

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Г. Е. Степанцова, Н. П. Нефедова, Б. Ю. Воротников

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для
студентов, обучающихся в бакалавриате, по направлению подготовки
19.03.01 Биотехнология

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 547(076)

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры химии ФГБОУ ВО «КГТУ»
Воробьев В. И.

Степанцова, Г. Е.

Органическая химия: учеб.-методическое пособие по выполнению лабораторных работ для студ. обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология / Г. Е. Степанцова, Н. П. Нефедова, Б. Ю. Воротников. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 63 с.

В учебно-методическом пособии по изучению дисциплины «Органическая химия» представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, перечень лабораторных опытов по каждой изучаемой теме, вопросы для самоконтроля, список учебной литературы для направления подготовки 19.03.01 Биотехнология.

Табл. 5, список лит. – 12 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию кафедрой химии 20 июня 2022 г., протокол № 10

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ рекомендовано к изданию в качестве локального электронного методического материала методической комиссией института агроинженерии и пищевых систем ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 30 июня 2022 г., протокол № 8

УДК 547 (076)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Степанцова Г.Е., Нефедова Н. П.,
Воротников Б. Ю., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ....	5
2. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ.....	8
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	13
Лабораторная работа № 1	
Тема Некоторые теоретические представления в органической химии.....	13
Тема Углеводороды (алканы, алкены, алкины).....	19
Лабораторная работа № 2	
Тема Гидроксисоединения.....	23
Лабораторная работа № 3	
Тема Оксосоединения.....	28
Тема Карбоновые кислоты и их производные.....	31
Лабораторная работа № 4	
Тема Гидроксикислоты.....	36
Тема Аминокислоты.....	39
Лабораторная работа № 5	
Тема Цветные реакции на белки и аминокислоты.....	42
Тема Белки.....	47
Лабораторная работа № 6	
Тема Углеводы.....	52
Лабораторная работа № 7	
Тема Липиды.....	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	61

Введение

Целью освоения дисциплины «Органическая химия» является формирование у обучающихся современных знаний, умений и навыков по органической химии для использования при решении профессиональных задач; готовность использовать полученные знания, умения и навыки, при изучении последующих дисциплин естественнонаучного и профессионального циклов подготовки.

Задачами изучения дисциплины являются

- изучение принципов классификации, номенклатуры, способов получения, взаимосвязи между свойствами, строением и областями применения органических веществ;
- приобретение навыков проведения экспериментальных исследований, анализа полученных результатов и безопасной работы в лаборатории органической химии;
- формирование базовых знаний, умений и навыков для практического решения профессиональных задач.

Непременным условием успешного усвоения дисциплины «Органическая химия» является выполнение лабораторного практикума.

В результате освоения лабораторного практикума студент должен:

Знать: принципы классификации, номенклатуру, строение и свойства основных классов органических соединений; классификацию органических реакций; основные методы синтеза органических соединений.

Уметь: использовать базовые знания свойств органических соединений в лабораторной и производственной практике.

Владеть: методами оценки свойств пищевого сырья, продуктов питания на основе использования фундаментальных знаний в области органической химии; правилами безопасной работы в химической лаборатории.

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Таблица 1

Тематический план лабораторных работ (ЛР)

Номер темы	Тема дисциплины	Наименование лабораторной работы	Количество часов ЛР
			очная форма обучения
1	Некоторые теоретические представления в органической химии	Изучение строения органических соединений по центроsterжевым моделям	2
	Углеводороды	Изучение способов получения и физико-химических свойств углеводородов (алканов, алкенов, алкинов). Проведение качественных реакций	4
2	Гидроксисоединения	Изучение физико-химические свойства гидроксисоединений (спиртов и фенолов). Проведение качественных реакций	6
3	Оксосоединения	Изучение способов получения и физико-химических свойств оксосоединений (альдегидов и кетонов), проведение качественных реакций	3
	Карбоновые кислоты и их производные	Изучение физико-химических свойств карбоновых кислот	4
4	Гидроксикислоты	Изучение физико-химических свойств гидроксикислот	3
	Аминокислоты	Изучение физико-химических свойств аминокислот, проведение качественных реакций.	4
5	Цветные реакции на белки и аминокислоты	Проведение цветных реакций на белки и аминокислоты.	2
	Белки	Изучение растворимости и реакций осаждения белков	4
6	Углеводы	Изучение физико-химических свойств углеводов (моно-, ди- и полисахаридов), проведение качественных реакций	6
7	Липиды	Изучение физико-химических свойств липидов. Проведение качественных реакций на наличие непредельных жирных кислот в липидах	6
		Итого	44

Общие требования к подготовке к выполнению лабораторных работ

Лабораторные работы проводятся параллельно с изучением теоретического материала.

Для повышения качества подготовки к лабораторным занятиям студенту следует ответить на вопросы для самостоятельной работы, приведенные в конце описания каждой лабораторной работы.

Проект отчёта по лабораторной работе должен включать:

- название темы лабораторной работы;
- название лабораторной работы;
- необходимые теоретические сведения по теме данной лабораторной работы;
- цель лабораторной работы и для каждого опыта;
- описание хода работы, уравнения соответствующих реакций;
- свободное место в тетради для наблюдений и выводов.

Наблюдения и выводы по каждому опыту формулируются и записываются только после выполнения каждого опыта в лаборатории органической химии. В лабораторном журнале следует предусмотреть поля.

Записи в лабораторном журнале выполняются ручкой, аккуратно и разборчиво. В случае ошибки слова и цифры зачеркивают и пишут правильные рядом один раз. На титульном листе лабораторного журнала следует привести его название с указанием названия дисциплины, фамилии и инициалов, а также учебной группы студента.

Перед выполнением лабораторной работы преподаватель проверяет у каждого студента наличие оформленного проекта отчета по лабораторной работе, знание им теоретического материала по теме лабораторной работы, хода проведения работы и соответствующих ей уравнений реакций. Преподаватель также обращает внимание студентов на необходимость соблюдения техники безопасности при выполнении лабораторных работ. Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории и оказание первой помощи приведены в разделе 2.

Лабораторные работы выполняются студентами индивидуально, что позволяет им тщательно наблюдать ход проведения опытов и на его основе самостоятельно делать выводы, увязывая теоретические знания электронного строения, физических и химических свойств исследуемых органических соединений с практическими наблюдениями. Лабораторные работы включают значительное число опытов в виде качественных реакций на соответствующие функциональные группы. Это будет способствовать более глубокому усвоению студентами закономерностей органической химии, строения и свойств соединений разных классов.

Обучающийся допускается к выполнению лабораторных работ при наличии у него лабораторного журнала (тетради) с оформленным проектом отчёта по лабораторной работе. Перед его оформлением студенту следует самостоятельно изучить теоретический материал по теме лабораторной работы,

используя конспект лекций и рекомендуемую учебную литературу, описание лабораторной работы.

Лабораторные работы включают опыты, проводимые капельным методом, не требующим специального обучения. Работа с малыми количествами веществ позволяет правильнее установить оптимальные количественные соотношения между реагентами для проведения соответствующих органических реакций, при этом расход реактивов значительно сокращается и повышается безопасность работы студентов. В ходе выполнения лабораторных работ студенты записывают в лабораторный журнал наблюдения и формулируют выводы по каждому опыту. Преподаватель контролирует правильность выполнения опытов каждым студентом и оформления им отчёта по лабораторной работе.

Лабораторная работа считается принятой (оценка – «зачтено»), если студент её выполнил и правильно оформил отчет (формулирование цели работы, написание уравнения реакций, описание наблюдений, формулирование выводов), ответил на теоретические вопросы по ней.

2. ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ И ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ

Общие правила. Работа в химической лаборатории связана с некоторой опасностью, поскольку многие вещества в той или иной степени ядовиты, огнеопасны и взрывоопасны. Опыт показывает, что большинство несчастных случаев, происходящих в лаборатории, является следствием небрежности и невнимательности работающих.

Возможность несчастных случаев может быть исключена при выполнении всех мер предосторожности.

Обычно характер предупредительных мер, обеспечивающих безопасность выполнения эксперимента, зависит от вида работы.

Однако существуют общие правила, выполнение которых обязательно для каждого работающего в лаборатории независимо от того, какой эксперимент он выполняет.

1. Работать одному в лаборатории категорически запрещается, так как в случае несчастного случая будет некому оказать помощь пострадавшему и ликвидировать последствия аварии.

2. Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину, порядок и правила техники безопасности, так как поспешность, неряшливость часто приводят к несчастным случаям с тяжелыми последствиями.

3. Каждый работающий должен знать, где находятся в лаборатории средства противопожарной защиты и аптечка, содержащая все необходимое для оказания первой помощи.

4. Категорически запрещается в лаборатории курить, принимать пищу, пить воду.

5. Нельзя приступать к работе, пока студенты не усвоили технику ее выполнения.

6. Опыты нужно проводить только в чистой посуде. После окончания эксперимента посуду следует мыть сразу же.

7. В процессе работы необходимо соблюдать чистоту, аккуратность. Следить, чтобы вещества не попадали на кожу лица и рук, так как многие вещества (галогенопроизводные, фенолы, нитросоединения, непредельные соединения и др.) вызывают раздражение кожи и слизистых оболочек.

8. Никаких веществ в лаборатории не пробовать на вкус. Нюхать вещества можно, лишь осторожно направляя на себя пары или газы легким движением руки, а не наклоняясь к сосуду и не вдыхая полной грудью.

9. На всех банках, склянках и другой посуде, где хранятся реактивы, должны быть этикетки (или надпись маркером по стеклу) с указанием названия веществ.

10. Склянки с веществами или растворами необходимо брать одной рукой

за горлышко, а другой снизу поддерживать за дно.

11. Категорически запрещается затягивать ртом в пипетки органические вещества и их растворы.

12. Во время нагревания жидких и твердых веществ в пробирках и колбах нельзя направлять их отверстия на себя и соседей. Нельзя также заглядывать сверху в открыто нагреваемые сосуды во избежание возможного поражения при выбросе горячей массы.

13. После окончания работы необходимо выключить газ, воду, электроэнергию.

14. Категорически запрещается выливать в раковины концентрированные растворы кислот и щелочей, а также различные органические растворители, сильно пахнущие и огнеопасные вещества. Все эти отходы нужно сливать в специальные бутылки.

15. В каждом помещении необходимо иметь средства противопожарной защиты: ящик с просеянным песком и совком к нему, противопожарное одеяло (асбестовое или толстое войлочное), заряженные огнетушители (желательно со сжиженным углекислым газом).

16. На доступном месте в лаборатории должны находиться медикаменты для оказания первой помощи: растворы танина (в спирте), перманганата калия, борной кислоты, гидрокарбоната натрия, йодная настойка, вата, бинты, пластырь, мази от ожогов.

Работа с горючими жидкостями

1. Следует соблюдать крайнюю осторожность при работе с огнеопасными растворителями (этиловый спирт, бензол, петролейный эфир, бензин, спирт, ацетон и др.); работу с ними необходимо вести только вдали от огня (зажженная горелка, включенная плитка с открытой спиралью и т.п.); нельзя держать большие количества огнеопасных жидкостей на рабочем столе.

2. Выливать горючие жидкости следует не в раковину (ОПАСНО!), а в склянки, предназначенные для слива этих жидкостей.

3. Нельзя нагревать горючие жидкости в открытой посуде. Нагревание их, например, при получении растворов (перекристаллизация) или проведение реакции можно вести только в колбе, соединенной с обратным холодильником.

4. Нагревание легкогорючих жидкостей запрещается проводить на открытом пламени горелки или на сетке. При нагревании низкокипящих растворителей (бензол, эфир, ацетон, спирт и др.) следует пользоваться водяными электрическими банями. Нагревание эфира и эфирных растворов можно провести также с помощью горячей воды, подогреваемой вдали от места работы на другом столе. Нагревание высококипящих горючих жидкостей (толуол, ксилол, лигроин и др.) ведут на электрических песчаных банях или электроплитках с закрытой спиралью.

5. При перегонке низкокипящих огнеопасных жидкостей необходимо

применять холодильник с водяным охлаждением и тщательно подбирать пробки при сборке прибора.

6. При возникновении пожара необходимо соблюдать спокойствие, выключить все нагревательные приборы и удалить находящиеся вблизи горючие вещества. Если воспламенилось немного жидкости в сосуде, надо плотно накрыть его асбестом или тряпкой. В случае выливания горячей жидкости на стол, следует засыпать пламя песком. Если оно не гаснет, необходимо тушить с помощью огнетушителя. При воспламенении одежды нужно быстро накрыть пострадавшего имеющимся в лаборатории одеялом.

Работа с ядовитыми и едкими веществами

1. Работа с ядовитыми, раздражающими органы дыхания и едкими, сильно пахнущими веществами должна проводиться в вытяжном шкафу. Перед началом работы надо включить мотор тяги и выдвинуть, если она есть, задвижку в вытяжной трубе. Затем следует опустить шторы у неиспользуемой секции шкафа. В той секции шкафа, где ведется работа, шторка должна быть поднята лишь на 1/3.

2. Нельзя разливать ртуть, которая является сильнодействующим ядом. Пары ртути отравляют работающих в помещении, где разлито хотя бы небольшое ее количество. Пролитую ртуть надо немедленно собрать!

3. При работе с бромом нельзя вдыхать его пары; особенно необходимо беречь глаза. Бром вызывает сильные ожоги. При попадании его на кожу следует немедленно обмыть пораженное место спиртом или бензолом и смазать глицерином или мазью от ожогов.

4. После работы с едкими или ядовитыми веществами надо тщательно убрать рабочее место и вымыть руки.

Работа с кислотами и щелочами

1. Концентрированные соляную и азотную кислоты можно переливать только в вытяжном шкафу.

2. При разбавлении серной кислоты необходимо осторожно, небольшими порциями, при перемешивании и охлаждении прибавлять серную кислоту к воде, а не наоборот.

3. При раздроблении и растирании твердых щелочей, а также хлористого цинка, сернистого натрия и др. едких веществ следует надевать предохранительные очки; просыпанные едкие вещества нужно немедленно собрать.

4. При ожоге кислотами необходимо быстро промыть обожженное место сильной струей воды, а затем раствором бикарбоната натрия. Концентрированную серную кислоту, попавшую на кожу, лучше немедленно (промокнуть, но не растирать) удалить сухой тряпкой и лишь затем водой.

5. При ожоге едкими щелочами надо хорошо промыть обожженное место

сильной струей воды, а затем – сильно разбавленной уксусной кислотой.

6. При попадании кислых веществ в глаз, следует тотчас промыть его большим количеством воды и затем – раствором бикарбоната натрия (затем обязательно обратиться к врачу!).

