте 2 капли концентрированной соляной кислоты. Смесь взболтайте. Наблюдается ли выделение пузырьков газа?

Опыт 5. Обнаружение ароматических α -аминокислот в белке (ксантопротеиновая реакция). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора тирозина, а в пробирку №2 - такой же объем раствора яичного белка. В каждую пробирку добавьте по 3 капли концентрированной азотной кислоты и нагрейте. Отметьте появление окрашивания. Пробирки охладите и в каждую по каплям добавляйте концентрированный раствор аммиака.

Опыт 6. Обнаружение меркаптогруппы в цистеине (реакция Фоля). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора цистеина, а в пробирку №2 - такой же объем раствора белка. В каждую пробирку добавьте по 3 капли 10%-го раствора гидроксида натрия. Содержимое пробирок нагрейте до кипения и в каждую пробирку добавьте по 3 капли раствора ацетата свинца (II). Отметьте окраску образующегося осадка.

Опыт 7. Обнаружение пептидной группы (биуретовая реакция). Возьмите две пробирки. В пробирку №1 поместите 5 капель 1%-го раствора глицина, а в пробирку №2 - 5 капель раствора яичного белка. В каждую пробирку добавьте равный объем 10%-го раствора гидроксида натрия, а затем по 2-3 капли 25%-го раствора сульфата меди (II). В какой из пробирок появляется красно-фиолетовое окрашивание?

Методы оценки средних молекулярных масс полимеров.

Цель работы: изучить качественные реакции моносахаридов, как мономеров высокомолекулярных соединений – полисахаридов; изучить свойства ди- и полисахаридов.

Реактивы и оборудование: 1%-ный раствор глюкозы, 1%-ный раствор фруктозы, 5%-ный раствор сульфата меди (II), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 5%-ный раствор нитрата серебра, 10%-ный раствор аммиака, 1%-ный раствор резорцина, 1%-ный раствор сахарозы, 1%-ный раствор лактозы, 2%-ный раствор сульфата меди (II), 0,5%-ый крахмальный клейстер, 10%-ный раствор серной кислоты, разбавленный водный раствор йода, индикаторная бумага, пипетки, пробирки, электроплитки, газовые горелки, водяные бани, предметные стекла.

Опыт 1. Доказательство наличия диольного фрагмента в глюкозе.

В пробирку помещают 0,5 мл 1%-ного раствора глюкозы, 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и по каплям добавляют 5%-ный раствор сульфата меди (II). Встряхните пробирку. Образующийся вначале осадок гидроксида меди (II) быстро растворяется с образованием ярко-синего раствора. Сохраните этот раствор для следующего опыта.

Опыт 2. Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) - проба Троммера.

К раствору, полученному в предыдущем опыте, добавьте 1 мл воды и разделите на две пробирки. Одну из них нагрейте над пламенем горелки до кипения, но не кипятите. Цвет раствора меняется от синего до жёлто-оранжевого, и образуется осадок (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 3. Реакция «серебряного зеркала».

В сухую и чистую пробирку поместите 0,5 мл 5%-ного раствора нитрата серебра, прибавьте 1 мл 10%-ного раствора NaOH и приблизительно столько же 10%-ного раствора аммиака до растворения осадка гидроксида серебра. Образовавшийся раствор называется *реактивом Толленса*. Добавьте к полученному реактиву 0,5 мл раствора глюкозы и слегка нагрейте пробирку на электроплитке или газовой горелке до появления окрашивания. Далее реакция идёт без нагревания, и металлическое серебро осаждается на стенках пробирки в виде зеркального налёта или выпадает в виде тёмного осадка.

Опыт 4. Качественная реакция на фруктозу - проба Селиванова (работа проводится под тягой!)

В две пробирки поместите по 1 мл 1%-ного раствора резорцина и конц. соляной кислоты. В пробирку №1 добавьте 1 мл раствора фруктозы, в пробирку №2 - такое же количество раствора глюкозы. Обе пробирки осторожно нагревают на электроплитке. В пробирке №1 раствор становится красным, в то время как в пробирке №2 заметных изменений окраски не происходит.

Опыт 5. Отсутствие восстановительной способности у сахарозы

В пробирку поместите 0,5 мл 1%-го раствора сахарозы и 3 мл 10%-го раствора гидроксида натрия. Смесь разбавьте 3 мл воды и добавьте 1 мл 2%-го раствора сульфата меди (II). Образовавшийся раствор комплексной соли меди (II) с сахарозой имеет интенсивно синий цвет. Разделите раствор по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения, но не кипятите. Изменения цвета не происходит (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 6. Восстановительная способность лактозы

Аналогично предыдущему, проделайте опыт с 0,5 мл 1%-го раствора лактозы. Полученный синий раствор комплексной соли меди (II) с лактозой разделите по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения. Цвет раствора меняется на желто-оранжевый, и образуется осадок. Вспомните, что у глюкозы наблюдался такой же результат, тогда как у сахарозы в тех же условиях изменения цвета не отмечалось.

Опыт 7. Качественная реакция на крахмал

В пробирку поместите 3 мл 0,5%-го крахмального клейстера и несколько капель раствора йода, разбавленного водой до светло-желтой окраски. Раствор приобретает синюю окраску. Нагрейте пробирку - окраска исчезает; при охлаждении раствора окраска появляется вновь.

Опыт 8. Качественные реакции на углеводы.

А. Реакция углеводов с α -нафтолом (реакция Молина)

В две пробирки наливают по 1 мл воды и вносят небольшое количество углеводов: в одну пробирку – сахарозу (или глюкозу), в другую – крахмал (или целлюлозу). Затем в каждую пробирку добавляют 1 -2 капли 15%-ного спиртового раствора α -нафтола и, наклонив пробирку, по стенкам из пипетки осторожно приливают по 1 мл концентрированной серной кислоты. Образуются два слоя: внизу – серная кислота, сверху – водный слой. Через небольшой промежуток времени на границе двух слоев появляется окрашенное кольцо, сначала зеленоватого цвета, потом фиолетовое.

Реакция с α -нафтолом – качественная реакция на углеводы. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой углеводы разлагаются, наряду с другими продуктами разложения образуется фурфурол и его производные: они конденсируются с α -нафтолом с образованием окрашенных продуктов. Напишите уравнения реакции дегидратации D-глюкозы (образование оксиметилфурфурола).

Б. Реакция высших полисахаридов с реактивом Фелинга.

В две пробирки наливают по 1-1,5 мл 1%-ного крахмального клейстера и 1 %-ного раствора гликогена (животный крахмал) и добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните опыт.

В. Реакция с йодом.

В две пробирки наливают по 1 мл 1 %-ных растворов крахмального клейстера и гликогена и затем добавляют по несколько капель сильно разбавленного водой раствора йода в KI. В пробирке с растворами появляется интенсивное окрашивание. Какое? При нагревании этого раствора до кипения окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется. Объясните почему?

Иодкрахмальная реакция применяется в аналитической химии для открытия как крахмала, так и йода. Крахмал широко применяется в качестве индикатора в иодометрии.

Г. Реакция на пептозаны (образование фурфурола). (Тяга!)

В пробирку вносят сухие древесные опилки (высота слоя 1-1,5 см) и добавляют соляную кислоту (1:1) в таком количестве, чтобы она покрыла опилки. На полоску фильтровальной бумаги наносят 1-2 капли анилина и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты (в то же пятно). Смоченную уксуснокислым анилином фильтровальную бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят смесь опилок с соляной кислотой. Фурфурол, содержащийся в выделяющихся парах, образует на бумаге яркое розово-красное пятно. Для отгонки фурфурола, летучего с водяным паром, пробирку закрывают изогнутой газоотводной трубкой, ее конец опускают в пустую пробирку-приемник, охлаждаемую в стакане с ледяной водой. Отгоняют несколько капель водной эмульсии фурфурола. В пробирку-приемник добавляют каплю анилина и 1 каплю ледяной уксусной кислоты. Появляется окрашивание.

Объясните опыт и напишите уравнения следующих реакций: гидролиз пентозанов, дегидратация пентоз (образование фурфурола).

Опыт 9. Кислотный гидролиз крахмала.

В коническую колбу емкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1%-ного крахмального клейстера и 3-5 мл 10%-ного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного раствора йода в иодиде калия (светло-желтого цвета), пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода, после встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробирки с раствором йода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с йодом. Занесите в таблицу изменение окраски в пробирках.

Таблица 1

№ пробирки	Время после начала опыта для внесения раствора I_2 в KI							
	30 с	60 с	90 с	120 с	150 с	180 с	210 с	240 с
Окраска в пробирках после внесения I_2 в KI								

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, смесь кипятят еще 2-3 минуты, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появления розовой окраски на фенолфталеиновой индикаторной бумаге). Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объемом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения. Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

Опыт 10. Свойства целлюлозы.

А. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера).

В пробирку наливают 5 мл медно-аммиачного раствора (реактива Швейцера), опускают в него очень маленький кусочек гигроскопической ваты (целлюлозы) и тщательно перемешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой до полного растворения ваты. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета. Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл

концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется из раствора в виде хлопьев. Способностью целлюлозы растворяться в реактиве Швейцера пользуются при производстве медно-аммиачного искусственного шелка.

Б. *Получение растительного пергамента (амилоида).*

В три фарфоровые чашки наливают: в первую 80%-ный раствор серной кислоты, во вторую – дистиллированную воду, в третью – 5%-ный раствор аммиака. В раствор серной кислоты опускают на 8-10с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10х3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в ту же фарфоровую чашку, промывают участок бумаги, обработанный кислотой, в воде, налитой во вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность обработанного кислотой участка бумаги с необработанным. Наносят каплю разбавленного раствора йода на обработанный кислотой участок бумаги. Какая получается окраска? Объясните опыт.

В. *Кислотный гидролиз целлюлозы.*

В сухую коническую колбу емкостью 50-100 мл помешают немного очень мелко нарезанных кусочков фильтровальной бумаги (целлюлозы) и смачивают их концентрированной серной кислотой. Тщательно перемешивают содержимое колбы стеклянной палочкой до полного разрушения бумаги и образования бесцветного вязкого раствора. После этого к нему добавляют небольшими порциями при перемешивании 15-20 мл воды (*осторожно!*), колбу соединяют с воздушным обратным холодильником и кипятят реакционную смесь 20-30 мин, периодически перемешивая. После окончания гидролиза отливают 2-3 мл жидкости, нейтрализуют ее сухим карбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями (жидкость вспенивается), и обнаруживают присутствие восстанавливающих сахаров реакцией с реактивом Фелинга. Напишите уравнение реакции гидролиза целлюлозы и взаимодействие гидролизата с реактивом Фелинга. Объясните опыт.

Г. *Реакция целлюлозы со щелочью.*

В небольшой стакан наливают 40%-ный раствор гидроксида натрия и опускают в него полоску фильтровальной бумаги. Вторую полоску такого же размера опускают в стакан с водой (контрольный образец). Через 5-7 мин полоски бумаги вынимают. Образец, который был в воде, отжимают в фильтровальной бумаге. Второй образец – из стакана с раствором гидроксида натрия – промывают водой мытую полоску, отжимают в фильтровальной бумаге. Когда обе бумажные полоски высохнут, сравнивают их длину и плотность.

Д. *Получение и свойства нитратов целлюлозы. (Тяга!)*

В небольшую колбу наливают 4 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно при перемешивании добавляют 8 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь несколько охлаждают и погружают в нее с помощью стеклянной палочки небольшой комочек гигроскопической ваты. Реакционную смесь периодически перемешивают палочкой и нагревают на водяной бане (температура воды 60-70 °С) в течение 5 минут. Затем вату вынимают и тщательно промывают водой сначала в стакане, а потом в струе воды под водопроводным краном. Избыток воды отжимают в фильтровальной бумаге, вату разрыхляют и высушивают в фарфоровой чашке на кипящей водяной бане. В условиях опыта получается преимущественно динитрат целлюлозы – коллоксилин. Напишите схему образования динитрата целлюлозы (формулу фрагмента молекулы целлюлозы напишите по Хеуорсу). Почему часто употребляемое название «нитроцеллюлоза» неверно?

Высушенный волокнистый нитрат целлюлозы (светло-желтого цвета) делят на три части. Одну часть кладут на асбестовую сетку и поджигают. Рядом поджигают кусок гигроскопической ваты (целлюлозы). Отмечают разницу в характере горения этих двух образцов.

Вторую часть коллоксилиновой ваты помещают на дно сухой пробирки и нагревают ее в пламени горелки. Коллоксилин при нагревании разлагается со взрывом и вылетает из пробирки (*Осторожно! Отверстие пробирки должно быть повернуто к стене*).

Третью часть коллоксилина растворяют при помешивании палочкой в смеси этилового спирта и диэтилового эфира (1:3). Образуется вязкий раствор – коллодий. Часть коллодия выливают на предметное стекло; после испарения растворителя остается твердая пленка. Ее вносят тигельными щипцами в пламя горелки. Пленка коллодия сгорает медленнее, чем коллоксилиновая вата.

Опыт 11. Некоторые свойства хлопкового и искусственных волокон.

Наливают в четыре пробирки по 1,5-2 мл:

в 1-ю концентрированной азотной кислоты, 2-ю – 25%-ного раствора серной кислоты, 3-ю – 10%-ного раствора гидроксила натрия, 4-ю – ацетона.

В каждую пробирку опускают небольшой кусочек вязкого волокна (или ткани). Размешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой в течение 2-3 мин. Результаты опыта записывают в таблицу. Опыт повторяют с образцами ацетатного и хлопкового волокна. Можно ли чистить платья из вискозного и ацетатного шелка ацетоном?

Для определения отношения волокон к нагреванию помещают образцы исследуемых волокон на асбестовую сетку и поджигают их лучинкой (*Тяга!*). Результаты записывают в таблицу.

Таблица 2

Волокно	Отношение к действию				Характер горения
	HNO ₃ (конц.)	H ₂ SO ₄ (25%)	NaOH (10%)	Ацетон	
Хлопковое					
Вискозное					
Ацетатное					

Опыт 12. Качественное обнаружение пектиновых веществ (реакция Эрлиха).

Пектиновые вещества – высокомолекулярные соединения, широко распространенные в растениях. Относительная молекулярная масса пектиновых веществ колеблется от 50000 до 300000. Они являются цементирующими соединениями, своего рода клеем, скрепляющим растительные клетки; благодаря своим гидрофильным свойствам предохраняют растения от высыхания, положительно влияют на засухоустойчивость. Главная составная часть пектиновых веществ – полигалактуроновая, или пектиновая, кислота. Метилированная по карбоксильной группе полигалактуроновая кислота называется пектиновой кислотой или растворимым пектином. Характерным свойством пектина является его способность давать студни в присутствии кислоты. Это свойство широко используется в кондитерской промышленности.

3 г растительного материала (яблоки или сахарная свекла) нагревают в течении 30 мин с 10-20 объемами 1%-ного раствора серной кислоты в колбе с притертым холодильником при 145 °С на масляной бане. Затем гидролизат смешивают с избыточным количеством карбоната бария и нагревают на кипящей водяной бане в течении 15 мин. Осадки сульфата бария и карбоната бария отфильтровывают, фильтрат упаривают. Раствор обрабатывают животным углем, фильтруют и смешивают с тремя объемами этилового спирта. Полученный хлопьевидный осадок отфильтровывают, растворяют в воде и смешивают с избытком ацетата свинца. Нагревание раствора на водяной бане при наличии галактуроновой кислоты дает кирпично-красный осадок.

Синтез полимеров и химические свойства ВМС.

Молекулы ВМС имеют дифильный характер, так как содержат полярные ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ и др.) и неполярные ($-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_6\text{H}_5$) функциональные группы.

Чем больше полярных радикалов в молекуле ВМС, тем лучше оно растворимо. Растворимость ВМС зависит от величины и формы их молекул – *глобулярная* (сферическая, компактные шарообразные образования [гликоген, пепсин, панкреатин]) и *фибриллярная* (линейная, малоразветвленная [желатин, целлюлоза, коллаген, полиакрилат натрия]).

Процесс растворения ВМС проходит в 2 стадии:

3. **Набухание** – самопроизвольный процесс поглощения ВМС больших объемов низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся значительным увеличением. *Неограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит самопроизвольно. *Ограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит при определенных факторах (например, повышение температуры способствует растворению).

4. Непосредственно **растворение** – диффузия молекул ВМС в растворитель.

Цель работы: изучить особенности свойств растворов высокомолекулярных соединений.

Реактивы и оборудование: крахмал, желатина, дистиллированная вода, яичный белок, ацетатный буфер, NaCl 0,1 М р-р, K_2SO_4 0,1 М р-р, CH_3COOH 1н. р-р., $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ крист., этиловый спирт безводный, термометр, химические пробирки, химические колбы, лабораторная плитка.

Опыт 1. Выделение тепла при набухании

В химический стакан наливают 5 мл дист. воды и измеряют её температуру при помощи термометра. Затем в этом стаканчике размешивают 5 г крахмала и наблюдают повышение температуры смеси.

Дайте объяснение наблюдаемому явлению.

Опыт 2. Влияние pH среды на набухание

В 5 пробирок (одинакового диаметра) вносят по 0.3 г желатина и наливают компоненты ацетатной буферной системы в количествах, указанных в таблице. Содержимое пробирок тщательно перемешивают. После оседания желатина полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка и оставляют на 30-40 мин (периодически перемешивая). По истечении указанного времени полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка набухшего желатина. Данные заносят в таблицу 3. На основании полученных результатов сделайте вывод о влиянии pH среды на набухание. Найдите ИЭТ

и объясните наблюдаемые явления.

Таблица 3

№ пробирок	Состав буферной смеси		рН смеси	Высота осадка	
	0,1н CH_3COOH , мл	0,1н CH_3COONa , мл		До набухания, мм	После набухания, мм
1	9	1	3.8		
2	7	3	4.4		
3	5	5	4.8		
4	3	7	5.1		
5	1	9	5.7		

Опыт 3. Влияние анионов на набухание

В две пробирки (одинакового диаметра) наливают по 5 мл раствора NaCl и K_2SO_4 ($C = 0.1$ моль/л), добавляют приблизительно по 0.3 г желатина и осторожно встряхивают. Дают частицам желатина опуститься на дно и определяют высоту осадка. После этого несколько раз встряхивают пробирки и оставляют в покое на 30-40 мин. Затем встряхивают пробирки еще раз, дают осесть осадку и снова измеряют высоту уже набухшего осадка, повторяя каждое измерение дважды. Данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Раствор	Высота осадка в мм		Выводы
	До набухания	После набухания	
NaCl			
K_2SO_4			

На основании данных опыта объясните влияние анионов лиотропного ряда на набухание ВМС.

Контрольные вопросы.

7. Классифицируйте различные ВМС по типу мономерных звеньев, пространственной структуре, элементному составу.

8. Охарактеризуйте виды структурной организации молекулы белка. Какие виды химических связей способствуют сохранению определенной структуры?

9. Какое состояние белка называют изоэлектрическим? Как можно определить изоэлектрическую точку?

10. Охарактеризуйте гликохолевую кислоту и ее Na^+ , K^+ соли с точки зрения возможных поверхностно-активных свойств.

11. Дайте понятие смешанным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

12. Сформулируйте требования к искусственным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

Задача. Пороги коагуляции некоторого золя электролитами KNO_3 , MgCl_2 , NaBr равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Укажите коагулирующие ионы. Каков знак заряда коллоидной частицы?

Задача. Полимер массой 2 г поместили в склянку с бензином. Через 20 мин полимер вынули из склянки и взвесили, масса стала 2,5 г. Рассчитайте степень набухания полимера в %. (Ответ: 25%).

Полимеризация и сополимеризация. Термодинамика полимеризации.

Цель работы: изучить физические свойства и состав полимеров.

Опыт 1. Свойства полимеров.

В пробирку, в которой находится 2-3 см³ органического растворителя, поместите измельченный полимер (по указанию преподавателя). Затем встряхните пробирку и наблюдайте изменения.

Опыт 2. Отношение полимера к нагреванию.

Нагрейте несколько кусочков полимера на водяной бане. Являются ли полимеры термопластичными?

Опыт 3. Горение полимера.

Подожгите кусочек полимера, обратите внимание на слабое потрескивание при горении и на запах. Сравните горение разных полимеров.

Результаты опытов занесите в табл. 5

Таблица 5

Полимер	Растворимость					Отношение к нагрев.	Горение
	Бензол	Толуол	Этанол	CCl_4	ацетон		

Напишите реакции получения используемых полимеров из соответствующих мономеров.

Опыт 4. Деполимеризация полимера полиметилметакрилата

Мелкие кусочки полимера поместите в пробирку. Постепенно нагревайте пробирку в пламени горелки и наблюдайте за внешними признаками деполимеризации полимера: образующийся при разложении полимера метилметакрилат конденсируется в пробирке-приемнике, охлаждаемой водой; образующиеся при деполимеризации побочные продукты окрашивают метилметакрилат в желтый цвет.