7. При попадании в глаз щелочных средств, следует тотчас промыть его обильно водой и затем – раствором борной кислоты (затем обязательно обратиться к врачу!).

8. Сильно кислые или щелочные жидкости нельзя выливать в раковину; для собирания этих жидкостей в лаборатории должны стоять специальные банки.

Работа с металлическим натрием (калием)

1. Металлический натрий хранят в банке под слоем керосина, отweighивание его производится в бюксе с керосином.

2. Следует остерегаться попадания воды на натрий; приступая к работе с ним, надо тщательно насухо вытереть стол.

3. Разрезать куски натрия и срезать с него корки следует на куске бумаги. Обрезки натрия (корки) необходимо собирать в банку с керосином, ни в коем случае нельзя выбрасывать в бак для мусора. Бумагу, на которой резали натрий, обезвреживают следующим образом: сняв с нее все, даже мелкие кусочки натрия, и скомкав, обливают ее в раковине сильной струей воды.

4. Колбу, в которой проводилась реакция с металлическим натрием, нельзя сразу мыть водой; следует уничтожить остатки натрия, растворяя их в спирте. Если заметного количества натрия в колбе не обнаружено, надо все же обмыть стенки колбы небольшим количеством спирта.

Меры первой помощи при несчастных случаях

1. При термических ожогах, чтобы предупредить образование пузырей, нужно сразу же смочить обожжённое место 5%-ным раствором танина в 40%-ном этиловом спирте. Лучше положить небольшой тампон из ваты или марли, смоченный этим раствором.

2. При ожогах крепкими кислотами немедленно убирают их остатки сухим материалом (тряпочками или фильтровальной бумагой) осторожно промокая, затем промывают обожжённый участок сильной струёй воды, накладывают тампон из ваты или марли, смоченный 1%-ным раствором соды (гидрокарбонат натрия).

3. При ожогах крепкими щелочами немедленно промывают обожжённый участок сильной струёй воды и накладывают тампон из ваты или марли, смоченный 1%-ным раствором уксусной кислоты.

4. Если кислота или щёлочь попали в глаз, то его тщательно промывают водой, а затем либо 1%-ным раствором гидрокарбоната натрия (для нейтрализации кислоты), либо 2%-ным раствором борной кислоты (для нейтрализации щёлочи). Легче промывать глаз, пользуясь специальной глазной

ванночкой.

5. При ожоге бромом поражённое место обрабатывают 10–20 %-ным раствором тиосульфата натрия, пока не исчезнет бурая окраска от брома, затем промывают большим количеством воды, и накладывают тампон из ваты или марли, смоченный 5%-ным раствором мочевины. Можно поражённое место промыть спиртом.

6. При ожоге жидким фенолом побелевший участок кожи растирают глицерином до тех пор, пока не восстановится нормальный цвет кожи. Промывают поражённый участок водой и накладывают тампон из ваты или марли, смоченный глицерином.

7. При порезах удаляют пинцетом из ранки осколки стекла, смазывают края раны спиртовым раствором йода, положив на рану стерильную повязку, забинтовывают. При сильном кровотечении немедленно перетягивают руку пластичным жгутом из резиновой трубки, лак только остановит кровотечение, жгут надо немедленно снять.

8. О любом самом незначительном несчастном случае немедленно сообщить преподавателю и лаборанту, не ограничиваться самостоятельным принятием мер.

Меры по обеспечению электробезопасности в химической лаборатории

Особенностью действия электрического тока на человека является его невидимость.

Во время работы в химической лаборатории следует строго выполнять следующие правила электробезопасности:

- включение электрооборудования производить вставкой исправной вилки в исправную розетку;
- если во время работы обнаруживается неисправность электрооборудования или работающий почувствует действие тока, работа должна быть немедленно прекращена и неисправное оборудование должно быть сдано для проверки или ремонта;
- отключать электрооборудование при перерыве в работе и по окончании рабочего процесса.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ЗАЩИТЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Описание каждой лабораторной работы включает теоретический материал, касающийся электронного строения и реакционной способности соответствующих классов органических соединений, подробное описание лабораторной работы (перечень необходимых реактивов и ход выполнения опытов), вопросы для подготовки к защите лабораторной работы и учебную литературу.

Лабораторная работа № 1

Тема. Некоторые теоретические представления в органической химии Изучения строения органических соединений по центроsterжневым моделям

Цель работы – формирование навыков и умений различать классы органических соединений, давать названия соединениям, объяснять их электронное строение, писать формулы изомеров.

Теоретическое введение

Центроsterжневые модели согласуются с известными данными о строении органических соединений. Они дают правильное представление о длине и направленности ковалентной связи, величинах валентных углов, пространственных конфигурациях и объеме молекул.

Комплекты предназначены для моделирования структур органических соединений.

Комплект центроsterжневых молекулярных моделей включает в себя атомные центры различного типа, а также жесткие и гибкие химические связи.

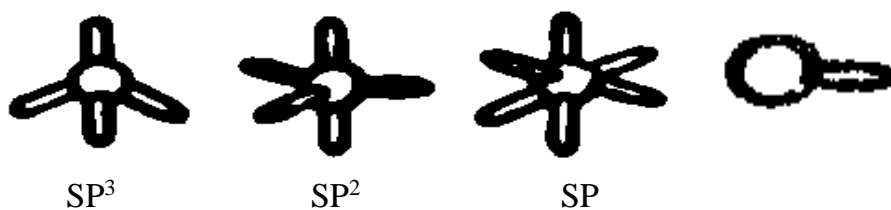


Таблица 2. Цвета атомных центров центроsterжневых молекулярных моделей

Атомные центры	Цвет
C – углерод	Черный
O – кислород	Красный
N – азот	Синий
S – сера	Желтый
H – водород	Белый
X – галоген	Зеленый

Таблица 3. Длина жестких и гибких химических связей в центроостержевых молекулярных моделях

Связи	Жесткий/Гибкий	Тип моделируемой связи в молекуле
2,0 см	Ж	СН, NH, OH, δ -связи, π -орбитали
3,5 см	Ж	СС, СО, CN, СХ, δ -связи,
3,5 см	Г	Напряженные δ -связи
8,0 см	Г	π -Молекулярные орбитали

С помощью элементов набора можно построить модели молекул различных классов органических соединений.

Предельные углеводороды

Модель простейшего представителя этого класса соединений CH_4 собирается с использованием углеродного тетраэдрического (sp^3) четырехстержневого атомного центра черного цвета, четырех жестких трубок 2 см и четырех водородных атомных центров белого цвета (рис. 1). В этом случае длина связи С-Н примерно соответствует длине связи 1А в метане. Этан C_2H_6 конструируется из трубок длиной 2 см для связей С-Н и 3,5 см для δ -связи С-С. Длина связи С-С в модели этана примерно соответствует реальной длине в 1,5А (рис. 2).

Аналогичным образом можно построить и модели других представителей этого класса соединений. При замене одного из водородных атомов атомом галогена (зеленый одностержневой центр) можно смоделировать соответствующий алкилгалогенид.

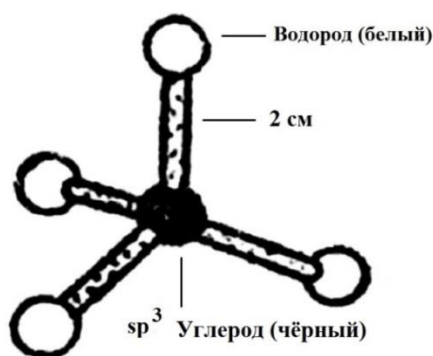


Рисунок 1. Метан, CH_4

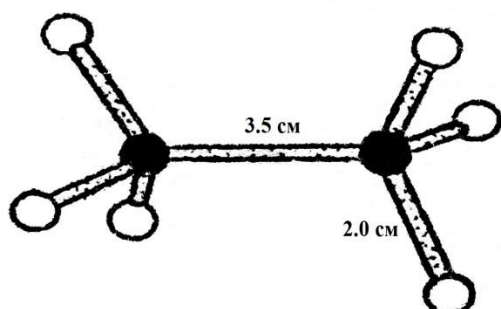


Рисунок 2. Этан, C_2H_6

Циклические углеводороды

Циклические углеводороды, за исключением циклопропана, могут быть построены из углеродных sp^3 – тетраэдрических атомных центров и жестких трубок 3,5 см для С-С связей. Циклопропан, будучи напряженным по Байеру циклом, конструируется из гибких трубок 3,5 см для С-С связей (рис. 3). Циклобутан может быть построен как из жестких, так и из гибких трубок 3,5 см (рис. 4).

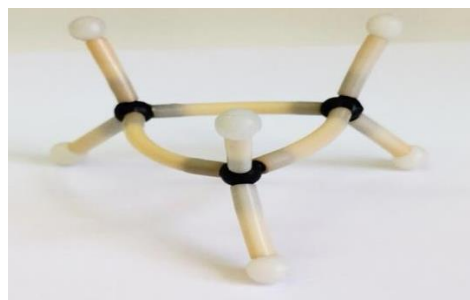
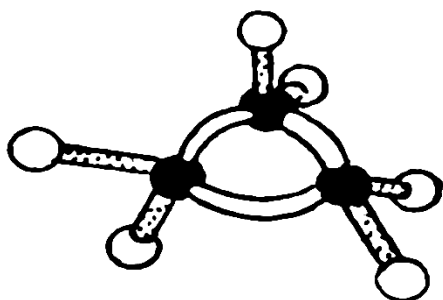


Рисунок 3. Циклопропан, C_3H_6

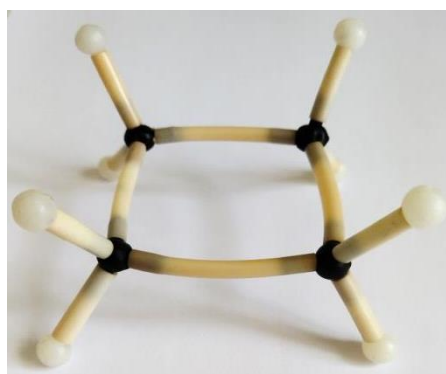
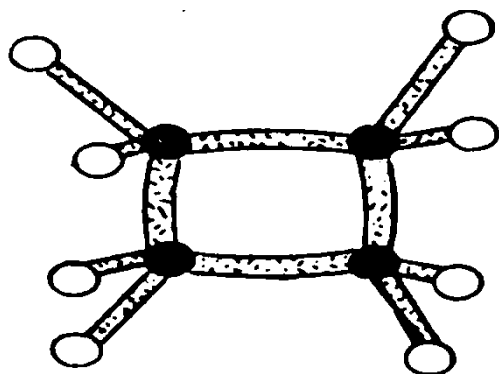
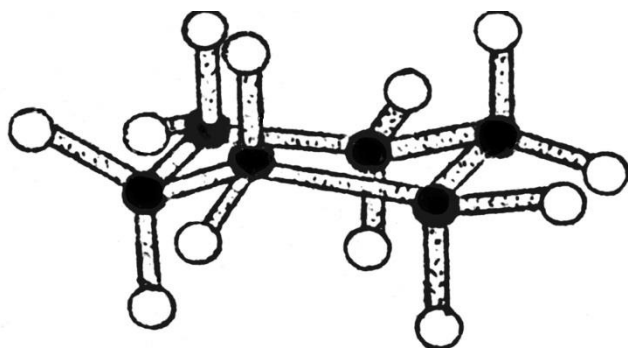


Рисунок 4. Циклобутан, C_4H_8

Использование элементов набора позволяет моделирование конформеров циклогексана.



Кресловидная конформация

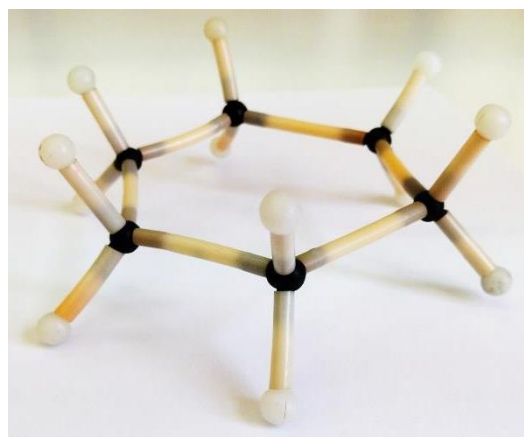


Рисунок 5. Циклогексан, C_6H_{12}

Спирты, эфиры, амины, тиолы

Модели соединений, содержащих δ -связанные атомы кислорода или азота, могут быть получены при использовании красного (кислород) или синего (азот) sp^3 – гибридизованного тетраэдрического атомного центра. В спиртах и эфирах, как показано на рис. 6 (метанол CH_3OH) две свободные позиции кислородного атома соответствуют двум парам свободных электронов. В случае аминов рис. 7 (метиламин CH_3NH_2) имеется одна электронная пара подобного типа.

Катион аммония RNH_3^+ можно построить при введении дополнительной N-H связи к азотному атомному центру в модели амина.

Эпоксидные центры строятся из гибких трубок 3,5 см. Тиолы (RSH) и тиоэфиры (RSR) моделируются с помощью желтого sp^3 – гибридизованного тетраэдрического атомного центра.

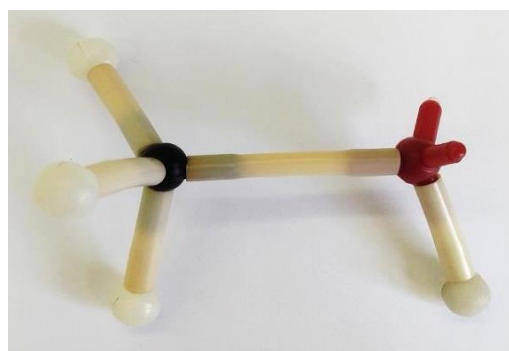
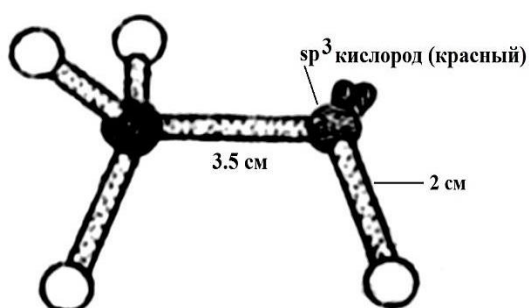


Рисунок 6. Метанол, CH_3OH

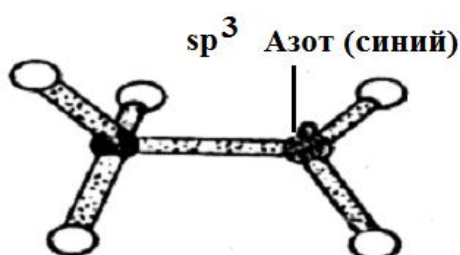


Рисунок 7. Метиламин, CH_3NH_2

Двойные и тройные связи

При конструировании молекулы этилена используется два черных sp^2 гибридизованных пятистержневых атомных центра, которые соединяют жесткой трубкой 3.5 см, показывающей наличие δ -связи С-С. Две гибкие трубки 8 см моделируют образование π -связи в результате перекрывания π -орбиталей углеродных атомов (рис. 8).