Полученный продукт деполимеризации разделите на две части. К одной части прилейте несколько капель бромной воды, а к другой — несколько капель перманганата калия. При этом наблюдайте обесцвечивание бромной воды и перманганата калия. Напишите схемы уравнений этих реакций.

Запишите формулу полиметилметакрилата и схему уравнения реакции деполимеризации; составьте схему уравнения реакции получения мономера — метилметакрилата — соответствующих кислоты и спирта.

Опыт 5. Определение плотности полимера

Полимеры — сравнительно легкие материалы, большинство из них в 5-6 раз легче металлов (табл. 6). Их плотность находится в пределах от 0,9 (полипропилен) до 2,3 г/см³ (полиметилметакрилат), плотность (объемная масса) поро- и пенопластов менее 1 г/см³.

Таблица 6

Плотность полимерных материалов

Полимерный материал	Плотность, г/см ³
Полиэтилен	0,92-0,96
Полипропилен	0,9
Полиизобутилен	0,9
Полистирол	0,91-0,93
Фторопласт	3 1,05-1,08
Фторопласт	4 2,11-2,16
Полиметилметакрилат	2,2-2,3
СЭП (сополимер этилена с пропиленом)	1,18-1,2
Винипласт листовой	0,93-0,95
Сополимер винилхлорида с винилацетатом	1,35-1,40
Полиуретан	1,34
Пресс-порошки на связующем новолачного или резольного типа	1,2
Полиамид	1,4
Полиэпоксиды	1,19-1,23
Полиэтилен	0,92-0,96

Плотность пластических масс определяют взвешиванием стандартных брусков размером 120x15x10 мм. Для этого брусок, имеющий комнатную

температуру, подвешивают на тонкой медной проволоке и взвешивают на специально приспособленных весах с точностью до 0,01 г. Затем его полностью погружают в стакан с дистиллированной водой комнатной температуры и взвешивают в воде с той же точностью.

При определении плотности материала следует учитывать, что вес бруска в воздухе отличается от его веса в воде на величину выталкивающей силы воды: $F = m_в g$,

где $m_в$ – масса воды в объеме погруженного в нее тела;

g — ускорение силы тяжести.

Отношение веса бруска в воздухе к разнице весов бруска в воздухе и в воде $[mg / (m_в g) = m / m_в]$ есть относительная плотность исследуемого материала $[d = m / m_в]$. Умножив относительную плотность d на плотность воды при данной температуре $[\rho_в]$ (табл. 7), вычисляют плотность материала $[\rho = d \rho_в]$.

Порядок выполнения опыта:

1. Получите у лаборанта два стандартных образца, изготовленных из одного материала.
2. Подвесьте брусок на тонкой медной проволоке и взвесьте их с точностью до 0,01 г.
3. Стакан с дистиллированной водой взвесьте и поставьте под висящий брусок, который затем полностью погрузите в стакан.
4. Взвесьте брусок в воде.

Таблица 7

Плотность воды при различной температуре

Температура, °С	Плотность, г/см ³
15	0,9991
16	0,9989
17	0,9988
18	0,9986
19	0,9984
20	0,9982
21	0,9980
22	0,9978
23	0,9975
24	0,9973
25	0,9970

5. Запишите результаты опыта в следующем порядке:

- номер образца;
- масса разновесов при определении веса бруска в воздухе m (в г);
- масса разновесов при определении веса бруска в воде m_1 (в г);
- масса воды в объеме бруска $m_в = m - m_1$ (в г);

- относительная плотность исследуемого материала d ;
- плотность воды при температуре опыта ρ_v (в г/см³);
- плотность исследуемого материала ρ (в г/см³);
- среднее значение двух измерений $\rho_{ср}$ (в г/см³);
- плотность материала, взятая из таблицы (в г/см³).

Опыт 6. Определение содержания летучих веществ.

Летучие вещества и влагу удаляют из образца при его нагревании до 103-105 °С. В полимерах, подвергаемых переработке прессованием, литьем под давлением и другими методами, необходимо знать содержание летучих веществ, так как они вызывают появление волнистости, разводов, вздутий, пузырей и трещин на изделии. Содержание летучих веществ выражают в процентах.

Получите у лаборанта материал для определения содержания летучих примесей и бюкс с крышкой (диаметр бюкса ~ 40 мм). Взвесьте бюкс с крышкой с точностью до 0,01 г (m_1), насыпьте в него примерно 5 г исследуемого материала, закройте крышкой и снова взвесьте с той же точностью (m_2). По разности измерений определите массу навески (m_3). Поместите открытый бюкс с навеской в термошкаф (температура 103—105 °С) на 30 мин, после чего охладите его в эксикаторе, закройте крышкой и снова взвесьте (m_4). По разности измерений определите массу навески после термообработки (m_5). Результаты опыта запишите в табл 8.

Таблица 8

Экспериментальные данные для определения содержания летучих веществ

Масса бюкса с крышкой m_1 , г	Масса бюкса с крышкой и навеской, г		Масса навески, г		Содержание летучих веществ, % $X = [(m_3 - m_5)/m_3] \cdot 100$
	до термообработки m_2	после термообработки m_4	до термообработки m_3	после термообработки m_5	

Основные физико-механические свойства аморфных и кристаллических полимеров, химические свойства и превращения полимеров.

Цель работы: получить студни из растворов полимеров и изучить их свойства.

Опыт 1. Высаливание белков серноокислым аммонием

К 30 каплям раствора белка добавляют 30 капель насыщенного раствора

сернокислого аммония, перемешивают. Получается полунасыщенный раствор сернокислого аммония, в котором выпадает осадок глобулинов. Через 5 минут содержимое пробирки фильтруют. В фильтрате остается другой белок - альбумин. К фильтрату добавляют тонкоизмельченный порошок сернокислого аммония до полного насыщения, т.е. до тех пор, пока новая порция порошка останется нерастворенной. Выпадает осадок альбумина. Альбумин отфильтровывают. Проверяют фильтрат на отсутствие белка с помощью биуретовой реакции. (Биуретовая реакция: 5 капель раствора NaOH (2 моль/л) + 3 капли раствора CuSO_4 (0,2 моль/л) – розово-фиолетовое окрашивание – положительная реакция). Сделайте вывод, на чем основано высаливание белка и разделение его на фракции.

Опыт 2. Влияние анионов на желатинирование

В три пробирки приливают по 5 мл теплого 3% раствора желатина, затем в одну пробирку прибавляют 1 мл дистиллированной воды, в другую – 1 мл K_2SO_4 (1 моль/л), в третью – 1 мл NH_4CNS (1 моль/л). Содержимое пробирок перемешивают, ставят на 10 мин в водяную баню с температурой 40°C, затем охлаждают до 10% (перенести в охлаждающую смесь). Отмечают время желатинирования. Данные заносят в таблицу 9.

Таблица 9

3% раствор желатина	Прибавляемая жидкость	Время желатинирования	Выводы
1) 5 мл	1 мл H_2O		
2) 5 мл	1 мл р-ра K_2SO_4		
3) 5 мл	1 мл р-ра NH_4CNS		

На основании данных опыта объясните влияние анионов на желатинирование.

Опыт 3. Влияние кислот и щелочей на студнеобразование

В три пронумерованных пробирки вносят по 5 мл теплого 3 %-ного раствора желатины. Затем приливают по 1 мл – в первую пробирку дистиллированную воду, во вторую - 0,1 М раствора HCl , в третью – 0,1 М раствора NaOH . Содержимое пробирок тщательно перемешивают и ставят на 10 мин в водяную баню с температурой 40-50 °С. После этого пробирки помещают в термостат с температурой +10÷15 °С; замечают время начала отсчета. Периодически вынимая пробирки из термостата, наблюдают за образованием студня. Моментом образования студня считают время, начиная с которого раствор желатины не выливается при переворачивании пробирки.

Данные опыта записывают в таблицу 10 и, вычисляют время застудневания каждого раствора.

Таблица 10

№ пробирки	Объем 3 %-го р-ра желатина, мл	Прибавляемый р-р, мл	Время образования студня	Время застудевания, мин
1	5	H ₂ O		
2	5	HCl		
3	5	NaOH		

Опыт 4. Кольца Лизеганга

1. Готовят теплый раствор желатина (2-3 г желатина в 100 мл воды). После того, как желатин растворяется, там же растворяют 10 г дихромата калия. Полученный раствор выливают тонким слоем на дно чашки Петри. В центр застывшего на стекле слоя желатина, содержащего 10% дихромата калия, помещают большую каплю концентрированного водного раствора нитрата серебра AgNO₃ (90 г соли в 100 мл воды). Через несколько дней в слое желатина появляются концентрические кольца красно-бурого цвета. В застывшем слое желатина происходит отложение колец из кристаллического дихромата серебра.

2. В большую стеклянную пробирку наливают 50 мл 10%-ного раствора желатина и добавляют туда 10 мл 1 н. раствора хлорида магния и 100 мл дистиллированной воды. Содержимое пробирки перемешивают и дают ей полностью остыть. После полного охлаждения поверх студня наливают концентрированный раствор аммиака слоем около 2 см, плотно закрывают пробирку резиновой пробкой (чтобы не улетучивался аммиак) и оставляют ее в вертикальном положении.

3. Перед проведением опыта готовят следующие растворы. Жидкое стекло состава Na₂O: SiO₂ = 1 : 3,5 по весу разбавляют дистиллированной водой до плотности 1,06 г/см³. В 300 мл 1 н. уксусной кислоты растворяют 0,58 г дихромата калия. Приготавливают также 0,5 н. раствор CuSO₄.

В два цилиндра наливают по 50 мл жидкого стекла, а затем добавляют в них по 50 мл раствора CH₃COOH, содержащего K₂Cr₂O₇. После застудневания кремниевой кислоты поверх студня наливают 0,5 н. раствор CuSO₄ толщиной около 2 см. Оба цилиндра оставляют до следующего занятия.

Контрольные вопросы

- Какие системы называются студнями, гелями, ксерогелями? Факторы, влияющие на студнеобразование.
 - Способы получения гелей и их применение.
- Термодинамика процессов старения системы (самостоятельная работа)

студентов).

Химические реакции, сопровождающиеся изменением степени полимеризации.

Вязкостью (или внутренним трением) называют свойство жидкостей оказывать сопротивление действию внешних сил, вызывающих их течение. Растворы ВМС имеют значительно большую вязкость по сравнению с растворами низкомолекулярных веществ. **Аномально высокая вязкость** растворов ВМС объясняется наличием в их растворах надмолекулярных структур (отдельных сегментов), ориентирующихся вдоль оси потока. При увеличении концентрации, а также при увеличении средней молекулярной массы вязкость растворов ВМС увеличивается.

Большая вязкость растворов ВМС зависит также от степени сродства между молекулами, например, силы сцепления гидрофильных молекул белков и полисахаридов с молекулами воды очень высоки, и вязкость их растворов будет высокой.

Увеличение вязкости, связанное с изменением концентрации при растворении полимера характеризуется **удельной вязкостью**:

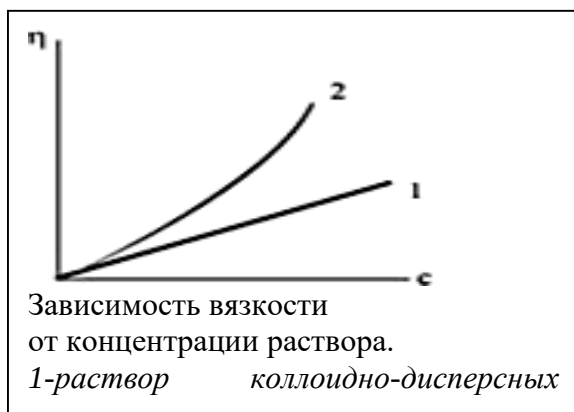
$$\eta_{уд} = \frac{\eta_c - \eta_0}{\eta_0},$$

где η_c – вязкость раствора; η_0 – вязкость чистого растворителя.

Штаудингером установлена зависимость удельной вязкости от молекулярного веса полимера.

$$\eta_{уд} = \kappa M c$$

где κ – константа, определяемая экспериментально; c – концентрация вещества в растворе; M – молекулярная масса.



По преобразованному уравнению Штаудингера отношение $\frac{\eta_{уд}}{c} = \kappa M$ называется **приведенной вязкостью**.

Предел $\frac{\eta_{уд}}{c}$ при $c \rightarrow 0$ именуется **характеристической вязкостью** $[\eta]$:

$$[\eta] = \kappa M^\alpha$$

α - показатель степени, изменяется в пределах $\frac{1}{2} \leq \alpha \leq 1$, где $\alpha = \frac{1}{2}$ для гибких (глобулы) и $\alpha = 1$ для жестких (палочки) полимеров.

По величине $[\eta]$ можно определить молекулярный вес полимера:

$$M^\alpha = [\eta]/k$$

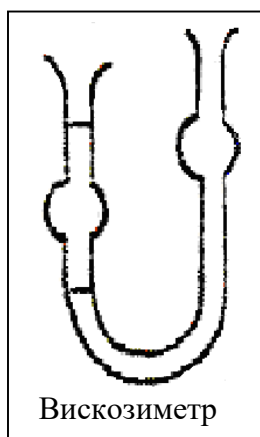
Определение относительной вязкости растворов ВМС

Величину вязкости растворов ВМС можно определить различными методами. Прибором для определения вязкости служит вискозиметр.

С помощью вискозиметра можно определить вязкость по скорости истечения жидкости, измеряя время истечения определенного объема жидкости, протекающей через капилляр. Отношение вязкости исследуемой жидкости к вязкости воды называется

относительной вязкостью (η).

Наливают в широкое колено вискозиметра 10 мл дистиллированной воды. В узком колене вискозиметра засасывают воду в капилляр вискозиметра выше верхней отметки и пережимают шланг. Осторожно отпускают



пережатый шланг и внимательно следят за опусканием уровня воды в капилляре вискозиметра. Как только уровень воды достигнет верхней отметки, пережатый шланг отпускают и начинают отсчет времени с помощью секундомера. Заканчивают отсчет времени, когда уровень воды достигнет нижней метки вискозиметра. Измерение времени истечения воды в секундах проводят три раза и берут среднее значение. Данные заносят в таблицу.

Опыт 1. Определение относительной вязкости растворов ВМС.

Наливают в широкое колено вискозиметра 10 мл дистиллированной воды. В узком колене вискозиметра засасывают воду в капилляр вискозиметра выше верхней отметки и пережимают шланг. Осторожно отпускают пережатый шланг и внимательно следят за опусканием уровня воды в капилляре вискозиметра. Как только уровень воды достигнет верхней отметки, пережатый шланг отпускают и начинают отсчет времени с помощью секундомера. Заканчивают отсчет времени, когда уровень воды достигнет нижней метки вискозиметра. Измерение времени истечения воды в секундах проводят три раза и берут среднее значение. Данные заносят в таблицу.

Опыт 2. Определение вязкости раствора желатина при различных значениях pH среды.

Приготавливают серию растворов:

а) 5 мл 3% раствора желатины + 5 мл дистиллированной воды (pH = 5,5);

б) 5 мл раствора желатины + 5 мл раствора HCl с $C = 0,01$ моль/л ($pH = 2,5$);

в) 5 мл раствора желатина + 5 мл раствора NaOH с $C = 0,02$ моль/л ($pH = 12,0$).

Растворы в пробирках тщательно перемешивают и приступают к определению вязкости вискозиметром.

Заполняют вискозиметр сначала первым раствором и проводят измерения времени истечения его из капилляра вискозиметра от верхней метки до нижней (3 раза). Берут среднее значение, затем выливают раствор, вискозиметр промывают дистиллированной водой несколько раз, после чего его заполняют вторым раствором и т.д. Полученные данные вносят в таблицу.

Опыт 3. Определение вязкости раствора желатина в присутствии различных электролитов лиотропного ряда.

Приготавливают серию растворов:

а) 5 мл 3% раствора желатина + 5 мл 1 М (моль/л) раствора NH_4CNS ;

б) 5 мл раствора желатина + 5 мл дистиллированной воды;

в) 5 мл раствора желатина + 5 мл 1 М раствора K_2SO_4 .

Растворы тщательно перемешивают и последовательно определяют время истечения их из капилляра вискозиметра, повторяя каждое определение 3 раза и взяв среднее значение. После каждого раствора вискозиметр промывают несколько раз дистиллированной воды. Полученные данные заносят в таблицу 11.

Таблица 11

№ пробирки	3% раствор желатина	Прибавляемая жидкость	Время желатинирования	Выводы
1	1. 5 мл	1 мл H_2O		
2	5 мл	1 мл р-ра K_2SO_4		
3	5 мл	1 мл р-ра NH_4CNS		

Расчет величины относительной вязкости проводится по формуле:

$$\eta_x = \eta_{H_2O} \frac{t_x}{t_{H_2O}} \cdot \frac{\rho_x}{\rho_{H_2O}}$$

где η_x – относительная вязкость измеряемого раствора;

η_{H_2O} – вязкость воды равная 0,0102 пуаз;

t_x , t_{H_2O} – время в сек. истечения через капилляр соответственно исследуемой жидкости и воды;

ρ_x – плотность раствора желатина = 0,998 г/см³;

ρ_{H_2O} – плотность дистиллированной воды = 1,0 г/см³.

Сделать вывод о влиянии pH и анионов лиотропного ряда на относительную вязкость раствора желатина. Дать объяснение.

Опыт 4. Влияние температуры на вязкость

Измеряют вязкость 0,5-процентного золя желатина при 0°, для чего вискозиметр с раствором желатина помещают в смесь воды и льда; после того как жидкость в вискозиметре примет температуру воды (20 минут), производят измерение. Затем определяют время истечения жидкости, поместив вискозиметр в воду при 20, 40 и 60 °С. Вычерчивают кривую изменения вязкости в зависимости от температуры.

Контрольные вопросы

4. Чем объясняется аномальная вязкость растворов ВМС? Влияют ли на величину вязкости условия приготовления растворов?
5. От каких факторов зависит вязкость жидкостей? Почему отдельные анионы оказывают влияние на вязкость?
6. Сущность измерения вязкости по методу Стокса (самостоятельная работа студентов).

Блок- и привитая сополимеризация. Ценная деполимеризация. Вулканизация каучуков.

Цель работы: получить каучук и изучить его свойства.

Реактивы и оборудование: стеклянная пластина (обработанная спиртом), термометр, водяная баня, термостат, цилиндр.

Опыт 1. Извлечение млечного сока из растений.

Каучук содержится в ряде растений и легко может быть извлечен из них. Для извлечения каучука из фикуса отрезают 1-2 листа, выделившийся их черешков млечный сок собирают в пробирку. К собранным каплям сока приливают немного воды и вносят 0,5 г CaCl_2 или сернокислого аммония. Смесь встряхивают, затем по каплям добавляют спирт, пока каучук не начнет выделяться на поверхности раствора в виде хлопьев. Хлопья каучука, извлеченные из раствора стеклянной папочкой, растягивают при помощи пинцета. Образуются тонкие длинные нити каучука. Полученные хлопья каучука переносят стеклянной палочкой в три пробирки и добавляют по 2-3 мл растворителя (бензола, бензина, хлороформа).

Оставшийся раствор после получения каучука делят на две части. К первой части раствора приливают бромную воду или раствор перманганата калия. Исчезновение окраски указывает на неопределенный характер каучука. Напишите уравнение реакции.

Другую часть раствора осторожно выпаривают на часовом стекле. После удаления растворителя обнаруживается эластичная пленка каучука. Что доказывает данный опыт?

Опыт 2. Отношение каучука и резины к растворителям.

Невулканизированный каучук растворяется во многих органических растворителях, вулканизированный каучук (резина) в той или иной степени растворяет в себе эти вещества, от чего увеличивается в объеме (как говорят «набухает»).

В две пробирки с бензином или бензолом помешают по кусочку сырого (невулканизированного) каучука и резины (от резиновой пробки или галоши). Пробирки закрывают корковыми пробками и ставят для дальнейшего наблюдения. Через некоторое время обнаруживают, что в одной пробирке каучук растворяется, а в другой пробирке резина набухает. Что доказывает данный опыт?

Опыт 3. Взаимодействие с бромом.

Вследствие наличия двойных связей каучук легко присоединяет галогены. Этим объясняется, например, затвердение каучуковых пробок и трубок при работе с галогенами.

Готовят раствор сырого (невулканизированного) каучука в бензине (свободного от непредельных соединений) или в бензоле (что удобнее, т.к. он обычно не требует предварительной очистки). Это может быть достигнуто кипячением тонко нарезанных кусочков каучука с растворителем в колбе с обратным холодильником или настаиванием (без нагревания) в течение нескольких суток. В пробирку с раствором каучука приливают раствор брома в бензоле. При встряхивании смеси окраска брома исчезает. (Для опыта можно использовать также бромную воду). Объясните причину исчезновения окраски? Отметьте скорость ее протекания по сравнению с аналогичной реакцией для натурального каучука?

Опыт 4. Разложение каучука при нагревании.

Каучук при нагревании разлагается на продукты с меньшим молекулярным весом. Образующиеся вещества обладают свойствами непредельных соединений. Основным продуктом разложения каучука – изопрен.