Тройная связь в алкинах образована одной δ - и двумя π -связями. Молекула ацетилена (рис. 9) собирается из двух черных шестистержневых π -гибридизованных атомных центров, связанных жесткой трубкой 3.5 см (δ -связь). Две π -связи между углеродными атомами представляются двумя парами гибких трубок 8 см.

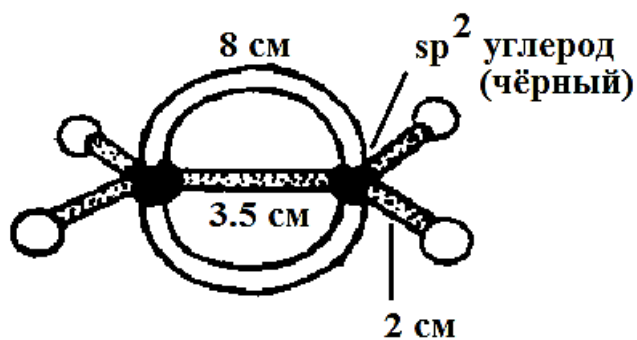


Рисунок 8. Этилен

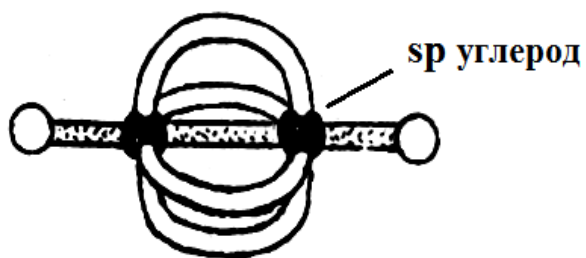


Рисунок 9. Ацетилен

Ароматические соединения

Использование элементов набора позволяет представить молекулу бензола двумя различными способами, отражающими наличие делокализованной системы π -связей.

В первом случае на рис. 10а для моделирования π -системы связей бензола используются жесткие трубки 2 см, во втором случае – гибкие трубки 8 см (рис. 10б). Модель молекулы бензола из мягких трубок представлена на рис. 11. Аналогичным образом могут быть построены молекулы гетероароматических соединений, например, пиридина, используя sp^2 -гибридизованный атомный центр азота.

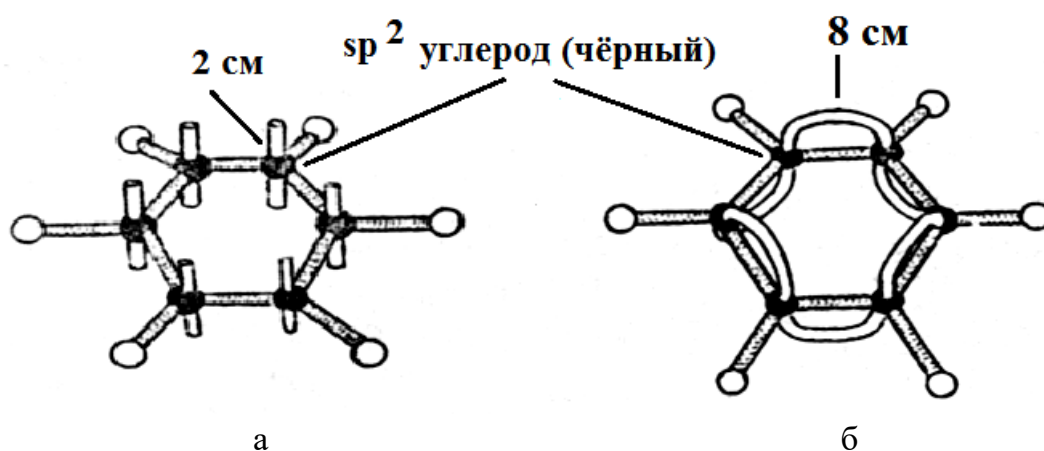


Рисунок 10. Молекула бензола



Рисунок 11. Молекула бензола

Неароматические соединения с делокализованной системой π -связей

Аналогично ароматическим соединениям в этом случае возможно два способа представления структуры молекулы: с использованием модели перекрывания p-орбиталей (рис. 10а) и конструированием π -электронного облака (рис. 12). В последнем случае удастся отобразить эквивалентность двух кислородных атомов в формиат анионе и полуторный порядок связей углерод-кислород. Трубки 2 см, присоединенные к кислородному этому, иллюстрируют участие в образовании связи p-электронов.

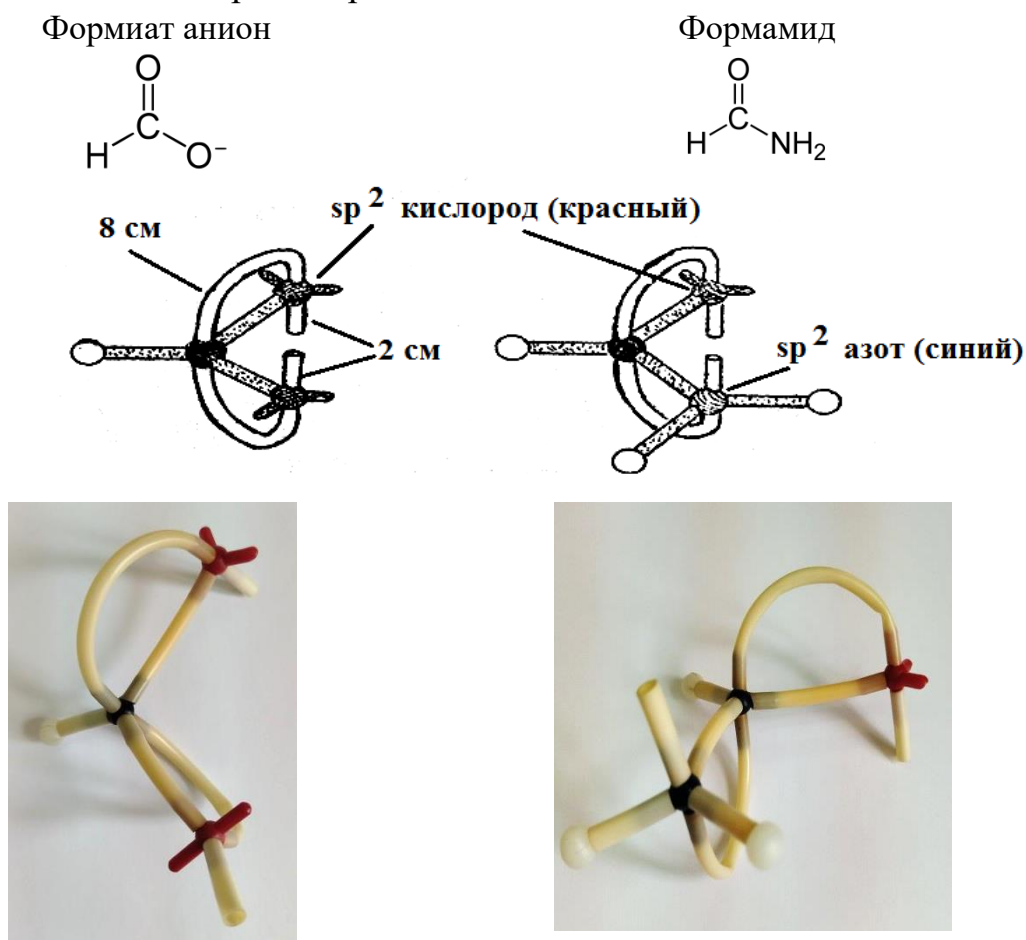
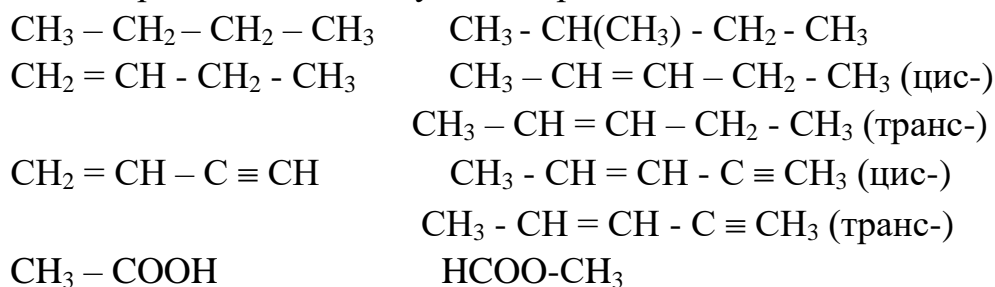


Рисунок 12. Формиат ион и форма́мид

Задание и этапы проведения лабораторной работы

1. Соберите модели следующих органических соединений:



2. Дайте названия соединениям всеми возможными способами (тривиальные, рациональные, современные международные названия).

3. Соберите, зарисуйте заданные изображения в лабораторной тетради, определить валентные состояния атомов углерода, величины валентных углов, количество σ - и π -связей.

4. Определите, какие соединения являются структурными, какие пространственными изомерами.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Что называют радикалом органического соединения?

2. Какие виды структурной изомерии имеются у органических соединений? Приведите примеры.

3. Какие типы химических связей существуют в молекулах органических соединений?

4. Каково электронное строение связей: σ - и π -связи; sp^3 -, sp^2 -, sp -гибридизация атомов углерода?

5. Дайте определение основным типам реакций органических соединений (реакции замещения, присоединения, отщепления, молекулярные перегруппировки).

6. Сформулируйте основные принципы систематической номенклатуры органических соединений.

7. Какими химическими связями соединяются атомы в молекулах органических соединений?

8. Каково электронное строение: σ - и π -связей?

9. sp^3 -, sp^2 -, sp -гибридизация электронных орбиталей атомов углерода.

Учебная литература: [1, 3, 7]

Тема. Углеводороды

Изучение способов получения и физико-химических свойств углеводородов (алканов, алкенов, алкинов). Проведение качественных реакций

Цель работы – формирование навыков и умений получать в лабораторных условиях углеводороды, устанавливать предельность или непредельность углеводородов с помощью качественных реакций.

Теоретическое введение

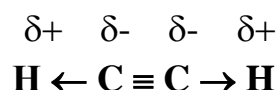
Пределными углеводородами (алканами) называются ациклические углеводороды, в молекулах которых атомы связаны между собой только простыми или одинарными ковалентными связями. Ковалентные связи в молекулах алканов прочные, неполярные или малополярные, поэтому в обычных условиях для алканов характерна устойчивость к различным реагентам. Алканы способны к реакциям замещения и отщепления водорода, а также к реакциям разложения, протекающим с разрывом углеродной цепи, не способны к реакциям присоединения. Реакции алканов идут преимущественно по радикальному механизму и в достаточно жёстких условиях.

Алкены – непредельные ациклические углеводороды, характеризующиеся наличием двойной связи, состоящей из одной σ - и одной π -связи.

Алкены значительно более реакционноспособны по сравнению с алканами за счёт меньшей прочности – π -связи по сравнению с σ -связью. Они вступают в химические реакции главным образом по двойной связи в первую очередь с разрывом π -связи: реакции электрофильного присоединения, окисления, полимеризации. Алкены могут существовать в виде пространственных изомеров в зависимости от расположения замещающих групп по отношению к двойной связи. Этот вид изомерии называется геометрической (цис-транс-) изомерией и такие изомеры несколько отличаются по свойствам.

Реакции алкенов с бромной водой и водным раствором перманганата калия являются качественными на двойную связь. Этими же реагентами можно открыть тройную связь в органических соединениях.

Алкины – непредельные углеводороды, характеризующиеся наличием тройной связи, состоящей из одной δ -связи и двух π -связей и проявляют высокую химическую активность в реакциях присоединения и полимеризации. Алкинам свойственны реакции электрофильного, нуклеофильного и радикального присоединения. Другой особенностью ацетиленовых углеводородов является подвижность атома водорода при тройной связи, вследствие чего он способен замещаться на металлы, образуя ацетилениды. В последней реакции проявляются некоторые кислотные свойства ацетилена, обусловленные большой электроотрицательностью атома углерода в состоянии sp -гибридизации, что вызывает сдвиг электронных плотностей в молекуле:



Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Получение метана и изучение его свойств

Оборудование: штатив с пробирками, газоотводная трубка, пробиркодержатель, спиртовка.

Реактивы: уксуснокислый натрий обезвоженный, натронная известь (смесь едкого натрия и оксида кальция), бромная вода, насыщенный раствор, перманганат калия, 1 н. раствор.

Ход работы

Нагревание натриевых солей карбоновых кислот с натронной известью является общим лабораторным способом получения предельных углеводов.

1. В сухую пробирку помещают смесь примерно равных количеств обезвоженного (оплавление) уксуснокислого натрия и натронной извести, высота слоя в пробирке около 10 мм. Пробирку закрывают газоотводной трубкой, держа в горизонтальном положении, нагревают её в пламени горелки, сначала обогревают всю пробирку, затем сильно нагревают смесь, вводя на 1–2 мин поочередно конец газоотводной трубки в пробирки, с предварительно налитым раствором перманганата (10 капель) и раствора бромной воды (10 капель). Обесцвечивание растворов не происходит.

2. Не прекращая нагревания смеси, поджигают газообразный метан, выделяющийся из газоотводной трубки.

Обратите внимание на то, что метан горит не светящимся пламенем. Иногда оно бывает окрашено в желтый цвет за счет натрия, содержащегося в стекле. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Получение этилена и изучение его свойств

Оборудование: штатив с пробирками, газоотводная трубка, пробиркодержатель, спиртовка.

Реактивы: этиловый спирт, 95%-ный; серная кислота, концентрированная; песок или битое стекло.

Ход работы

Дегидратация спиртов является общим способом получения непредельных углеводов.

1. В сухую пробирку помещают один-два кусочка битого стекла (или несколько крупинок песка), и 10 капель готовой спиртово-кислотной смеси (в вытяжном шкафу), закрывают пробирку пробкой с газоотводной трубкой и осторожно нагревают пробирку в пламени горелки, вводя поочередно конец газоотводной трубки в пробирки, с предварительно налитым перманганатом (5 капель) и раствора бромной воды (5 капель). Пропускание этилена проводят до обесцвечивания раствора в пробирках.

2. Не прекращая нагревания смеси, вынимают конец газоотводной трубки из пробирки, поджигают газообразный этилен, выделяющийся из газоотводной трубки.

Обратите внимание, что этилен горит светящимся пламенем.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Получение ацетилена и изучение его свойств

Оборудование: штатив с пробирками, газоотводная трубка, пробиркодержатель.

Реактивы: карбид кальция CaC_2 (в кусочках); перманганат калия, 1н раствор; бромная вода, насыщенный раствор; нитрат серебра, 0,2 н раствор; аммиак, концентрированный раствор; хлорид меди, аммиачный раствор.

Ход работы

Работу с ацетиленом необходимо проводить в вытяжном шкафу, так как неочищенный ацетилен, получаемый из карбида кальция, содержит вредные, неприятно пахнущие примеси.

В сухую пробирку помещают два-три маленьких кусочка карбида кальция, добавляют 4 капли воды и закрывают пробкой с газоотводной трубкой, помещая между пробкой и стенками пробирки кусочек фильтровальной бумаги, смоченной аммиачным раствором хлорида меди (1). Вводят поочередно конец газоотводной трубки (в этой работе все операции выполнять быстро):

1. В пробирки с предварительно налитыми растворами перманганата калия в бромной воды (по 10 капель). Пропускание ацетилена проводят до обесцвечивания растворов в пробирках. На фильтровальной бумаге появляется красновато-коричневое окрашивание, вследствие образования ацетиленида меди.

2. Конец газоотводной трубки опускают в пробирку с предварительно налитым аммиачным раствором оксида серебра, для получения которого в пробирку помещают 2 капли раствора нитрата серебра и добавляют 1 каплю раствора аммиака – выпадает осадок гидроксида серебра. Затем добавляют ещё 3–4 капли раствора аммиака до растворения осадка и образования аммиачного раствора оксида серебра.

Через аммиачный раствор оксида серебра пропускают ацетилен до образования светло-желтого осадка ацетиленида серебра, который затем становится серым. Если ацетилен перестанет выделяться, то в пробирку с карбидом кальция добавляют 2 капли воды. Осадок отфильтровывают и вместе с фильтровальной бумагой помещают на асбестовую сетку, нагревают; ацетиленид серебра взрывается.

3. У конца газоотводной трубки поджигают ацетилен. Он горит светящимся, коптящим пламенем. Сравните его с пламенем других углеводородов. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Напишите общие формулы углеводородов гомологических рядов алканов, алкенов, алкинов и аренов.

2. Напишите формулы возможных изомеров пентана, пентена-2 и гидрохинона. Назовите виды изомерии и изомеры по систематической номенклатуре.

3. Какие способы получения алканов, алкенов, алкинов и аренов вы знаете?

4. Охарактеризуйте электронное строение метана, этилена и бензола.

5. Приведите примеры реакций замещения для метана, укажите по какому механизму они протекают.

5. Приведите примеры реакций присоединения для этилена, укажите по какому механизму они протекают.

6. Охарактеризуйте промышленное применение насыщенных и ненасыщенных углеводородов и их нахождение в природе.

7. Укажите какая реакция позволяет отличить этин от этена.

Учебная литература: [1–3, 6–9, 12]

Лабораторная работа № 2

Тема. Гидроксисоединения

Изучение физико-химические свойства гидроксисоединений (спиртов и фенолов). Проведение качественных реакций

Цель работы – формирование навыков и умений в открытии слабых кислотных свойств у спиртов и фенолов, приобретение навыков проведения реакций окисления спиртов и качественных реакций на многоатомные спирты и фенолы)

Теоретическое введение

Спирты можно рассматривать как производные алифатических углеводородов, в молекулах которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильную группу (-ОН). По числу гидроксильных групп они делятся на одно- и многоатомные; в зависимости от того, с каким (первичным, вторичным или третичным) атомом углерода связана гидроксильная группа - на первичные, вторичные и третичные.

Спирты обладают чрезвычайно слабыми кислотными свойствами, слабее чем у воды. Они не окрашивают лакмус в красный цвет, практически не взаимодействуют с водными растворами щелочей, однако со щелочными металлами дают алкоголяты – соли слабых кислот, легко подвергающиеся гидролизу. Спирты можно рассматривать и как очень слабые основания, так как

они могут протонироваться за счёт неподеленной электронной пары атома кислорода, образуя оксониевые соединения (соли). В первом приближении все спирты можно считать нейтральными соединениями. Спирты вступают в реакции замещения, окисления, отщепления. Многоатомные спирты вступают в реакции поликонденсации.

В обычном спирте ректификате содержится около 5 % воды, которую нельзя удалить перегонкой, так как ректификат является азеотропной смесью. Безводный сульфат меди, связывая воду, переходит в синий кристаллогидрат $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$. По изменению окраски судят о наличии воды в спирте и о ходе обезвоживания спирта

Фенолами называются производные ароматических углеводородов, содержащие в молекулах гидроксильную группу при атоме углерода бензольного ядра. Фенолы, как и спирты, делятся по числу гидроксильных групп на одно- и многоатомные.

Химические свойства фенолов объясняются их электронным строением. Неподеленная электронная пара атома кислорода находится в сопряжении с π -электронами бензольного ядра, что приводит к большей полярности связи О-Н. Появляется большая по сравнению со спиртами возможность диссоциации фенолов по связи О-Н с отщеплением протона. В водных растворах фенолы ведут себя, как слабые кислоты, они не окрашивают лакмус в красный цвет, солеобразные производные фенолов – феноляты в водных растворах сильно гидролизуются и даже такие слабые кислоты, как угольная, вытесняют из фенолятов свободные фенолы. В отличие от спиртов фенолы могут образовывать феноляты и при действии водных растворов щелочей. Фенолы из-за положительного индуктивного эффекта гидроксильных групп значительно легче по сравнению с аренами вступают в реакции электрофильного замещения, окисления, присоединения.

Реакции фенолов с бромной водой и хлоридом железа (III) являются качественными.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Обнаружение присутствия воды в спирте и обезвоживание спирта

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: этиловый спирт (ректификат), сульфат меди (б/в порошок).

Ход работы

В сухую пробирку помещают один микрошпатель белого порошка безводного сульфата меди и добавляют 5 капель этилового спирта, хорошо встряхивают и нагревают до окрашивания белого порошка в голубой.

Спирты содержат примесь растворенной воды. В обычном спирте

ректификате содержится около 5 % воды, которую нельзя удалить перегонкой, так как ректификат является азеотропной смесью. Безводный сульфат меди, связывая воду, переходит в синий кристаллогидрат $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$. По изменению окраски судят о наличии воды в спирте и о ходе обезвоживания спирта.

Полученный обезвоженный спирт осторожно сливают и используют для следующего опыта. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Образование этилата натрия

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: обезвоженный этиловый спирт, металлический натрий, фенолфталеин (1%-ный спиртовой раствор).

Ход работы

В сухую пробирку помещают маленький кусочек металлического натрия, добавляют 3–4 капли этилового спирта. Сейчас же начинается бурное выделение водорода. Пробирку отверстием подносим к пламени горелки, водород воспламеняется с характерным звуком, образуя маленькое колечко голубого цвета. На дне пробирки остается беловатый осадок этилата натрия или его раствор (если бы был взят избыток спирта). Прибавляют 2–3 капли воды, осадок растворяется. Иногда наблюдается очень незначительная вспышка за счет ничтожных остатков непрореагированного натрия (если его взять избыток). Добавить 1 каплю раствора фенолфталеина, появляется малиновое окрашивание.

Объясните, почему после прибавления воды раствор фенолфталеина окрашивается в красный цвет. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Взаимодействие глицерина с гидроксидом меди

Оборудование: штатив с микропробирками, держатель.

Реактивы: глицерин, сульфат меди (0,2н), гидроксид натрия (0,2н).

Ход работы

Помещают в пробирку 3 капли раствора сульфата меди, 3 капли раствора едкого натра и перемешивают – образуя голубой студенистый осадок гидроксида меди. В пробирку добавляют 3–4 капли глицерина и взбалтывают содержимое. Осадок растворяется и появляется темно-синее окрашивание вследствие образования глицерата меди (внутрикомплексное, хелатное соединение).

Объясните, почему многоатомные спирты в отличие от одноатомных вступают в реакцию с гидроксидами тяжелых металлов? Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Окисление этилового спирта хромовой смесью

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: этиловый спирт, дихромат калия (0,5н), серная кислота (2н).

Ход работы

В пробирку помещают 3–4 капли этилового спирта, добавляют 2–3 капли раствора серной кислоты и 2–3 капли раствора бихромата (двухромовокислого) калия. Оранжевый раствор в пробирке нагревают на водяной бане до начала изменения окраски на синевато-зеленую. Одновременно ощущается запах уксусного альдегида.

Опыт 5. Дегидратация глицерина

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: глицерин, гидросульфат калия, фуксинсернистая кислота.

Ход работы

Помещают в пробирку 1/3 микрошпателя гидросульфата калия и 3–4 капли глицерина. Нагревают на пламени горелки (безводный гидросульфат плавится при температуре около 205 °С. Сырой гидросульфат плавится значительно ниже. Поэтому, пока вся вода из него не удалится, разложение глицерина не происходит).

Признаком начавшегося разложения глицерина служит побурение жидкости в пробирке и появление резкого, острого запаха.

Опускают в пробирку полоску фильтровальной бумаги, смоченную раствором фуксинсернистой кислоты. Как только пары достигают бумаги, она окрашивается в красный цвет. На что это указывает?

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 6. Растворимость фенола в воде

Оборудование: штатив с микропробирками

Реактивы: фенол жидкий.

Ход работы

Помещают в пробирку 3–4 капли жидкого фенола, прибавляют 3–4 капли воды и взбалтывают. Образуется мутная жидкость – эмульсия фенола. При стоянии такая эмульсия постепенно расслаивается: верхний слой – раствор фенола в воде (карболовая кислота), нижний – раствор воды в феноле. Помешают пробирку в кипящую водяную баню до получения однородного раствора. При охлаждении вновь образуется мутная жидкость. При повышении температуры увеличивается растворимость как воды в феноле, так и фенола в воде, и при 68 °С они смешиваются друг с другом в любых отношениях.

Примечание: Простейший фенол в чистом виде представляет собой бесцветное кристаллическое вещество с характерным запахом, плавящийся при

41 °С. Температура плавления фенола сильно понижается от примеси небольших количеств воды (кристаллогидрат $C_6H_5OH \cdot nH_2O$ плавится при 16 °С). Фенол гигроскопичен, кристаллы фенола при стоянии на воздухе расплываются, образуя так называемый жидкий фенол.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 7. Получение и разложение фенолятов

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: жидкий фенол, гидроксид натрия (2н р-р), серная кислота (2н р-р).

Ход работы

В пробирку помещают 3–4 капли жидкого фенола и добавляют 3–4 капли воды, тщательно перемешивают. К полученной эмульсии добавляют 3–4 капли раствора едкого натра. Моментально образуется прозрачный раствор фенолята натрия, так как он хорошо растворим в воде.

К половине прозрачного раствора фенолята натрия добавляют 2–3 капли серной кислоты. Вновь выделяется свободный фенол в виде эмульсии.

Запишите уравнение реакции образования и разложения фенолята натрия, обозначив сдвиг электронных: плотностей в молекуле фенола.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 8. Реакции фенолов с хлоридом железа (III)

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: 1%-ные растворы фенола, пирокатехина, резорцина, гидрохинона, пирогаллола, хлорид железа (0,1 н р-р).

Ход работы

В одну пробирку помещают 3–4 капли раствора фенола, в другую – пирокатехина, в третью – резорцина, в четвертую – гидрохинона, в пятую – пирогаллола. В каждую из них добавляют по 3–4 капли раствора хлорида железа (III). При этом в первой пробирке появляется красно-фиолетовое, в четвертой – зеленое, моментально переходящее в желтое, в пятой – красное. Объясните, почему быстро изменяется зеленая окраска с гидрохиноном?

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Напишите общие формулы спиртов и фенолов.
2. Опишите электронное строение метанола и фенола.
3. Какие способы получения спиртов и фенолов вам известны?

4. Объясните, почему у фенолов по сравнению со спиртами более выражены кислотные свойства?

5. Перечислите типы химических реакций, характерные для спиртов и фенолов, напишите соответствующие уравнения реакций.

6. Напишите уравнения реакций: окисления первичных, вторичных и третичных спиртов, а также фенолов, укажите условия и протекания. Объясните различия в способности к окислению указанных соединений.

7. Укажите реакцию, позволяющую отличать одноатомные спирты от многоатомных, напишите уравнение этой химической реакции.

8. Напишите уравнения качественных реакций на многоатомные спирты и фенолы.

Учебная литература: [1, 2, 4, 6, 7, 12]

Лабораторная работа № 3

Тема. Оксосоединения

Изучение физико-химических свойств оксосоединений (альдегидов и кетонов), проведение качественных реакций

Цель работы – формирование навыков и умения в получении альдегидов в лабораторных условиях и в проведении качественных реакций на альдегидную группу.

Теоретическое введение

Альдегиды и кетоны – производные углеводородов, содержащие оксо- (карбонильную) группу $=C=O$. В альдегидах она связана с углеводородным радикалом и атомом водорода $R(Ar)-CH=O$, в кетонах – с двумя углеводородными радикалами $R(Ar)-CO-R(Ar)$.

Альдегиды и кетоны являются сильно полярными соединениями, так как в карбонильной группе более электроотрицательный атом кислорода оттягивает к себе электроны, образуя двойную связь. Кетоны менее реакционноспособны по сравнению с альдегидами, так как алкильные радикалы оказывают электронодонорное действие (положительный индуктивный эффект (+) I и тем самым, компенсируют в некоторой степени частичный положительный заряд ($+\delta$) на карбонильном атоме углерода, что приводит к уменьшению дипольного момента оксо-группы. Кроме того, объемные углеводородные радикалы могут создавать пространственные препятствия для реагентов.

Различная реакционная способность альдегидов и кетонов сильнее всего сказывается в отношении к окислителям: альдегиды легко окисляются при действии таких слабых окислителей, как оксид серебра и гидроксид меди (II), являющиеся качественными на альдегидную группу. Кетоны окисляются только сильными окислителями, такими, как перманганат калия в кислой среде,

хромовая кислота и другие, при нагревании. Для альдегидов и кетонов характерны реакции нуклеофильного присоединения по карбонильной группе (продукты присоединения в ряде случаев отщепляют воду и реакции по результатам выглядят как реакции замещения), реакции замещения кислорода в карбонильной группе и водорода в α -положении по отношению к карбонильной группе, конденсации, полимеризации и др.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Получение уксусного альдегида

Оборудование: штатив с микропробирками, спираль из медной проволоки.

Реактивы: этиловый спирт, фуксинсернистая кислота.

Ход работы

В сухую пробирку помещают 2–3 капли этилового спирта. Спираль из медной проволоки нагревают в пламени горелки до появления черного налета оксида меди. Еще горячую спираль опускают в пробирку с этиловым спиртом. Черная поверхность спирали мгновенно превращается в золотистую за счет восстановления оксида меди. Одновременно можно определить образование уксусного альдегида по характерному запаху (запах яблок).