В пробирке с отводной трубкой нагревают немного каучука. Образующиеся парообразные продукты отводят в пробирку – приемник, охлаждаемую в стакане с холодной водой, где они конденсируются. В пробирку – приемник налейте 1,5-2 мл бромной воды или раствор перманганата калия и периодически её взбалтывайте. Когда соберется немного конденсата произойдет обесцвечивание жидкости. Напишите все необходимые уравнения реакции.

Опыт 5. Отношение каучука и резины к нагреванию.

Доведите водяную баню до кипения и продолжая нагревать, поместите в неё на 5 мин полоски каучука и резины. Затем выньте тигельными щипцами полоску резины и быстро растяните её. Тоже сделайте с полоской каучука. Полоска каучука после размягчения сильно растягивается, теряет эластичность, полоска резины остается без изменений.

Таким образом, каучук термопластичен, резина же нет, она имеет большую термическую и механическую стойкость. Эти свойства каучука и резины объясняются их различной структурой. Какой?

Опыт 6. Открытие серы в вулканизированном каучуке.

При сильном нагревании вулканизированного каучука сера выделяется из него в виде сероводорода и может быть обнаружена солями свинца.

В пробирке нагревают несколько кусочков резины. В выделяющиеся пары вносят бумажку, смоченную раствором азотнокислого $Pb(NO_3)_2$ или уксуснокислого свинца $Pb(CH_3COO)_2$. Бумажка чернеет. Продукты термического разложения резины можно пропустить также в раствор соли свинца. Образуется черный осадок PbS . Невулканизированный каучук (если он не загрязнен) в подобных условиях не образует осадка сернистого свинца.

Опыт 7. Выделение каучука из резинового клея.

Резиновый клей представляет собой 4% раствор каучука в бензине. На стеклянную пластинку тонким слоем налейте резиновый клей и нагрейте её на кипящей водяной бане. При этом бензин испаряется и на стекле остается желтая пленка каучука, которая легко скатывается в стерженек. О чем свидетельствует данный опыт?

С выделенным каучуком проведите опыты на эластичность, растворимость в органических растворителях, термопластичность.

Природные органические биополимеры: пептиды, белки.

Цель работы: изучить качественные реакции моносахаридов, как мономеров высокомолекулярных соединений – полисахаридов; изучить свойства ди- и полисахаридов.

Реактивы и оборудование: 1%-ный раствор глюкозы, 1%-ный раствор фруктозы, 5%-ный раствор сульфата меди (II), 10%-ный раствор гидроксида натрия, 5%-ный раствор нитрата серебра, 10%-ный раствор аммиака, 1%-ный раствор резорцина, 1%-ный раствор сахарозы, 1%-ный раствор лактозы, 2%-ный раствор сульфата меди (II), 0,5%-ый крахмальный клейстер, 10%-ный

раствор серной кислоты, разбавленный водный раствор йода, индикаторная бумага, пипетки, пробирки, электроплитки, газовые горелки, водяные бани, предметные стекла.

Опыт 1. Доказательство наличия диольного фрагмента в глюкозе.

В пробирку помещают 0,5 мл 1%-ного раствора глюкозы, 3 мл 10%-ного раствора гидроксида натрия и по каплям добавляют 5%-ный раствор сульфата меди (II). Встряхните пробирку. Образующийся вначале осадок гидроксида меди (II) быстро растворяется с образованием ярко-синего раствора. Сохраните этот раствор для следующего опыта.

Опыт 2. Окисление моносахаридов гидроксидом меди (II) - проба Троммера.

К раствору, полученному в предыдущем опыте, добавьте 1 мл воды и разделите на две пробирки. Одну из них нагрейте над пламенем горелки до кипения, но не кипятите. Цвет раствора меняется от синего до жёлто-оранжевого, и образуется осадок (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 3. Реакция «серебряного зеркала».

В сухую и чистую пробирку поместите 0,5 мл 5%-ного раствора нитрата серебра, прибавьте 1 мл 10%-ного раствора NaOH и приблизительно столько же 10%-ного раствора аммиака до растворения осадка гидроксида серебра. Образовавшийся раствор называется *реактивом Толленса*. Добавьте к полученному реактиву 0,5 мл раствора глюкозы и слегка нагрейте пробирку на электроплитке или газовой горелке до появления окрашивания. Далее реакция идёт без нагревания, и металлическое серебро осаждается на стенках пробирки в виде зеркального налёта или выпадает в виде тёмного осадка.

Опыт 4. Качественная реакция на фруктозу - проба Селиванова (работа проводится под тягой!)

В две пробирки поместите по 1 мл 1%-ного раствора резорцина и конц. соляной кислоты. В пробирку №1 добавьте 1 мл раствора фруктозы, в пробирку №2 - такое же количество раствора глюкозы. Обе пробирки осторожно нагревают на электроплитке. В пробирке №1 раствор становится красным, в то время как в пробирке №2 заметных изменений окраски не происходит.

Опыт 5. Отсутствие восстановительной способности у сахарозы

В пробирку поместите 0,5 мл 1%-го раствора сахарозы и 3 мл 10%-го раствора гидроксида натрия. Смесь разбавьте 3 мл воды и добавьте 1 мл 2%-го раствора сульфата меди (II). Образовавшийся раствор комплексной соли меди (II) с сахарозой имеет интенсивно синий цвет. Разделите раствор по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения, но не кипятите. Изменения цвета не происходит (сравните с пробиркой, которую не нагревали).

Опыт 6. Восстановительная способность лактозы

Аналогично предыдущему, проделайте опыт с 0,5 мл 1%-го раствора лактозы. Полученный синий раствор комплексной соли меди (II) с лактозой разделите по двум пробиркам. Одну из них нагрейте до кипения. Цвет раствора меняется на желто-оранжевый, и образуется осадок. Вспомните, что у глюкозы наблюдался такой же результат, тогда как у сахарозы в тех же условиях изменения цвета не отмечалось.

Опыт 7. Качественная реакция на крахмал

В пробирку поместите 3 мл 0,5%-го крахмального клейстера и несколько капель раствора йода, разбавленного водой до светло-желтой окраски. Раствор приобретает синюю окраску. Нагрейте пробирку - окраска исчезает; при охлаждении раствора окраска появляется вновь.

Опыт 8. Качественные реакции на углеводы.

А. Реакция углеводов с α -нафтолом (реакция Молина)

В две пробирки наливают по 1 мл воды и вносят небольшое количество углеводов: в одну пробирку – сахарозу (или глюкозу), в другую – крахмал (или целлюлозу). Затем в каждую пробирку добавляют 1 -2 капли 15%-ного спиртового раствора α -нафтола и, наклонив пробирку, по стенкам из пипетки осторожно приливают по 1 мл концентрированной серной кислоты. Образуются два слоя: внизу – серная кислота, сверху – водный слой. Через небольшой промежуток времени на границе двух слоев появляется окрашенное кольцо, сначала зеленоватого цвета, потом фиолетовое.

Реакция с α -нафтолом – качественная реакция на углеводы. При взаимодействии с концентрированной серной кислотой углеводы разлагаются, наряду с другими продуктами разложения образуется фурфурол и его производные: они конденсируются с α -нафтолом с образованием окрашенных продуктов. Напишите уравнения реакции дегидратации D-глюкозы (образование оксиметилфурфуrola).

Б. Реакция высших полисахаридов с реактивом Фелинга.

В две пробирки наливают по 1-1,5 мл 1%-ного крахмального клейстера и 1 %-ного раствора гликогена (животный крахмал) и добавляют равный объем реактива Фелинга. Жидкости перемешивают и нагревают верхнюю часть растворов до начинающегося кипения.

Изменяется ли окраска растворов? Объясните опыт.

В. Реакция с йодом.

В две пробирки наливают по 1 мл 1 %-ных растворов крахмального клейстера и гликогена и затем добавляют по несколько капель сильно разбавленного водой раствора йода в KI. В пробирке с растворами появляется интенсивное окрашивание. Какое? При нагревании этого раствора до кипения окраска исчезает, при охлаждении раствора снова появляется. Объясните почему?

Иодкрахмальная реакция применяется в аналитической химии для

открытия как крахмала, так и иода. Крахмал широко применяется в качестве индикатора в иодометрии.

Г. Реакция на пентозаны (образование фурфурола). (Тяга!)

В пробирку вносят сухие древесные опилки (высота слоя 1-1,5 см) и добавляют соляную кислоту (1:1) в таком количестве, чтобы она покрыла опилки. На полоску фильтровальной бумаги наносят 1-2 капли анилина и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты (в то же пятно). Смоченную уксуснокислым анилином фильтровальную бумагу подносят к отверстию пробирки и кипятят смесь опилок с соляной кислотой. Фурфурол, содержащийся в выделяющихся парах, образует на бумаге яркое розово-красное пятно. Для отгонки фурфурола, летучего с водяным паром, пробирку закрывают изогнутой газоотводной трубкой, ее конец опускают в пустую пробирку-приемник, охлаждаемую в стакане с ледяной водой. Отгоняют несколько капель водной эмульсии фурфурола. В пробирку-приемник добавляют каплю анилина и 1 каплю ледяной уксусной кислоты. Появляется окрашивание.

Объясните опыт и напишите уравнения следующих реакций: гидролиз пентозанов, дегидратация пентоз (образование фурфурола).

Опыт 9. Кислотный гидролиз крахмала.

В коническую колбу емкостью 50 мл наливают 20-25 мл 1%-ного крахмального клейстера и 3-5 мл 10%-ного раствора серной кислоты. В 7-8 пробирок наливают по 1 мл очень разбавленного раствора йода в иодиде калия (светло-желтого цвета), пробирки ставят в штатив. В первую пробирку вносят 1-3 капли подготовленного для опыта раствора крахмала. Отмечают образовавшуюся окраску. Затем колбу нагревают на асбестовой сетке небольшим пламенем горелки. Через 30 с после начала кипения отбирают пипеткой вторую пробу раствора, которую вносят во вторую пробирку с раствором йода, после встряхивания отмечают цвет раствора. В дальнейшем отбирают пробы раствора через каждые 30 с и вносят их в последующие пробирки с раствором йода. Отмечают постепенное изменение окраски растворов при реакции с йодом. Занесите в таблицу изменение окраски в пробирках.