Более убедительным доказательством образования уксусного альдегида служит цветная реакция с фуксинсернистой кислотой.

Для проведения реакции из пробирки удаляют медную спираль и добавляют в пробирку 2 капли раствора фуксинсернистой кислоты. Появляется розово-фиолетовое окрашивание.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Окисление альдегидов аммиачным раствором оксида серебра (реакция «серебряного зеркала»)

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: муравьиный альдегид (40%-ный водный раствор), аммиак (2н р-р), нитрат серебра (0,2н р-р).

Ход работы

В чистую пробирку помещают 2 капли раствора нитрата серебра и прибавляют каплю раствора аммиака. Образовавшийся бурый осадок гидроксида серебра растворяют, добавляя избыток – 1–2 капли раствора аммиака. Затем прибавляют каплю раствора муравьиного альдегида, ставят пробирку в водяную баню, нагретую до 50–60 °С, до выделения на стенках пробирки серебра в виде блестящего зеркального налета (комплексный ион металла восстанавливается до металлического серебра). Альдегид окисляется до кислоты, которая образует аммониевую соль.

Объясните, к какому типу реакции относится данная?

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Окисление альдегидов гидроксидом меди (II)

Оборудование: штатив с микропробирками, пробиркодержатель.

Реактивы: муравьиный альдегид (40%-ный водный р-р), сульфат меди (0,2н р-р), гидроксид натрия (2н р-р).

Ход работы

В пробирку помещают 4 капли раствора гидроксида натрия, разбавляют его 4 каплями воды и добавляют 2 капли раствора сульфата меди. К выпавшему осадку гидроксида меди (II) прибавляют 1 каплю раствора муравьиного альдегида, содержимое пробирки перемешивают. Нагревают над пламенем горелки до кипения только верхнюю часть так, чтобы нижняя часть оставалась для контроля холодной. В нагретой части пробирки выделяется желтый осадок гидроксида меди (I) CuOH , переходящий в красный оксид меди (I), а иногда на стенках пробирки выделяется даже металлическая медь.

Объясните, к какому типу реакций относится данная.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Реакция ацетона с гидросульфитом (бисульфитом) натрия

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: ацетон, гидросульфит натрия (насыщенный раствор), соляная кислота (2н р-р), гидроксид натрия (2н р-р).

Ход работы

В пробирку помещают 4 капли ацетона и прибавляют 6 капель раствора гидросульфита. Слегка разогревшуюся смесь охлаждают холодной водой. Затем пробирку встряхивают или протирают стеклянной палочкой о стенки пробирки. Вскоре выделяется белый осадок гидросульфитного производного ацетона. Содержимое пробирки делят на две части. В одну пробирку вносят 5 капель соляной кислоты, в другую – 5 капель раствора гидроксида натрия и нагревают до исчезновения осадка.

Отметьте запах выделившихся паров после прибавления к гидросульфитному производному растворов кислоты и щелочи.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Каково электронное строение оксо-группы?
2. Напишите все возможные формулы альдегидов и кетонов с общей

формулой C_5H_8O . Назовите их по систематической номенклатуре.

3. Укажите способы получения альдегидов и кетонов.

4. Напишите уравнения реакций, в которые вступают и уксусный альдегид, и ацетон.

5. Расположите в ряд по убывающей химической активности и объясните такое расположение для соединений: ацетон, муравьиный альдегид, пропионовый альдегид.

6. Напишите уравнения качественных реакций на альдегидную группу.

Учебная литература: [1–3, 5–8]

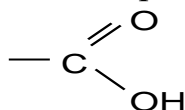
Тема. Карбоновые кислоты и их производные

Изучение физико-химических свойств карбоновых кислот

Цель работ – формирование навыков и умения в открытии кислотных свойств карбоновых кислот, проведении реакций разложения, изомеризации для ряда кислот; получении биурета и в присутствии амидной группировки в его структуре.

Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

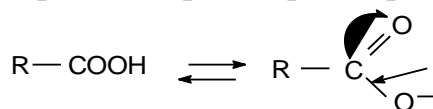
Карбоновыми кислотами называются производные углеводородов, содержащие карбоксильную группу, характеризующую класс кислот.



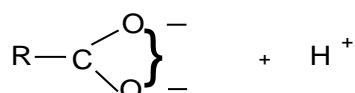
карбоксильная группа

Кислоты делятся на одно-, многоосновные – по числу карбоксильных групп, на алифатические (предельные и непредельные), ароматические – по структуре радикала.

Кислород карбонильной группы притягивает к себе электроны от кислорода гидроксильной группы, таким образом, кислород гидроксила менее прочно удерживает атом водорода и становится возможной диссоциация, характерная для растворов карбоновых кислот.



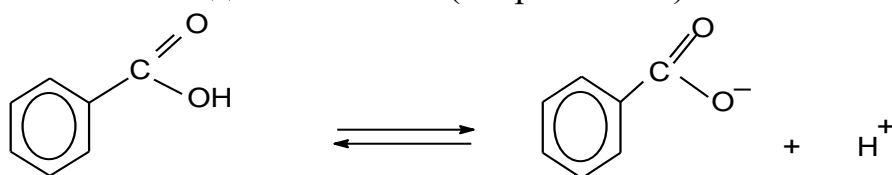
или



Протон в карбоксильной группе отщепляется легче, чем в спиртах (влияние полярной карбоксильной группы), т.е. они кислее спиртов. Отдавая протон, образуют карбоксилат-анион. Карбоксилат-анион имеет две одинаковые С-О связи – 1,27 Å, длина которых является промежуточной между длиной

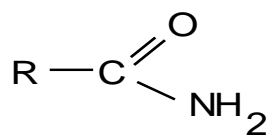
простой C–O (1,4 Å) и двойной C=O связи (1,20 Å). Карбоксилат-анион стабилизирован за счет эффекта сопряжения, его образование энергетически выгодно. На легкость отщепления протона влияет также радикал, связанный с карбоксильной группой. Поэтому карбоновые кислоты дают характерное окрашивание с индикаторами, проводят электрический ток, т.е. являются электролитами. Карбоновые кислоты по сравнению с неорганическими – слабые кислоты. Константа диссоциации 10^{-5} (Кдис), например, муравьиная кислота – Кдис=17,6·10⁻⁵, уксусная кислота – Кдис= 1,76·10⁻⁵, бензойная кислота – Кдис= 6,6·10⁻⁵, в то время как для серной кислоты Кдис=1,2·10⁻²

Свойства ароматических кислот подобны свойствам кислот жирного ряда, однако кислотность их выше вследствие того, что образование карбоксилат-иона облегчается взаимодействием его (сопряжением) с бензольным ядром:



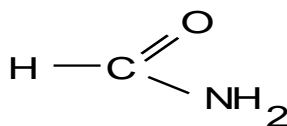
Для карбоновых кислот свойственны реакции замещения –H и –OH в карбоксильной группе.

Амиды кислот – один из продуктов замещения гидроксила в карбоксильной группе кислот.



Общие формулы амидов:

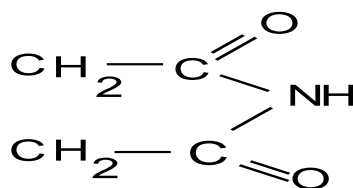
Например:



амид муравьиной кислоты,
форма́мид, мета́мид

Группа – NH₂, замещающая гидроксил в кислотном остатке, называется амидной группой, группа =NH, замещающая гидроксилы в двух кислотных остатках – имидной группой.

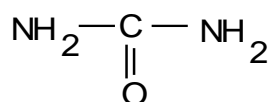
Например:



имид янтарной кислоты
сукци́мид

Особое значение в классе амидов имеет полный амид угольной кислоты –

карбамид или мочеви́на, конечный продукт азотистого обмена человека, млекопитающих и рыб:



Из насыщенных кислот в жирах чаще всего встречаются пальмитиновая $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$ и стеариновая $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$. Из ненасыщенных наиболее распространены олеиновая $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$, линолевая $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$, линоленовая $\text{C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$.

При щелочном гидролизе (омылении) жиров получают глицерин и мыла – соли высших жирных кислот, например, $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ – стеарат натрия.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Растворимость в воде различных кислот

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: кислоты: уксусная, масляная, стеариновая, олеиновая, щавелевая, янтарная.

Ход работы

Три или несколько кристаллов каждой из исследуемой кислот помещают в пробирки, добавляют по 5 капель воды в каждую пробирку, тщательно перемешивают. Затем, если кислота не растворяется, нагревают. Горячие растворы охлаждают и отмечают выделение кристаллов кислот, растворившихся лишь при нагревании.

Отметьте в рабочем журнале, как влияет на растворимость кислот увеличение длины углеродной цепочки (гидрофобной части) и числа карбоксильных групп (гидрофильной части). Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Кислотные свойства карбоновых кислот

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: уксусная кислота 0,1 н раствор; магний, порошок или стружка; карбонат натрия; метиловый оранжевый, раствор; лакмус синий, раствор; фенолфталеин, 1%-ный спиртовой раствор.

Ход работы

1. В три пробирки помещают по 1 капле раствора уксусной кислоты. В первую пробирку добавляют 1 каплю метилового оранжевого, во вторую – 1 каплю лакмуса. В третью – 1 каплю фенолфталеина. В пробирке с метиловым оранжевым появляется красное окрашивание; в пробирке с лакмусом – розовое. Фенолфталеин остался бесцветным. Объясните, почему?

2. В пробирку помещают 2 капли раствора уксусной кислоты и добавляют немного магния. К отверстию пробирки подносят горящую лучинку. При этом наблюдается вспышка, сопровождающаяся резким звуком.

Объясните, для смеси каких газов характерна такая вспышка? Напишите уравнения реакций.

3. В пробирку наливают 2–3 капли раствора уксусной кислоты и добавляют несколько крупинок углекислого натрия. К отверстию пробирки подносят горящую лучинку. Лучинка гаснет. Объясните, почему лучинка гаснет. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Разложение щавелевой кислоты при нагревании

Оборудование: штатив с микропробирками, газоотводная трубка с оттянутым концом.

Реактивы: щавелевая кислота, кристаллическая; известковая вода.

Ход работы

Несколько кристаллов щавелевой кислоты нагревают в пробирке с газоотводной трубкой, которая опущена в другую пробирку с известковой водой. Нагревание проводят до помутнения известковой воды. Затем трубку из жидкости вынимают и поджигают у её отверстия выделяющийся газ, он горит характерным голубым пламенем.

Объясните, для какого газа характерно голубое окрашивание?

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Изомеризация олеиновой кислоты в элаидиновую

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: олеиновая кислота или подсолнечное масло; медь, стружка или кусочки проволоки; азотная кислота, концентрированная.

Ход работы

В пробирку помещают 5 капель олеиновой кислоты, маленький кусочек медной проволоки или стружки. Добавляют 2–3 капли концентрированной азотной кислоты (в вытяжном шкафу), и осторожно встряхивают, чтобы выделяющиеся при взаимодействии азотной кислоты с медью окислы азота лучше поглощались олеиновой кислотой. Пробирку ставят в штатив и оставляют в вытяжном шкафу (примерно час), пока вспенившийся слой олеиновой кислоты над синим водно-кислотным слоем сильно загустеет или затвердеет и при опрокидывании пробирки не выливается.

Объясните, какое явление вы наблюдаете в пробирке. В чем отличие физических и химических свойств этих изомеров.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Образование биурета

Оборудование: штатив с пробирками, микрошпатель.

Реактивы: мочевины; гидроксид натрия, 2н раствор; сульфат меди, 0,2 н раствор.

Ход работы

В пробирку помещают один шпатель мочевины, осторожно продолжительно нагревают над пламенем горелки до прекращения выделения пузырьков аммиака и затвердения реакционной смеси, вследствие образования биурета. Чтобы открыть биурет, пробирку охлаждают, добавляют в неё 5–6 капель дистиллированной воды и содержимое пробирки кипятят 2–3 мин, дают отстояться.

К раствору биурета добавляют 2 капли раствора гидроксида натрия и 1 каплю раствора сульфата меди, появляется розово-фиолетовое окрашивание комплексной медной соли биурета (биуретовая реакция). Избыток сульфата меди придает раствору синий цвет, маскирующий характерную розовую окраску. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Напишите формулы муравьиной, стеариновой, кротоновой, олеиновой, бензойной кислот. Назовите их по современной международной номенклатуре.
2. Опишите электронное строение карбоксильной группы.
3. Перечислите способы получения пропионовой кислоты, напишите соответствующие уравнения химических реакций.
4. Напишите уравнения диссоциации, образования аммонийной соли масляной кислоты.
5. Какие функциональные производные можно получить из 2-метилбутановой кислоты? Напишите уравнения соответствующих химических реакций.
6. Расположите карбоновые кислоты в порядке убывания кислотных свойств: уксусная кислота, бензойная кислота, акриловая кислота. Ответ обоснуйте на основе электронного строения заданных карбоновых кислот.

Учебная литература: [1, 2, 4, 6, 7, 10]

Лабораторная работа № 4

Тема Гидроксикислоты

Изучение физико-химических свойств гидроксикислот

Цель работы – формирование навыков и умения в проведении реакции окисления гидроксикислот в различных условиях, в способности гидроксикислот и их производных к комплексообразованию; в открытии таутомерные формы ацетоуксусного эфира.

Теоретический материал, необходимый для выполнения

лабораторной работы.

Гидроксикислотами называются производные карбоновых кислот, в углеводородном радикале которых один или несколько атомов водорода замещены на гидроксильную группу. Оксокислоты содержат в радикале оксогруппу (карбонильную группу) $=C=O$.

Если гидроксил или кетогруппа находится в α -положении по отношению к карбоксильной группе, то они усиливают кислотные свойства гидроксикислот и оксокислот.

Гидрокси- и оксокислоты являются гетерофункциональными соединениями, они вступают в реакции по каждому виду функциональных групп. Кроме того, они могут реагировать с участием обеих групп.

В щелочной среде гидроксикислоты окисляются перманганатом калия до кетокислот, в кислой – до альдегидов и муравьиной кислоты.

Щелочной раствор комплексного медного производного сегнетовой соли известен под названием реактива Фелинга и обладает окислительными свойствами. Реактив Фелинга применяется для открытия альдегидной группы в альдегидах и сахарах.

Для гидроксикислот характерны реакции комплексообразования.

Ацетоуксусный эфир существует в растворе в виде двух таутомерных форм (кетон-енольная таутомерия). Таутомерия - это динамическая структурная изомерия. Более устойчивой формой является кетонная форма ацетоуксусного эфира, что обусловлено наличием в ней сопряженной системы электронов.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Окисление молочной кислоты

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня, микрошпатель.