Таблица 1

№ пробирки	Время после начала опыта для внесения раствора I ₂ в KI							
	30 с	60 с	90 с	120 с	150 с	180 с	210 с	240с
Окраска в пробирках после внесения I ₂ в KI								

После того как реакционная смесь перестанет давать окраску с йодом, смесь кипятят еще 2-3 минуты, после чего ее охлаждают и нейтрализуют 10%-ным раствором гидроксида натрия, добавляя его по каплям до щелочной реакции среды (появления розовой окраски на фенолфталеиновой

индикаторной бумаге). Часть щелочного раствора переливают в пробирку, смешивают с равным объемом реактива Фелинга и нагревают верхнюю часть жидкости до начинающегося кипения. Выпадает ли красный осадок оксида меди (I)? Напишите уравнение реакции гидролиза крахмала, укажите промежуточные и конечный продукты. Объясните, почему в процессе гидролиза изменяется окраска гидролизата с йодом.

Опыт 10. Свойства целлюлозы.

А. Растворение целлюлозы в медно-аммиачном растворе (реактиве Швейцера).

В пробирку наливают 5 мл медно-аммиачного раствора (реактива Швейцера), опускают в него очень маленький кусочек гигроскопической ваты (целлюлозы) и тщательно перемешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой до полного растворения ваты. Получается вязкая прозрачная жидкость ярко-синего цвета. Получившийся раствор выливают тонкой струей в стакан, содержащий около 100 мл теплой воды, подкисленной 2-5 мл концентрированной серной кислоты. Целлюлоза выделяется из раствора в виде хлопьев. Способностью целлюлозы растворяться в реактиве Швейцера пользуются при производстве медно-аммиачного искусственного шелка.

Б. Получение растительного пергамента (амилоида).

В три фарфоровые чашки наливают: в первую 80%-ный раствор серной кислоты, во вторую – дистиллированную воду, в третью – 5%-ный раствор аммиака. В раствор серной кислоты опускают на 8-10с среднюю часть полоски фильтровальной бумаги (10х3 см), сухие концы бумаги держат в руках. Избыток кислоты быстро сливают в ту же фарфоровую чашку, промывают участок бумаги, обработанный кислотой, в воде, налитой во вторую чашку. Затем нейтрализуют остатки кислоты разбавленным раствором аммиака. Просушивают полученный растительный пергамент между листами фильтровальной бумаги и сравнивают вид и прочность обработанного кислотой участка бумаги с необработанным. Наносят каплю разбавленного раствора йода на обработанный кислотой участок бумаги. Какая получается окраска? Объясните опыт.

В. Кислотный гидролиз целлюлозы.

В сухую коническую колбу емкостью 50-100 мл помешают немного очень мелко нарезанных кусочков фильтровальной бумаги (целлюлозы) и смачивают их концентрированной серной кислотой. Тщательно перемешивают содержимое колбы стеклянной палочкой до полного разрушения бумаги и образования бесцветного вязкого раствора. После этого к нему добавляют небольшими порциями при перемешивании 15-20 мл воды (*осторожно!*), колбу соединяют с воздушным обратным холодильником и кипятят реакцию смесь 20-30 мин, периодически перемешивая. После

окончания гидролиза отливают 2-3 мл жидкости, нейтрализуют ее сухим карбонатом натрия, добавляя его небольшими порциями (жидкость вспенивается), и обнаруживают присутствие восстанавливающих сахаров реакцией с реактивом Фелинга. Напишите уравнение реакции гидролиза целлюлозы и взаимодействие гидролизата с реактивом Фелинга. Объясните опыт.

Г. Реакция целлюлозы со щелочью.

В небольшой стакан наливают 40%-ный раствор гидроксида натрия и опускают в него полоску фильтровальной бумаги. Вторую полоску такого же размера опускают в стакан с водой (контрольный образец). Через 5-7 мин полоски бумаги вынимают. Образец, который был в воде, отжимают в фильтровальной бумаге. Второй образец – из стакана с раствором гидроксида натрия – промывают водой мытую полоску, отжимают в фильтровальной бумаге. Когда обе бумажные полоски высохнут, сравнивают их длину и плотность.

Д. Получение и свойства нитратов целлюлозы. (Тяга!)

В небольшую колбу наливают 4 мл концентрированной азотной кислоты и осторожно при перемешивании добавляют 8 мл концентрированной серной кислоты. Разогревшуюся смесь несколько охлаждают и погружают в нее с помощью стеклянной палочки небольшой комочек гигроскопической ваты. Реакционную смесь периодически перемешивают палочкой и нагревают на водяной бане (температура воды 60-70 °С) в течение 5 минут. Затем вату вынимают и тщательно промывают водой сначала в стакане, а потом в струе воды под водопроводным краном. Избыток воды отжимают в фильтровальной бумаге, вату разрыхляют и высушивают в фарфоровой чашке на кипящей водяной бане. В условиях опыта получается преимущественно динитрат целлюлозы – коллоксилин. Напишите схему образования динитрата целлюлозы (формулу фрагмента молекулы целлюлозы напишите по Хеуорсу). Почему часто употребляемое название «нитроцеллюлоза» неверно?

Высушенный волокнистый нитрат целлюлозы (светло-желтого цвета) делят на три части. Одну часть кладут на асбестовую сетку и поджигают. Рядом поджигают кусок гигроскопической ваты (целлюлозы). Отмечают разницу в характере горения этих двух образцов.

Вторую часть коллоксилиновой ваты помещают на дно сухой пробирки и нагревают ее в пламени горелки. Коллоксилин при нагревании разлагается со взрывом и вылетает из пробирки (*Осторожно! Отверстие пробирки должно быть повернуто к стене*).

Третью часть коллоксилина растворяют при помешивании палочкой в смеси этилового спирта и диэтилового эфира (1:3). Образуется вязкий раствор – коллодий. Часть коллодия выливают на предметное стекло; после испарения растворителя остается твердая пленка. Ее вносят тигельными щипцами в

пламя горелки. Пленка коллодия сгорает медленнее, чем коллоксилиновая вата.

Опыт 11. Некоторые свойства хлопкового и искусственных волокон.

Наливают в четыре пробирки по 1,5-2 мл:

в 1-ю концентрированной азотной кислоты, 2-ю – 25%-ного раствора серной кислоты, 3-ю – 10%-ного раствора гидроксила натрия, 4-ю – ацетона.

В каждую пробирку опускают небольшой кусочек вязкого волокна (или ткани). Размешивают содержимое пробирки стеклянной палочкой в течение 2-3 мин. Результаты опыта записывают в таблицу. Опыт повторяют с образцами ацетатного и хлопкового волокна. Можно ли чистить платья из вязкого и ацетатного шелка ацетоном?

Для определения отношения волокон к нагреванию помещают образцы исследуемых волокон на асбестовую сетку и поджигают их лучинкой (*Тяга!*). Результаты записывают в таблицу.

Таблица 2

Волокно	Отношение к действию				Характер горения
	HNO ₃ (конц.)	H ₂ SO ₄ (25%)	NaOH (10%)	Ацетон	
Хлопковое					
Вязкое					
Ацетатное					

Опыт 12. Качественное обнаружение пектиновых веществ (реакция Эрлиха).

Пектиновые вещества – высокомолекулярные соединения, широко распространенные в растениях. Относительная молекулярная масса пектиновых веществ колеблется от 50000 до 300000. Они являются цементирующими соединениями, своего рода клеем, скрепляющим растительные клетки; благодаря своим гидрофильным свойствам предохраняют растения от высыхания, положительно влияют на засухоустойчивость. Главная составная часть пектиновых веществ – полигалактуронозная, или пектиновая, кислота. Метилированная по карбоксильной группе полигалактуронозная кислота называется пектиновой кислотой или растворимым пектином. Характерным свойством пектина является его способность давать студни в присутствии кислоты. Это свойство широко используется в кондитерской промышленности.

3 г растительного материала (яблоки или сахарная свекла) нагревают в течение 30 мин с 10-20 объемами 1%-ного раствора серной кислоты в колбе с притертым холодильником при 145 °С на масляной бане. Затем гидролизат смешивают с избыточным количеством карбоната бария и нагревают на

кипящей водяной бане в течении 15 мин. Осадки сульфата бария и карбоната бария отфильтровывают, фильтрат упаривают. Раствор обрабатывают животным углем, фильтруют и смешивают с тремя объемами этилового спирта. Полученный хлопьевидный осадок отфильтровывают, растворяют в воде и смешивают с избытком ацетата свинца. Нагревание раствора на водяной бане при наличии галактуроновой кислоты дает кирпично-красный осадок.

Природные органические биополимеры: ди-, олиго-, полисахариды.

Молекулы ВМС имеют дифильный характер, так как содержат полярные ($-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{OH}$ и др.) и неполярные ($-\text{CH}_3$, $-\text{CH}_2$, $-\text{C}_6\text{H}_5$) функциональные группы.

Чем больше полярных радикалов в молекуле ВМС, тем лучше оно растворимо. Растворимость ВМС зависит от величины и формы их молекул – *глобулярная* (сферическая, компактные шарообразные образования [гликоген, пепсин, панкреатин]) и *фибрилярная* (линейная, малоразветвленная [желатин, целлюлоза, коллаген, полиакрилат натрия]).

Процесс растворения ВМС проходит в 2 стадии:

5. **Набухание** – самопроизвольный процесс поглощения ВМС больших объемов низкомолекулярной жидкости, сопровождающийся значительным увеличением. *Неограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит самопроизвольно. *Ограниченное набухание* – процесс перехода от набухания к растворению происходит при определенных факторах (например, повышение температуры способствует растворению).

6. Непосредственно **растворение** – диффузия молекул ВМС в растворитель.

Цель работы: изучить особенности свойств растворов высокомолекулярных соединений.

Реактивы и оборудование: крахмал, желатина, дистиллированная вода, яичный белок, ацетатный буфер, NaCl 0,1 М р-р, K_2SO_4 0,1 М р-р, CH_3COOH 1н. р-р., $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ крист., этиловый спирт безводный, термометр, химические пробирки, химические колбы, лабораторная плитка.

Опыт 1. Выделение тепла при набухании

В химический стакан наливают 5 мл дист. воды и измеряют её температуру при помощи термометра. Затем в этом стаканчике размешивают 5 г крахмала и наблюдают повышение температуры смеси.

Дайте объяснение наблюдаемому явлению.

Опыт 2. Влияние pH среды на набухание

В 5 пробирок (одинакового диаметра) вносят по 0.3 г желатина и наливают компоненты ацетатной буферной системы в количествах, указанных в таблице. Содержимое пробирок тщательно перемешивают. После оседания желатина полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка и оставляют на 30-40 мин (периодически перемешивая). По истечении указанного времени полоской миллиметровой бумаги измеряют высоту осадка набухшего желатина. Данные заносят в таблицу 3. На основании полученных результатов сделайте вывод о влиянии pH среды на набухание. Найдите ИЭТ и объясните наблюдаемые явления.