Реактивы: молочная кислота, перманганат калия (1%-ный р-р), гидроксид натрия (2н р-р), серная кислота (5%-ный р-р).

Ход работы

В щелочной среде оксикислоты окисляются перманганатом калия до кетокислот, в кислой – до альдегидов и муравьиной кислоты.

1. В пробирку помещают 10 капель раствора перманганата калия, добавляют 1–2 капли раствора гидроксида натрия. К полученному щелочному раствору добавляют 3–4 капли молочной кислоты и нагревают 1–2 мин в кипящей водяной бане до изменения окраски. Затем прибавляют один микрошпатель хлоргидрата фенилгидразина и столько же ацетата натрия и нагревают 10–15 мин на кипящей водяной бане. После охлаждения выпадает желтый осадок фенилгидразона пировиноградной кислоты.

Напишите уравнения реакций, наблюдения и выводы.

2. В пробирку помещают 4 капли молочной кислоты и добавляют равный объем соответственно раствора серной кислоты и перманганата калия.

Содержимое пробирки нагревают 2–5 мин на водяной бане.

В рабочем журнале отмечают изменения окраски и запах выделяющегося газа. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Реакции гидроксикислот с хлоридом железа (III)

Оборудование: штатив с микропробирками

Реактивы: молочная кислота, уксусная кислота (конц), салициловая кислота (нас. р-р), бензойная кислота (нас. р-р), хлорид железа (III) (0,1н р-р), фенол (водный раствор).

Ход работы

В две пробирки вводят по 1 капле раствора хлорида железа (III) и добавляют по 2 капли раствора фенола. Растворы окрашиваются в фиолетовый цвет. В одну пробирку добавляют 2 капли молочной кислоты, а в другую – столько же капель уксусной кислоты (в вытяжном шкафу). Также проводят опыт с салициловой и бензойной кислотами.

Отметьте в лабораторной тетради в каких пробирках изменилась окраска. Почему? Сравните структуру образующихся комплексов со структурой комплексного фенолята железа.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Взаимодействие виннокислой соли с гидроокисью меди (получение реактива Фелинга)

Оборудование: штатив с микропробирками

Реактивы: калий-натрий тартрат (виннокислый) (2н р-р), сульфат меди (II) (2н р-р), гидроксид натрия (2н)

Ход работы

В пробирку помещают 2 капли раствора сульфата меди (II) и 2 капли раствора гидроксида натрия. К выпавшему голубому осадку гидроксида меди (II) добавляют калий – натрий тартрат (сегнетова соль). Голубой осадок растворяется и образуется темно-синий раствор комплексной медной соли винной кислоты. Полученный щелочной раствор, комплексного медного производного сегнетовой соли, известен под названием реактива Фелинга, обладающего окислительными свойствами.

Реактив Фелинга применяется для открытия альдегидной группы в альдегидах и углеводах.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Обнаружение двух таутомерных форм ацетоуксусного эфира (кетто-енольная таутомерия)

Оборудование: штатив с микропробирками

Реактивы: ацетоуксусный эфир, хлорид железа (0,1 н р-р), бром (нас. р-р, над раствором в склянке должны быть оранжевые пары брома).

Ход работы

Ацетоуксусная кислота и её этиловый эфир могут существовать в виде таутомерных форм – кетонной и енольной (последнее название производится от обозначения двойной связи =ен и указание на наличие гидроксильной группы – ол).

В пробирку помещают 1 каплю ацетоуксусного эфира и 1 каплю раствора хлорида железа. Немедленно появляется фиолетово-красное окрашивание, указывающее на наличие енольной формы ацетоуксусного эфира (гидроксил находится при углероде с двойной связью).

Прибавляют 1 каплю насыщенного раствора брома, фиолетовое окрашивание моментально исчезает, но затем постепенно возобновляется. Прибавляют еще 1 каплю бромной воды – вновь происходит обесцвечивание с последующим возобновлением фиолетовой окраски. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Напишите формулы и назовите по современной международной номенклатуре следующие соединения: молочная кислота, пировиноградная кислота, ацетоуксусный эфир, щавелевоуксусная кислота, гликолевая кислота, лимонная кислота.

2. Напишите реакции синтеза из соответствующих гидроксикислот следующих производных: натриево-калиевая соль винной кислоты, хлорангидрид пировиноградной кислоты, метиловый эфир молочной кислоты, полный амид яблочной кислоты.

3. Исходя из ацетоуксусного эфира, напишите уравнения реакций синтеза: масляной кислоты, метилэтилкетона (укажите условия расщепления эфира в обоих случаях), напишите схему получения лактида из молочной кислоты.

4. Напишите уравнения реакций получения α -кетоглутаровой и яблочной кислот, напишите для них все возможные изомеры, дайте им названия.

Учебная литература: [1, 4, 8, 11]

Тема. Аминокислоты

Изучение физико-химических свойств аминокислот, проведение качественных реакций

Цель работы – формирование навыков и умения в результате изучения отношения аминокислот к индикаторам, выявления способности аминокислот к комплексообразованию.

Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

Аминокислоты являются производными карбоновых кислот, в углеводородных радикалах которых один или несколько атомов водорода замещены аминогруппами.

Общая формула аминокислот: $\text{H}_2\text{N}-\text{R}-\text{COOH}$

Простейшей аминокислотой является аминоксусная (аминоэтановая) кислота, глицин или гликокол: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$

В зависимости от взаимного положения аминогруппы и карбоксильной группы различают α -, β -, γ -аминокислоты.

Общая формула α -аминокислот:
$$\text{H}_2\text{N} - \overset{\alpha}{\underset{\text{R}}{\text{C}}\text{H}} - \text{COOH}.$$

Аминокислоты являются амфотерными соединениями, так как обладают как кислотными, так и основными свойствами; кислотная группа $-\text{COOH}$ и основная группа $-\text{NH}_2$ взаимно нейтрализуют друг друга, образуя структуру биполярных ионов: $\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}_2-\text{COO}^-$.

Аминокислоты являются гетерофункциональными соединениями, они вступают в реакции по каждому виду функциональных групп. Кроме того, они могут реагировать с участием обеих групп. Для аминокислот характерны реакции комплексообразования: аминокислоты образуют с медью очень устойчивые окрашенные внутренне комплексные соли. Из-за дисмутации муравьиного альдегида его раствор имеет кислую реакцию. Формальдегид вступает в реакцию с аминокислотами, блокирует аминогруппу, в результате блокирования аминогруппа не влияет на карбоксильную группу, и раствор аминокислот приобретает кислую реакцию.

Протеиногенные аминокислоты за исключением пролина имеют первичные аминогруппы, наличие которых можно установить при проведении реакции с азотистой кислотой. На этой реакции основано количественное определение аминогруппы в аминокислотах, а также в белках и продуктах их распада. Выделяющийся азот определяется объёмным методом.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Отношение аминокислот к индикаторам

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: глицин, 0,2 н раствор; метиловый оранжевый; метиловый красный; лакмус.

Ход работы

Аминокислоты обладают как кислотными, так и основными свойствами; кислотная группа $-\text{COOH}$ и основная $-\text{NH}_2$ взаимно нейтрализуют друг друга,

образуя структуру биполярных ионов: $^+H_3N-CH_2-COO^-$.

В три пробирки помещают по 2 капли глицина и добавляют в одну 1 каплю раствора метилового оранжевого, в другую – 1 каплю раствора лакмуса, в третью – 1 каплю метилового красного. Содержимое пробирок тщательно перемешивают и отмечают окраску индикаторов.

Объяснить отношение глицина к индикаторам. Результаты опыта внесите в табл. 4.

Таблица 4. Результаты опыта

Индикатор	Окраска в зависимости от рН	Окраска индикаторов в растворе глицина
Метилоранжевый	Розовая 3–4,4 желтая	
Метилоранжевый	Красный 4,4–6,3 жёлтая	
Лакмус	Красный 5–8 синий	

Сформулируйте вывод.

Опыт 2. Образование медной соли глицина

Оборудование: штатив с микропробирками, микрошпатель, пробиркодержатель.

Реактивы: глицин, 0,2н раствор; оксид меди (II), порошок; гидроксид натрия, 2н раствор.

Ход работы

Аминокислоты образуют с медью очень устойчивые окрашенные внутренние комплексные соли.

В пробирку помещают немного порошка оксида меди, добавляют 4 капли раствора глицина и нагревают в пламени горелки, периодически встряхивая содержимое пробирки. Пробирку ставят в штатив, пока не осядет избыток черного порошка оксида меди. Отстоявшийся синий раствор осторожно сливают в другую пробирку и приливают 1 каплю раствора гидроксида натрия. Раствор остается прозрачным. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Действие муравьиного альдегида на аминокислоты

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: глицин, 0,2 н раствор; формальдегид, 40%-ный раствор,

метиловый красный, гидроксид натрия 1%-ный раствор.

Ход работы

Формальдегид вступает в реакцию с аминокислотами, блокирует аминогруппу, в результате чего она не влияет на карбоксигруппу и раствор аминокислот приобретает, кислую реакцию.

В пробирку помещают 3 капли раствора формальдегида и приливают 1 каплю метилового красного. Из-за дисмутации муравьиного альдегида раствор окрашивается в красный цвет. По каплям приливают раствор гидроксида натрия до появления желтой окраски.

В другую пробирку приливают 3 капли глицина и приливают к ней содержимое первой пробирки. Тотчас же появляется красное окрашивание. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Действие азотистой кислоты на аминокислоты

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: глицин, 0,2 н раствор; нитрит натрия, 1 н р-р; соляная кислота, 2н р-р.

Ход работы

На этой реакции основано количественное определение аминогрупп в аминокислотах, а также в белках и продуктах их распада. Выделяющийся азот определяют объемным методом.

В пробирку помещают 3 капли раствора глицина, добавляют 3 капли раствора нитрита натрия и 3 капли раствора соляной кислоты. При встряхивании содержимого появляется газ. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Нингидриновая реакция на аминокислоты

Оборудование: штатив с микропробирками, пробиркодержатель.

Реактивы: глицин, 0,2 н раствор; нингидрин, 0,1%-ный водный раствор.

Ход работы

Нингидрин взаимодействует с α -аминогруппами аминокислот с образованием окрашенных продуктов.

В пробирку помещают 4 капли раствора глицина, добавляют 1 каплю раствора нингидрина, нагревают в пламени горелки. Через 1–2 мин появляется сине-фиолетовое окрашивание. При стоянии интенсивность окраски увеличивается. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Как классифицируют аминокислоты по строению?
2. Рассмотрите строение α -аминокислоты на примере аминокислоты-

сной кислоты.

3. Что называется биполярным ионом? Объясните, почему аминокислоты являются амфотерными соединениями? Напишите уравнения реакций, характеризующих амфотерный характер аминокислот.

4. Объясните, почему в изоэлектрической точке аминокислоты не движутся ни к катоду, ни к аноду.

5. В какой среде находится изоэлектрическая точка у глутаминовой кислоты? лизина?

6. Что называют изоэлектрическим состоянием и изоэлектрической точкой аминокислот?

7. Каково строение биполярного иона лизина и аспарагиновой кислоты?

8. Какова реакция среды водных растворов аланина, аргинина и глутаминовой кислоты? Ответ обоснуйте.

9. Какие аминокислоты называют нейтральными, кислыми и щелочными?

10. Как аминокислоты реагируют с кислотами и щелочами? Напишите соответствующие уравнения реакций

11. С помощью каких индикаторов можно установить реакцию среды водных растворов аминокислот?

12. Почему аминокислоты способны к комплексообразованию?

Учебная литература: [1, 4, 6, 7, 11]

Лабораторная работа № 5

Тема. Цветные реакции на белки и аминокислоты

Проведение цветных реакций на белки и аминокислоты

Цель работы – формирование навыков и умения в результате проведения качественных реакций на белки и аминокислоты различного строения

Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

Белки и аминокислоты можно открыть с помощью цветных качественных реакций.

α -Аминогруппы аминокислот реагируют с нингидрином с образованием окрашенных продуктов синего или сине-фиолетового цвета. Реакция применяется для обнаружения α -аминокислот. В ходе нагревания аминокислот с нингидрином происходит окислительное дезаминирование α -аминогрупп и восстановление нингидрина. Восстановленный нингидрин реагирует с аммиаком и другой молекулой окисленного нингидрина с образованием окрашенного продукта. Иминокислоты (пролин и оксипролин) образуют продукты желтого цвета.

Биуретовая реакция на повторяющиеся пептидные связи в белках основана на том, что пептидные группы белков и полипептидов образуют с медью

окрашенные в фиолетовый и красно-фиолетовый цвет комплексные соли.

Ксантопротеиновая проба основана на том, что циклические аминокислоты при нагревании с азотной кислотой дают окрашенные нитросоединения и при последующем взаимодействии с гидроксидом натрия соли.

Открытие серусодержащих аминокислот основано на том, что при разрушении цистина и цистеина щелочью от белка отщепляется сероводород, который со свинцовыми солями дает черный осадок сернистого свинца.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Биуретовая реакция на пептидную связь

Проба основана на том, что пептидные группы белков и полипептидов образуют с медью комплексные соединения.

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор без соли (приготовление раствора белка: белок куриного яйца отделить от желтка, смешать с 10-кратным объемом воды и отфильтровать через несколько слоев марли); гидроксид натрия, 10%-ный раствор; сульфат меди, 1%-ный раствор.

Ход работы

В пробирку налить 5 капель раствора белка, добавить 3 капли раствора гидроксида натрия и 1 каплю раствора сульфата меди. После взбалтывания появляется розово-фиолетовое окрашивание. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Нингидриновая реакция на α -аминокислоты

Проба основана на том, что нингидрин взаимодействует с аминогруппами в α -положении с образованием окрашенных продуктов.

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор; нингидрин, 0,1%-ный водный раствор.

Ход работы

В пробирку налить 5 капель раствора белка, добавить 5 капель раствора нин-гидрина, нагреть. Появляется фиолетовое, иногда фиолетово-розовое окрашивание, со временем меняющееся на синее. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Ксантопротеиновая реакция на циклические аминокислоты

Проба основана на том, что циклические аминокислоты (фенилаланин и триптофан) при нагревании с азотной кислотой дают нитросоединения.

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки

Реактивы: яичный белок, 10%-ный раствор; азотная кислота, концентрированная, гидроксид натрия, 30%-ный раствор.

Ход работы

В пробирку налить 5 капель раствора белка, добавить 3 капли азотной кислоты и нагреть. Осадок свернувшегося под влиянием кислоты белка окрашивается в желтый цвет. Дать пробирке охладиться и добавить по каплям гидроксид натрия до появления оранжевого окрашивания, свидетельствующего о присутствии натриевой соли динитротирозина. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Реакция Миллона на тирозин

Проба основана на том, что свободные фенольные гидроксилы молекул тирозина при взаимодействии с солями ртути дают соединения красно-коричневого цвета.

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор; реактив Миллона.

Ход работы

В пробирку налить 5 капель раствора белка, добавить 3 капли раствора реактива Миллона. Появляется осадок свернувшегося белка, так как реактив Миллона содержит соли ртути и азотную кислоту. Пробирку осторожно нагреть. Осадок окрашивается в мясо красный цвет, свидетельствующий о присутствии тирозина. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Реакция Адамкевича на триптофан

Проба основана на том, что триптофан, взаимодействуя с глиоксиловой кислотой (глиоксиловая кислота – примесь ледяной уксусной кислоты) дает фиолетовое окрашивание.

Оборудование: штатив с пробирками; пипетки.

Реактивы: белок яичный, уксусная кислота ледяная; серная кислота, концентрированная.

Ход работы

В пробирку налить 5 капель раствора белка, добавить равный объем уксусной кислоты и нагреть, не доводя до кипения. Пробирку охладить и осторожно по стенке добавить 5–10 капель концентрированной серной кислоты. Слой серной кислоты опускается на дно. При стоянии на границе жидкостей появляется фиолетовое кольцо, свидетельствующее о присутствии триптофана. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 6. Реакция на аминокислоты, содержащие серу

Проба основана на том, что при разрушении цистина и цистеина щелочью от белка отщепляется сероводород, который со свинцовыми солями дает черный осадок сернистого свинца.

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки.

Реактивы: яичный белок; 10%-ный раствор; желатин, 1%-ный раствор; шерстяные нити; гидроксид натрия 30%-ный раствор; ацетат свинца, 5%-ный раствор.

Ход работы

В три пробирки налить по 2–4 капли раствора ацетата свинца и понемногу добавить раствор гидроксида натрия до растворения образовавшегося осадка гидрата свинца. В пробирку № 1 налить 5 капель яичного белка, в пробирку № 2 – столько же желатина. В пробирку № 3 поместить шерстяные нити. Пробирки осторожно нагреть, раствор в пробирках № 1 и 3 темнеет, что свидетельствует о присутствии серосодержащих аминокислот. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 7. Диазореакция (реакция Паули)

При обработке диазореактивом в щелочной среде гистидин и тирозин образуют окрашенные в вишнево-оранжевый цвет соединения.

Оборудование: штатив с пробирками

Реактивы: сульфаниловая кислота, нитрит натрия, соляная кислота, карбонат натрия, 10%-ный раствор; белок яичный, 10%-ный раствор.

Ход работы

В пробирку вносят 3 капли сульфаниловой кислоты, 3 капли нитрит натрия и 6 капель соляной кислоты, 10 капель белка и добавляют 2 каплю раствора карбоната натрия. Отмечают появление желтого или оранжевого – вишневого окрашивания. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 8. Сопоставление аминокислотного состава пищевых белков (яичного белка и желатина)

Оборудование: штатив с пробирками, водяная баня.

Реактивы: яичный белок, 10%-ный раствор, желатин, 1%-ный раствор.

Ход работы

С раствором яичного белка и желатина проделывают реакции Миллона, ксантопротеиновую, диазореакцию и реакцию на триптофан. Сопоставив результаты, записать вывод о наличии или отсутствии в исследованных белках тирозина, триптофана и гистидина, а также о полноценности этих белков. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Что называют аминокислотами? Приведите общую формулу.
2. Охарактеризуйте физические свойства аминокислот.
3. Напишите реакции, характеризующие амфотерный характер аминокислот.
4. Напишите уравнения реакций взаимодействия глицина со следующими реагентами HCl, NaOH, CuSO₄, ацетальдегидом, ацетилхлоридом.
5. Что называется денатурацией белка и в чем ее отличие от гидролиза?
6. Охарактеризуйте биологическое значение аминокислот.
7. Какие цветные реакции на белки и аминокислоты вы знаете?
8. В какой зоне рН лежит изоэлектрическая точка щелочного белка?
9. Какой качественной реакцией можно обнаружить повторяющиеся пептидные связи в белках?
10. При участии каких функциональных групп образуется пептидная связь в белках?
11. Какой качественной реакцией можно обнаружить α-аминокислоты?
12. Какие аминокислоты относятся к циклическим? Приведите их формулы и названия.
13. Какие аминокислоты содержат серу? Приведите их формулы и названия.

Учебная литература: [1, 4, 7, 11]

Тема. Белки

Изучение растворимости и реакций осаждения белков

Цель работы – формирование навыков и умения в результате изучения растворимости белков куриного яйца в воде, в присутствии нейтральных солей в малой и большой концентрациях, диализа белков; влияния рН, нейтральных солей в больших концентрациях на этот процесс.

Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

Процесс растворения связан с гидратацией частиц белка – связыванием воды ионогенными и полярными группами. При этом ионогенные группы в диссоциированном состоянии притягивают диполи воды за счёт ион-дипольных взаимодействий, а неионогенные полярные группы и пептидные связи белков образуют с водой водородные связи. Вокруг белка образуется гидратная оболочка.

Растворимость белков в воде определяется природой и количеством функциональных групп, которые оказываются на поверхности молекулы белка при её пространственной укладке в нативную конформацию.

подавляющее большинство белков является гидрофильными веществами, хорошо растворимыми в воде.

Факторами устойчивости белка в растворе являются наличие заряда и гидратной оболочки. Их нарушение по каким-либо причинам будет понижать устойчивость белка в растворе в воде и способствовать выпадению белка в осадок (коагуляции).

Коагуляция – сближение и склеивание частиц белка, вследствие чего увеличивается их размер. Они выпадают в осадок. Различают обратимую коагуляцию, когда при устранении факторов, её вызвавших белок может снова вернуться в прежнее состояние и необратимую коагуляцию, при которой происходят глубокие нарушения структуры молекулы белка и белок не может вернуться в прежнее состояние.

Растворимость белков в воде возрастает при добавлении нейтральных солей в небольших концентрациях. Это явление называют солевым растворением. Оно объясняется тем, что нейтральные соли в малых концентрациях, увеличивая диэлектрическую постоянную среды, увеличивают степень диссоциации белка, при этом на поверхности белка в результате адсорбции и диффузии образуется слой ионов, который обеспечивает стабилизацию раствора белка.

Высокие концентрации нейтральных солей обратимо осаждают (высаливают) белки из водных растворов. Физико-химическая природа высаливания до конца не выяснена. Предполагают, что белок адсорбирует ионы соли с противоположным зарядом, снимая с белка заряд; нейтральные соли в высоких концентрациях оттягивают на себя диполи воды от заряженных групп белка и тем самым лишают белок гидратной оболочки.

Осадок белка после высаливания можно снова растворить в воде, при этом наблюдается восстановление его свойств, например ферментативной активности, антигенных свойств и т.д.).

Для изучения растворимости и реакций осаждения белка в работе применяются белки куриного яйца, которые имея разный заряд на поверхности, имеют разную растворимость в воде, и им требуются разные концентрации соли для высаливания.

С повышением температуры до 40 °С растворимость большинства белков возрастает, а при температурах выше 40–50 °С большинство белков утрачивает стабильность, начинается их денатурация, сопровождающаяся резким снижением растворимости в области нейтральных значений рН.

Денатурация – частичное или полное разрушение пространственной структуры белковой молекулы за счёт разрыва слабых связей при сохранении первичной структуры, сопровождающееся потерей биологической активности (разрушается активный центр) и изменением ряда физико-химических свойств.

Механизм денатурации состоит в развёртывании полипептидной цепи. денатурированные белки приобретают вид случайных хаотических петель и клубков.

Белки, являясь природными полимерами, из-за больших размеров молекул не могут проходить через полупроницаемую мембрану. На этом основан метод их очистки от низкомолекулярных примесей.

Соли тяжелых металлов вызывают денатурацию белков, образуют нерастворимые комплексные соли с белками.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Растворимость белков

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки.

Реактивы: яичный белок, хлористый натрий, 5%-ный раствор.

Ход работы

В пробирки поместить по 2–3 капли яичного белка. В первую пробирку добавить 1–2 мл воды, содержимое перемешать и оставить на 5 мин. Яичный альбумин растворяется, яичный глобулин выпадает в виде небольшого осадка.

Во вторую пробирку добавить 1–2 мл раствора хлористого натрия. Содержимое перемешать. Полученный раствор содержит альбумин и глобулин. Солевой раствор использовать для диализа. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Диализ

Оборудование: штатив с центрифужными пробирками, стеклянная трубка (длина 120, диаметр 7 мм), один конец которой закрыт перепонкой из коллодия или целлофана. Пипетки.

Реактивы: солевой раствор белка, полученный в предыдущем опыте. Нитрат серебра, 1%-ный раствор; сульфат меди, 1%-ный раствор; гидроксид натр, 10%-ный раствор.

Ход работы

В пробирку налить около 5 мл дистиллированной воды. В трубку для диализа внести 0,5–1 мл раствора белка. Конец трубки, закрытый перепонкой, осторожно опустить в пробирку с водой. Через 5 мин вынуть трубку.

Диализат из центрифужной пробирки разлить пополам в две пробирки. В одной пробирке провести биуретовую реакцию, во вторую добавить несколько капель раствора нитрата серебра для обнаружения хлоридов.

Зарисовать прибор, написать уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Влияние pH раствора на осаждение белков

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор без соли; уксусная кислота, 10%-ный раствор; уксусная кислота, 1%-ный раствор; гидроксид натрия, 10%-ный раствор; хлорид натрия, насыщенный раствор.

Ход работы

В шесть пронумерованных пробирок налить по 4 капли раствора белка. Затем в пробирки № 2 и 3 добавить по 1 капле 1%-ного раствора уксусной кислоты, в пробирки № 4 и 5 добавить по 4 капли 10%-ного раствора уксусной кислоты. Записать результаты наблюдений.

Затем в пробирки № 1, 3 и 5 добавить по 2 капли насыщенного раствора хлорида натрия, в пробирку № 6 – 4 капли раствора гидроксида натрия.

Через 10–15 мин наблюдения отметить, в каких пробирках и через какое время появился осадок. Интенсивность образования осадка обозначить несколькими плюсами. Результаты опыта представить в виде таблицы (табл. 5). Сформулировать выводы.

Таблица 5. Результаты опыта

Номер пробирки	Содержимое пробирки	Результат	Объяснение результата

Опыт 4. Высаливание белков

Оборудование: штатив с пробирками, пипетки, воронки диаметра 3–5 см, фильтровальная бумага.

Реактивы: яичный белок, солевой раствор (приготовление солевого раствора белка: белки трех куриных яиц отделить от желтков, смешать с 700 мл дистиллированной воды и 300 мл насыщенного раствора хлорида натрия и отфильтровать через несколько слоев марли). Сульфат аммония, насыщенный раствор, сульфат аммония, кристаллический порошок.

Ход работы

К 5 каплям раствора белка добавить равный объем насыщенного раствора сернокислого аммония и перемешать. Получается полунасыщенный раствор сернокислого аммония, в котором выпадает осадок глобулинов. Через 5 мин осадок отфильтровать. В фильтре остаются альбумины. К фильтру добавить порошок сернокислого аммония до полного насыщения раствора, выпадает осадок альбуминов. Запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Осаждение белков солями тяжелых металлов

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор без соли; ацетат свинца, 5%-ный раствор; сульфат меди, 1%-ный раствор.

Ход работы

В две пробирки налить по 3 капли раствора белка. В первую пробирку прибавить 1–2 капли раствора ацетата свинца, во вторую – 1–2 капли сульфата меди (до появления осадков).

Добавить в обе пробирки избыток, примерно 6 капель, соответствующих солей до растворения осадков (адсорбционная пептизация).

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 6. Осаждение белков минеральными кислотами

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор без соли, азотная кислота концентрированная, серная кислота концентрированная, соляная кислота концентрированная.

Ход работы

В три пробирки осторожно налить приблизительно по 5 капель соляной, серной и азотной кислот. Во все пробирки осторожно по стенке добавить по 2 капли раствора белка. На границе двух жидкостей в каждой пробирке появляется осадок белка в виде небольшого беловатого кольца. Осторожно встряхнуть каждую пробирку. Происходит растворение осадков в пробирках с серной и соляной кислотами. Запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 7. Осаждение белков органическими кислотами

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный, 10%-ный раствор без соли; сульфосалициловая кислота, 20%-ный раствор; трихлоруксусная кислота, 10%-ный раствор.

Ход работы

В две пробирки налить по 3 капли раствора белка. В пробирку № 1 добавить 2 капли раствора сульфосалициловой кислоты, в пробирку № 2 – столько же раствора трихлоруксусной кислоты. Выпадает осадок белка.

Опыт 8. Осаждение белков органическими растворителями

Оборудование: штатив с пробирками.

Реактивы: белок яичный 10%-ный раствор без соли; этиловый спирт.

Ход работы

К 5 каплям раствора белка добавить 5–10 капель спирта. Выпадает осадок. Разделить осадок на две пробирки. В одну пробирку немедленно добавить

дистиллированной воды до растворения белка, во вторую пробирку добавить воду через 10 мин. Осадок не растворяется. Запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной лабораторной работы

1. Охарактеризуйте типы связей, встречающиеся в белковой молекуле, и какова их роль в образовании структур белков?
2. Дайте определение изоэлектрической точки белков.
3. Какие факторы влияют на растворимость белков?
4. Охарактеризуйте коагуляцию белков.
5. Какой процесс называется диализом? На чем он основан? В каких целях он применяется?
6. Какой процесс называют высаливанием белков? Каков его механизм?
7. Охарактеризуйте влияние нейтральных солей в малых концентрациях на растворимость белков в воде.
8. Почему белки могут высаливаться при разных концентрациях солей?
9. Какой процесс называют денатурацией белка? Какие факторы могут его вызывать?
10. Укажите биологическое значение белков.

Учебная литература: [6–8]

Лабораторная работа № 6

Тема. Углеводы

Изучение физико-химических свойств углеводов (моно-, ди- и полисахаридов), проведение качественных реакций

Цель работы – формирование навыков и умения в результате открытия наличия гидроксильных и альдегидных групп в структуре моно- и дисахаридов с помощью качественных реакций, способности к гидролизу ди- и полисахаридов

Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

Углеводы являются полиоксикарбонильными соединениями и их производными или соединениями, образующими их при гидролизе. Углеводы подразделяются на группы в зависимости от числа моносахаридов, связанных в одну молекулу. Наиболее распространенные моносахариды, относящиеся к пентозам и гексозам: рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, галактоза, фруктоза. Из групп олигосахаридов наиболее распространены углеводы, относящиеся к дисахаридам: сахароза, мальтоза и лактоза. Наиболее распространенные полисахариды: гликоген, крахмал, клетчатка.