Таблица 3

№ пробирок	Состав буферной смеси		pH смеси	Высота осадка	
	0,1н CH_3COOH , мл	0,1н CH_3COONa , мл		До набухания , мм	После набухания, мм
1	9	1	3.8		
2	7	3	4.4		
3	5	5	4.8		
4	3	7	5.1		
5	1	9	5.7		

Опыт 3. Влияние анионов на набухание

В две пробирки (одинакового диаметра) наливают по 5 мл раствора NaCl и K_2SO_4 ($C = 0.1$ моль/л), добавляют приблизительно по 0.3 г желатина и осторожно встряхивают. Дают частицам желатина опуститься на дно и определяют высоту осадка. После этого несколько раз встряхивают пробирки и оставляют в покое на 30-40 мин. Затем встряхивают пробирки еще раз, дают осесть осадку и снова измеряют высоту уже набухшего осадка, повторяя каждое измерение дважды. Данные заносят в таблицу 4.

Таблица 4

Раствор	Высота осадка в мм		Выводы
	До набухания	После набухания	
NaCl			
K_2SO_4			

На основании данных опыта объясните влияние анионов лиотропного ряда на набухание ВМС.

Контрольные вопросы.

13. Классифицируйте различные ВМС по типу мономерных звеньев, пространственной структуре, элементному составу.

14. Охарактеризуйте виды структурной организации молекулы белка. Какие виды химических связей способствуют сохранению определенной структуры?

15. Какое состояние белка называют изоэлектрическим? Как можно определить изоэлектрическую точку?

16. Охарактеризуйте гликохолевую кислоту и ее Na^+ , K^+ соли с точки зрения возможных поверхностно-активных свойств.

17. Дайте понятие смешанным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

18. Сформулируйте требования к искусственным биополимерам (самостоятельная работа студентов).

Задача. Пороги коагуляции некоторого золя электролитами KNO_3 , MgCl_2 , NaBr равны соответственно 50,0; 0,8; 49,0 ммоль/л. Как относятся между собой величины коагулирующих способностей этих веществ? Укажите коагулирующие ионы. Каков знак заряда коллоидной частицы?

Задача. Полимер массой 2 г поместили в склянку с бензином. Через 20 мин полимер вынули из склянки и взвесили, масса стала 2,5 г. Рассчитайте степень набухания полимера в %. (*Ответ: 25%*).

Природные органические биополимеры: нуклеиновые кислоты.

Цель работы: изучить физические свойства и состав полимеров.

Опыт 1. Свойства полимеров.

В пробирку, в которой находится 2-3 см³ органического растворителя, поместите измельченный полимер (по указанию преподавателя). Затем встряхните пробирку и наблюдайте изменения.

Опыт 2. Отношение полимера к нагреванию.

Нагрейте несколько кусочков полимера на водяной бане. Являются ли полимеры термопластичными?

Опыт 3. Горение полимера.

Подожгите кусочек полимера, обратите внимание на слабое потрескивание при горении и на запах. Сравните горение разных полимеров.

Результаты опытов занесите в табл. 5

Таблица 5

Полимер	Растворимость					Отношение к нагрев.	Горение
	Бензол	Толуол	Этанол	CCl ₄	ацетон		

Напишите реакции получения используемых полимеров из соответствующих мономеров.

Опыт 4. Деполимеризация полимера полиметилметакрилата

Мелкие кусочки полимера поместите в пробирку. Постепенно нагревайте пробирку в пламени горелки и наблюдайте за внешними признаками деполимеризации полимера: образующийся при разложении полимера метилметакрилат конденсируется в пробирке-приемнике, охлаждаемой водой; образующиеся при деполимеризации побочные продукты окрашивают метилметакрилат в желтый цвет.

Полученный продукт деполимеризации разделите на две части. К одной части прилейте несколько капель бромной воды, а к другой — несколько капель перманганата калия. При этом наблюдайте обесцвечивание бромной воды и перманганата калия. Напишите схемы уравнений этих реакций.

Запишите формулу полиметилметакрилата и схему уравнения реакции деполимеризации; составьте схему уравнения реакции получения мономера – метилметакрилата – соответствующих кислоты и спирта.

Опыт 5. Определение плотности полимера

Полимеры – сравнительно легкие материалы, большинство из них в 5-6 раз легче металлов (табл. 6). Их плотность находится в пределах от 0,9 (полипропилен) до 2,3 г/см³ (полиметилметакрилат), плотность (объемная масса) поро- и пенопластов менее 1 г/см³.

Таблица 6

Плотность полимерных материалов

Полимерный материал	Плотность, г/см ³
Полиэтилен	0,92-0,96
Полипропилен	0,9
Полиизобутилен	0,9
Полистирол	0,91-0,93
Фторопласт	3 1,05-1,08
Фторопласт	4 2,11-2,16
Полиметилметакрилат	2,2-2,3
СЭП (сополимер этилена с пропиленом)	1,18-1,2
Винипласт листовой	0,93-0,95
Сополимер винилхлорида с винилацетатом	1,35-1,40
Полиуретан	1,34

Пресс-порошки на связующем новолачного или резольного типа	1,2
Полиамид	1,4
Полиэпоксиды	1,19-1,23
Полиэтилен	0,92-0,96

Плотность пластических масс определяют взвешиванием стандартных брусков размером 120x15x10 мм. Для этого брусок, имеющий комнатную температуру, подвешивают на тонкой медной проволоке и взвешивают на специально приспособленных весах с точностью до 0,01 г. Затем его полностью погружают в стакан с дистиллированной водой комнатной температуры и взвешивают в воде с той же точностью.

При определении плотности материала следует учитывать, что вес бруска в воздухе отличается от его веса в воде на величину выталкивающей силы воды: $F = m_g g$,

где m_g – масса воды в объеме погруженного в нее тела;

g — ускорение силы тяжести.

Отношение веса бруска в воздухе к разнице весов бруска в воздухе и в воде $[mg/(m_g g) = m/m_g]$ есть относительная плотность исследуемого материала $[d = m/m_g]$. Умножив относительную плотность d на плотность воды при данной температуре $[\rho_v]$ (табл. 7), вычисляют плотность материала $[\rho = d \rho_v]$.

Порядок выполнения опыта:

1. Получите у лаборанта два стандартных образца, изготовленных из одного материала.
2. Подвесьте брусок на тонкой медной проволоке и взвесьте их с точностью до 0,01 г.
3. Стакан с дистиллированной водой взвесьте и поставьте под висящий брусок, который затем полностью погрузите в стакан.
4. Взвесьте брусок в воде.

Таблица 7

Плотность воды при различной температуре

Температура, °C	Плотность, г/см ³
15	0,9991
16	0,9989
17	0,9988
18	0,9986
19	0,9984
20	0,9982
21	0,9980
22	0,9978
23	0,9975
24	0,9973

25	0,9970
----	--------

5. Запишите результаты опыта в следующем порядке:

- номер образца;
- масса разновесов при определении веса бруска в воздухе m (в г);
- масса разновесов при определении веса бруска в воде m_1 (в г);
- масса воды в объеме бруска $m_e = m - m_1$ (в г);
- относительная плотность исследуемого материала d ;
- плотность воды при температуре опыта ρ_v (в г/см³);
- плотность исследуемого материала ρ (в г/см³);
- среднее значение двух измерений $\rho_{ср}$ (в г/см³);
- плотность материала, взятая из таблицы (в г/см³).

Опыт 6. Определение содержания летучих веществ.

Летучие вещества и влагу удаляют из образца при его нагревании до 103-105 °С. В полимерах, подвергаемых переработке прессованием, литьем под давлением и другими методами, необходимо знать содержание летучих веществ, так как они вызывают появление волнистости, разводов, вздутий, пузырей и трещин на изделии. Содержание летучих веществ выражают в процентах.

Получите у лаборанта материал для определения содержания летучих примесей и бюкс с крышкой (диаметр бюкса ~ 40 мм). Взвесьте бюкс с крышкой с точностью до 0,01 г (m_1), насыпьте в него примерно 5 г исследуемого материала, закройте крышкой и снова взвесьте с той же точностью (m_2). По разности измерений определите массу навески (m_3). Поместите открытый бюкс с навеской в термощкаф (температура 103—105 °С) на 30 мин, после чего охладите его в эксикаторе, закройте крышкой и снова взвесьте (m_4). По разности измерений определите массу навески после термообработки (m_5). Результаты опыта запишите в табл 8.

Таблица 8

Экспериментальные данные для определения содержания летучих веществ

Масса бюкса с крышкой m_1 , г	Масса бюкса с крышкой и навеской, г		Масса навески, г		Содержание летучих веществ, % $X = [m_3 - m_5 / m_3] \cdot 100$
	до термообработки m_2	после термообработки m_4	до термообработки m_3	после термообработки m_5	

Литература.

1. Перечень основной литературы:

1. Кленин В. И., Федусенко И. В. Высокомолекулярные соединения / 2-е изд., испр. – М.: Изд-во «Лань», 2022. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-1473-4 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211184> (дата обращения: 30.04.2022).
2. Семчиков Ю. Д., Жильцов С. Ф., Зайцев С. Д. Введение в химию полимеров / 2-е изд., стер. – М.: Изд-во «Лань», 2022. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-1325-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210971> (дата обращения: 30.04.2022).

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Бахарева С. В. Химия высокомолекулярных соединений: учебно-методическое пособие для бакалавров / Оренбург.: Изд-во «Оренбургский государственный педагогический университет», 2021. – 88 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/179884> (дата обращения: 30.04.2022).
2. Апель П. Ю., Артошина О. В. Высокомолекулярные соединения: сборник лабораторных работ: учебное пособие / Дубна.: Изд-во «Государственный университет «Дубна»», 2016. – 66 с. – ISBN 978-5-89847-470-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/196879> (дата обращения: 30.04.2022).

3. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов при освоении дисциплины «Высокомолекулярные соединения»: Для студентов химического факультета направлений подготовки 04.03.01 – Химия / – Томск.: Изд-во «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 2014. – 114 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106166> (дата обращения: 30.04.2022).

4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины):

1. <http://www.xumuk.ru>
2. <http://www.chemport.ru>
3. <https://poznayka.org>
4. <https://studfiles.net>
5. <http://orgchemlab.com>
6. <https://elibrary.ru/>
7. <http://biblioclub.ru/>
8. <https://www.lektorium.tv>

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания по организации и проведению самостоятельной
работы студентов**
по дисциплине
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
Неорганическая и аналитическая химия

Ставрополь, 2026

Содержание

Пояснительная записка	3
Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы студентов	4
Критерии оценки самостоятельной работы студентов	6
Вопросы для собеседования по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»	8
Рекомендуемая литература	9

Пояснительная записка

Цель самостоятельной работы:

1. Систематизировать современные процессы интеграции Российского высшего образования в общеевропейскую и мировую образовательную практику; раскрыть сущность проблем организации учебно-воспитательного процесса на современном этапе развития высшего образования.
2. Подобрать такой дидактический материал для самостоятельной работы студентов, который бы позволил применить полученные знания на практике и развивать инициативу, активность и творческие способности.
3. Помочь обучающимся в формировании у них обоснованной гуманистической идеологии, в осмыслении с этих позиций новаторских и традиционных педагогических систем и педагогического опыта.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе дисциплины «Высокомолекулярные соединения». По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Основными **формами работы и контроля** являются:

Контрольная работа - форм проверки и оценки усвоенных знаний, получения информации о характере познавательной деятельности, уровня самостоятельности и активности студентов в учебном процессе, эффективности методов, форм и способов учебной деятельности. Эта форма самостоятельной работы студента выявляет умение применять теоретические знания на практике, помогает проверить усвоение курса перед экзаменом (зачетом).

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение

собственных взглядов на нее.

Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы студентов

Индивидуальное решение репродуктивных, реконструктивных и творческих заданий, позволяющих оценивать и диагностировать уровень обученности, уровень умений и навыков студентов по дисциплине

Для подготовки к выполнению задания следует изучить и проанализировать рекомендованную литературу и на их основании подготовиться к изложению темы.

При проверке задания оцениваются

- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных проблем темы;
- самостоятельность мышления, умение отстаивать свою позицию в ходе последующих дискуссий,
- самостоятельная и выразительная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики задания.

Собеседование - форма учебной деятельности, специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п., позволяющая оценить их умение аргументировать собственную точку зрения, предполагающая всестороннее обсуждение какого-либо вопроса, проблемы или сопоставлении информации, идей, мнений, предложений.

Принципиальные отличия заданий базового уровня от повышенного заключаются в большем объеме фактов и событий, в сравнительно-аналитическом характере изложения материала, его теоретической (методологической) составляющей.

Для подготовки к каждой теме следует изучить и законспектировать рекомендованные источники и научную литературу и на их основании подготовиться к указанным в методических материалах вопросам для обсуждения.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования указанными конспектами.

При проверке задания, оцениваются:

- активное участие в работе;
- уверенное владение материалом;
- умение четко и логично излагать свои мысли;
- умение творчески подходить к решению основных вопросов темы;
- самостоятельность мышления,

- полное соответствие конспекта установленным требованиям;
- самостоятельная устная речь, полностью раскрывающая суть проблематики собеседования.

Реферат – раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на нее.

Структура и содержание реферата

Структура реферата включает в себя следующие элементы:

- титульный лист;
- оглавление;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список литературы и источников;
- приложение.

Титульный лист – это информация о выходных данных вашей работы. Он является первой страницей научной работы и заполняется по строго определенным правилам. Титульный лист не нумеруется.

В *оглавлении* текста последовательно излагаются названия пунктов реферата с указанием страницы, с которой начинается каждый пункт. Заголовки оглавления должны точно повторять заголовки в тексте. Сокращать или давать их в другой формулировке, последовательности и соподчиненности по сравнению с заголовками в тексте нельзя. Заголовки одинаковых ступеней рубрикации необходимо располагать друг под другом. Заголовки каждой последующей ступени смещают на три–пять знаков вправо по отношению к заголовкам предыдущей ступени. Все заголовки начинают с прописной буквы без точки на конце. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце оглавления.

Введение к работе. Здесь обычно обосновываются актуальность выбранной темы, цель и содержание поставленных задач, формулируются объект и предмет исследования, указывается избранный метод (или методы) исследования.

Содержание глав основной части должно точно соответствовать теме реферата и полностью её раскрывать. Эти главы должны показать умение автора сжато, логично и аргументировано излагать материал. Важно понимать, что каждая глава должна представлять собой законченное произведение. Её следует начинать постановкой рассматриваемой задачи, а завершать четкими, аргументированными выводами. Все приводимые в работе данные обязательно следует сопровождать подстрочной ссылкой на

источник, описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов. Как правило, основная часть реферата состоит из 2–3 глав, которые в случае необходимости разбиваются на параграфы.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «*заключение*». Этот синтез – последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении.

После заключения помещается *библиографический список использованной литературы*, куда включаются оригинальные тексты, монографические исследования, научные статьи, учебные пособия и др. Каждый включенный в такой список литературный источник должен иметь отражение в тексте реферата. Если автор реферата делает ссылку на какие-либо заимствованные факты или цитирует работы других авторов, то он должен обязательно указать в подстрочной ссылке, откуда взяты приведенные материалы. Список литературы должен включать не менее 10 источников.

Объем реферата должен составлять не менее 20 страниц машинописного текста. Объем приложений не ограничивается.

Общие требования к оформлению реферата

Текст реферата должен быть напечатан на одной стороне стандартного листа белой бумаги формата А4 (210х297 мм) через полтора интервала (14 кегль) с применением черных чернил с полями вокруг текста. Размер левого поля 30 мм, правого – 10 мм, верхнего – 20 мм, нижнего – 20 мм. При таких полях каждая страница должна содержать приблизительно 1800 знаков (30 строк, по 60 знаков в строке, считая каждый знак препинания и пробел между словами также за печатный знак).

Текст перепечатывается в строго последовательном порядке. Не допускаются разного рода текстовые вставки и дополнения, помещаемые на отдельных страницах или на оборотной стороне листа, и переносы кусков текста в другие места. Все сноски и подстрочные примечания перепечатываются (через один интервал) на той странице, к которой они относятся. Все страницы нумеруются, начиная с титульного листа. Цифру, обозначающую порядковый номер страницы, ставят в правом углу верхнего поля листа (на первой и второй странице цифру, обозначающую порядковый номер, не ставят).

Приложение для рефератов являются желательным, но необязательным элементом. В приложение обычно входят различные таблицы, графики, схемы, рисунки и т.п. Приложения помещают после списка использованных библиографических источников в порядке их упоминания в тексте. Каждое приложение следует начинать с нового листа. Приложение не входит в параметры минимального объема работы

Критерии оценки самостоятельной работы студентов

Задания, выносимые на самостоятельную работу, оцениваются по шкале «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет делать выводы относительно возможного механизма реакции, причем не затрудняется с ответом при прогнозировании не только структурных, но и пространственных результатов важнейших реакций с участием органических соединений, показывает высокий уровень владения основными методами определения пространственного строения веществ в соответствии с программными требованиями, ответы на вопросы логически выстроены и убедительны.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент твердо знает материал, грамотно и по существу использует принципы конфигурационного и конформационного строения молекул, не допуская существенных неточностей, демонстрирует высокий уровень владения навыками изучения механизма реакции на основе современных физико-химических методов.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент показывает небольшое количество ошибок, не препятствующих общему пониманию механизма реакции, использует и знает взаимосвязь между пространственным строением молекул и механизмом реакций, отвечает на вопросы в основном полно при слабой логической оформленности высказывания.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные теоретические ошибки, не может логически правильно передать информацию.

Вопросы для собеседования по дисциплине «Высокомолекулярные соединения»

1. Основные определения в химии полимеров, их отличия от низкомолекулярных соединений. Значение ВМС в современном обществе.
2. Система классификации полимеров.
3. Синтез мономеров.
4. Изомерия ВМС.
5. Взаимосвязь химического строения мономера с его способностью к полимеризации.
6. Типы процессов полимеризации.
7. Радикальная цепная полимеризация.

8. Влияние примесей на ход радикальной полимеризации.
9. Катионная полимеризация.
10. Анионная полимеризация. Влияние природы щелочного металла на механизм процесса.
11. Ступенчатая полимеризация и поликонденсация.
12. Разновидности поликонденсации.
13. Побочные процессы при поликонденсации.
14. Отличительные особенности цепной полимеризации и поликонденсации.
15. Анионно-координационная полимеризация. Сравнение механизмов этого процесса.
16. Преимущества координационной полимеризации перед радикальной цепной полимеризацией.
17. Сополимеризация, общие понятия.
18. Блок- и привитые сополимеры.
19. Трёхмерные сшитые полимеры.
20. Полиолефины. Получение, свойства, применение.
21. Полистирол. Получение, свойства, применение.
22. Поливинилхлорид. Получение, свойства, применение.
23. Реактопласты. Получение, свойства, применение.
24. Химическая модификация эластомеров.
25. Молекулярно-массовые характеристики полимеров.
26. Конфигурация макромолекул.
27. Конформация макромолекул.
28. Физические свойства полимеров.
29. Связь свойств полимеров с их структурой.
30. Методы исследования полимеров.
31. Природные полимеры: полисахариды, белки, нуклеиновые кислоты, шёлк, шерсть, коллаген, целлюлоза, лигнин.
32. Полимерные композиционные материалы.
33. Виды переработки полимеров.
34. Деструкция синтетических полимеров.
35. Природные и синтетические полимеры. Значение для промышленности.

Литература.

1. Перечень основной литературы:

1. Кленин В. И., Федусенко И. В. Высокомолекулярные соединения / 2-е изд., испр. – М.: Изд-во «Лань», 2022. – 512 с. – ISBN 978-5-8114-1473-4 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/211184> (дата обращения: 30.04.2022).

2. Семчиков Ю. Д., Жильцов С. Ф., Зайцев С. Д. Введение в химию полимеров / 2-е изд., стер. – М.: Изд-во «Лань», 2022. – 224 с. – ISBN 978-5-8114-1325-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/210971> (дата обращения: 30.04.2022).

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Бахарева С. В. Химия высокомолекулярных соединений: учебно-методическое пособие для бакалавров / Оренбург.: Изд-во «Оренбургский государственный педагогический университет», 2021. – 88 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/179884> (дата обращения: 30.04.2022).

2. Апель П. Ю., Артошина О. В. Высокомолекулярные соединения: сборник лабораторных работ: учебное пособие / Дубна.: Изд-во «Государственный университет «Дубна»», 2016. – 66 с. – ISBN 978-5-89847-470-6 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/196879> (дата обращения: 30.04.2022).

3. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине:

1. Учебно-методическое пособие для самостоятельной работы студентов при освоении дисциплины «Высокомолекулярные соединения»: Для студентов химического факультета направлений подготовки 04.03.01 – Химия / – Томск.: Изд-во «Национальный исследовательский Томский государственный университет», 2014. – 114 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/106166> (дата обращения: 30.04.2022).

4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины):

1. <http://www.xumuk.ru>
2. <http://www.chemport.ru>
3. <https://poznayka.org>
4. <https://studfiles.net>
5. <http://orgchemlab.com>
6. <https://elibrary.ru/>
7. <http://biblioclub.ru/>
8. <https://www.lektorium.tv>