Углеводы входят в состав всех живых организмов. В ходе обмена веществ углеводы подвергаются окислительному распаду с выделением энергии, либо участвуют в обменных процессах в составе различных сложных веществ.

Углеводы являются гетерофункциональными соединениями, дают реакции с участием карбонильной и гидроксильных групп. В отношении последней, они ведут себя как многоатомные спирты.

Альдозы легко окисляются слабыми окислителями с образованием гидроксикислот. Эти реакции применяются как качественные на альдегидную группу в моносахаридах и восстанавливающих дисахаридах.

Ди- и полисахариды подвергаются гидролизу в кислой среде или при участии ферментов. Гидролиз полисахаридов протекает ступенчато. Образующиеся промежуточные продукты гидролиза полисахаридов крахмала можно открыть с помощью реакции с йодом.

Проба на крахмал основана на его способности образовывать с йодом окрашенное соединение адсорбционного характера. Это соединение легко разлагается при нагревании и вновь образуется при охлаждении.

Пентозы при нагревании с соляной кислотой дегидрируются с образованием фурфурола, который, взаимодействуя с анилином, дает соединение красного цвета.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Образование сахара кальция

Оборудование: штатив с микропробирками, трубочка для пропускания углекислого газа изо рта.

Реактивы: глюкоза, 10%-ный раствор; известковое молоко.

Ход работы

Слить равные объемы растворов известкового молока и глюкозы, взболтать. Посветление известкового молока свидетельствует об образовании растворимых в воде сахаратов кальция. Через полученный раствор пропустить углекислый газ. Помутнение раствора свидетельствует о распаде сахаратов и образовании карбоната кальция. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Восстановление меди (проба Троммера)

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: глюкоза, манноза, галактоза, 1%-ные растворы; гидроксид натрия, 10%-ный раствор; сульфат меди, 1 %-ный раствор.

Ход работы

К 5 каплям раствора глюкозы прибавить 2 капли раствора гидроксида натрия и 2 капли раствора сульфата меди. Жидкость окрашивается в голубой цвет в результате образования гидроксида меди (II). Верхний слой жидкости нагреть до кипения. Появление желтого (гидроксида меди (I)), затем красного осадка (оксида меди (I)) указывает на окисление глюкозы и на восстановление меди.

Проделать эту реакцию с другими моносахаридами.

Пробу Троммера нельзя проводить в присутствии избытка солей меди, так как в этом случае при нагревании в щелочной среде избыток гидрата окиси меди переходит в черный осадок окиси меди, маскирующий результаты опыта. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Проба с реактивом Фелинга на карбонильную группу

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: глюкоза, манноза, галактоза, 2%-ные растворы; реактив Фелинга.

Ход работы

К 5 каплям раствора глюкозы прибавите: 3 капли реактива Фелинга. Верхний слой жидкости нагреть до кипения. Появление желтого окрашивания (гидроксида меди (I)), затем красного осадка (оксида меди (I)) указывает на окисление глюкозы и на восстановление меди. В этой реакции в противоположность пробе Троммера не образуется черного осадка оксидов меди.

Проделать эту реакцию с другими моносахаридами. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Образование металлического серебра (реакция серебряного зеркала)

Оборудование: штатив с микропробирками, водяная баня.

Реактивы: глюкоза, 2%-ный раствор; нитрат серебра, 3%-ный раствор; аммиак, 10%-ный раствор.

Ход работы

Для приготовления аммиачного раствора оксида серебра к 2–3 каплям раствора нитрата серебра прилить по каплям раствор аммиака до растворения выпавшего осадка оксида серебра. К полученному раствору прилить 4 капли раствора глюкозы, не взбалтывать, нагреть 2–3 мин в кипящей водяной бане. На стенках пробирки оседает металлическое серебро. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Образование сахара кальция

Оборудование: штатив с микропробирками, трубочка для пропускания углекислого газа изо рта.

Реактивы: мальтоза, 10%-ный раствор; известковое молоко.

Ход работы

Слить равные объемы растворов известкового молока и мальтозы, взболтать. Посветление известкового молока свидетельствует об образовании растворимых в воде сахаратов кальция. Через полученный раствор пропустить углекислый газ. Помутнение раствора свидетельствует о распаде сахаратов и образовании карбоната кальция. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 6. Проба с реактивом Фелинга на карбонильную группу

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: мальтоза, лактоза, сахароза, 2%-ные растворы; реактив Фелинга.

Ход работы

К 5 каплям раствора мальтозы прибавить 3 капли реактива Фелинга. Верхний слой жидкости нагреть до кипения. Появление желтого окрашивания (гидроксида меди (I)), затем красного осадка (оксида меди (I)) указывает на окисление мальтозы и на восстановление меди. Прodelать эту реакцию с другими дисахаридами. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 7. Гидролиз сахарозы

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: сахароза, 2%-ный раствор; соляная кислота, конц.; карбонат натрия кристаллический; реактив Фелинга; реактив Селиванова.

Ход работы

К 6 каплям раствора сахарозы прибавить 2 капли концентрированной соляной кислоты, кипятить 3–5 мин. Раствор после охлаждения осторожно нейтрализовать содой. Разлить раствор в две пробирки.

С гидролизатом в одной пробирке проделать реакцию с реактивом Фелинга.

С гидролизатом в другой пробирке проделать пробу Селиванова. Для этого к 3 каплям гидролизата прибавить 3 капли реактива Селиванова и нагреть до кипения. Появление красного окрашивания свидетельствует о взаимодействии резорцина с оксиметилфурфуролом, образованным из фруктозы. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 8. Проба с йодом на крахмал

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: крахмал, 1%-ный растворы; реактив Люголя.

Ход работы

Проба основана на способности крахмала и гликогена образовывать с йодом окрашенные соединения адсорбционного характера. Эти соединения легко разлагаются при нагревании и вновь образуются при охлаждении.

К 5 каплям гликогена прибавить 2 капли раствора Люголя. Появляется красно-бурое окрашивание. Прodelать эту пробу с крахмалом. Появляется синее окрашивание. При нагревании окрашивание в обеих пробирках исчезает, а при охлаждении возникает вновь. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 9. Проба с реактивом Фелинга

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: крахмал, 1%-ный растворы; реактив Фелинга.

Ход работы

К 5 каплям раствора гликогена и крахмала прибавить по 3 капли реактива Фелинга. Верхний слой жидкости нагреть до кипения. Отрицательный результат пробы объясняется отсутствием редуцирующей способности у полисахаридов. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 10. Гидролиз крахмала

Оборудование: штатив с микропробирками, колба Эрленмейера на 100 мл.

Реактивы: крахмал, 1%-ный р-р; соляная кислота, конц.; реактив Люголя; реактив Фелинга; гидроксид натрия, 10%-ный р-р; индикаторная бумага.

Ход работы

К 30–40 мл раствора крахмала прилить 1–2 мл соляной кислоты, перемешать и нагреть до кипения. Через 1–2 мин после начала кипения колбу снять с огня. Отлить 4 капли гидролизата в пробирку с 3 каплями дистиллированной воды, прибавить 2 капли раствора Люголя. Появление фиолетового окрашивания указывает на присутствие амилодекстринов, образовавшихся при гидролизе крахмала.

Колбу вновь поставить на огонь и кипятить еще 1–2 мин. Провести пробу реактивом Люголя. Появление красно-бурого окрашивания указывает на присутствие эритродекстринов.

Снова кипятить и через каждые 2–3 мин повторять пробы реактивом Люголя. Отрицательная реакция гидролизата на реактив Люголя происходит при расщеплении крахмала до конечных продуктов гидролиза: мальтозы и глюкозы.

Гидролизат нейтрализовать и прodelать пробу Фелинга. Положительный результат пробы свидетельствует о наличии свободных карбонильных групп у продуктов гидролизата крахмала.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 11. Гидролиз клетчатки

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: полоски фильтровальной бумаги; серная кислота, конц.; реактив Фелинга; гидроксид натрия, 10%-ный р-р; индикаторная бумага.

Ход работы

В пробирку с 2 каплями серной кислоты опустить полоску фильтровальной бумаги, через 1–2 мин слить избыток кислоты, добавить 4 капли дистиллированной воды и осторожно кипятить в течение 10 мин. Полученный раствор нейтрализовать и проделать пробу Фелинга.

Положительный результат пробы свидетельствует о наличии свободных карбонильных групп у продуктов гидролиза клетчатки. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Какие химические свойства глюкозы соответствуют её циклической полуацетальной форме?

2. Какие химические свойства рибозы отвечают её оксикарбонильной форме?

3. К какому типу сахаров (восстанавливающих или невосстанавливающих) относятся мальтоза и сахароза?

4. Чем отличаются по строению крахмал и клетчатка?

5. Какие углеводы дают качественные реакции на альдегидную группу? Напишите примеры соответствующих реакций.

6. Какой качественной реакцией можно открыть крахмал?

7. В каких условиях гликозидная связь в ди- и полисахаридах подвергается гидролизу?

8. С помощью какой химической реакции можно открыть промежуточные продукты гидролиза полисахаридов крахмала?

9. Охарактеризуйте химические свойства ди- и полисахаридов. Напишите соответствующие уравнения реакций.

10. Охарактеризуйте гетерополисахариды и укажите их значение в организме человека.

Учебная литература: [1, 2, 4, 6–9]

Лабораторная работа № 7

Тема. Липиды

Изучение физико-химических свойств липидов. Проведение качественных реакций на наличие непредельных жирных кислот в

липидах.

Цель работы – формирование навыков и умения в результате изучения способности жиров растворяться в гидрофобных растворителях, образовывать стойкие эмульсии в присутствии эмульгаторов, выявления наличие остатков непредельных жирных кислот, способных к изомеризации, проведения омыления жиров.

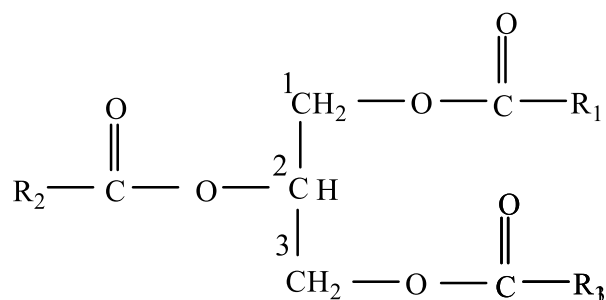
Теоретический материал, необходимый для выполнения лабораторной работы

К липидам принадлежат нейтральные жиры (ацилглицерины) и липоиды. По строению липиды являются производными карбоновых кислот и спиртов. Липиды нерастворимы в воде, но растворяются в различных органических растворителях (эфире, хлороформе, бензине и т.д.). Липиды делятся на следующие классы: нейтральные жиры, фосфолипиды, гликолипиды, стерины и стериды, воска.

Нейтральные жиры являются сложными эфирами глицерина и различных одноосновных кислот, преимущественно высокомолекулярных. Из насыщенных кислот в жирах чаще всего встречаются стеариновая $C_{17}H_{35}COOH$ и пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$. Кроме них в некоторых жирах находятся масляная C_3H_7COOH , капроновая $C_5H_{11}COOH$, каприловая $C_7H_{15}COOH$ и др.

Из ненасыщенных кислот наиболее распространена олеиновая кислота $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$, которая присутствует во всех природных жирах. Кроме того, во многих жирах находятся более ненасыщенные кислоты: линолевая $CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ и линоленовая $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$.

В некоторых липидах встречаются еще более высокомолекулярные кислоты: из насыщенных – арахиновая $C_{19}H_{39}COOH$, лигноцериновая $C_{23}H_{47}COOH$ (содержится в цереброзидах), из ненасыщенных – гадолеиновая $C_{21}H_{37}COOH$, найденная в жирах рыб и морских животных, а также кислоты с большим количеством двойных связей, например, клупанодоновая $C_{21}H_{33}COOH$ с пятью двойными связями, найденная в жирах рыб и морских животных. Следует отметить, что входящие в состав жиров кислоты за очень редким исключением имеют четное число атомов углерода и неразветвленную цепь углеродных атомов. Нейтральные жиры имеют следующее строение:



Природные жиры представляют собой смеси различных смесей различных

три-, ди-, моноацилглицеринов. Причём в разных жирах преобладают разные кислоты. От преобладания тех или иных кислот зависят свойства жиров.

Наличие в жирах остатков глицерина можно установить реакцией его дегидратации и открытием образующегося продукта по характерному запаху. Наличие непредельных жирных кислот в жирах можно установить с помощью качественных реакций на двойную связь.

Вещества, облегчающие образование эмульсии и делающие ее более стойкой, называются эмульгаторами. Хорошими эмульгаторами являются мыло и белки. Эмульгирование жиров имеет большое значение при переваривании их в кишечнике, так как при эмульгировании увеличивается поверхность соприкосновения жиров с ферментами. В состоянии очень тонкой эмульсии часть жиров подвергается всасыванию без расщепления. Эмульгированию жиров в кишечнике способствует желчь. Моющее действие мыла также отчасти объясняется способностью его эмульгировать жиры. Такой продукт, как молоко, представляет собой, в основном, эмульсию жира, причем стойкость эмульсии в нем обеспечивается одновременным присутствием белка.

Жиры, как и все сложные эфиры, способны омыляться, т.е. гидролизаться с образованием глицерина и солей свободных жирных кислот (мыла). Омыление жира можно произвести посредством нагревания жира с водой в автоклавах, в присутствии соответствующих катализаторов. Омыление ускоряется кислотами, а особенно хорошо идет со щелочами, причем в последнем случае получаются не свободные кислоты, а их соли, являющиеся мылами, откуда эта реакция и получила свое название.

Задание и этапы проведения лабораторной работы

Опыт 1. Растворимость жиров

Оборудование: штатив с микропробирками, пробка с пропущенной через нее трубкой, подобранная к пробирке, водяная баня.

Реактивы: растительное масло, бензин, серный эфир (этоксиэтан), ацетон, этиловый спирт.

Ход работы

В четыре пробирки поместить 0,2–0,5 г жира, прилить в первую пробирку 5 мл бензина, во вторую – 5 мл серного эфира, в третью ацетона, в четвертую спирта. Содержимое пробирок взбалтывать 2–3 мин и определить, в каких веществах растворяются жиры. Пробирку со спиртом нагреть и отметить растворимость жира в холодном и горячем спирте. Запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 2. Эмульгирование жира

Оборудование: штатив с микропробирками,

Реактивы: растительное масло, раствор мыла, карбонат натрия, 2н раствор, раствор белка, раствор гидроксида натрия, 0,1н.

Ход работы

В пять пробирок помещают по 4 капли подсолнечного масла и добавляют по 5 капель в первую пробирку – воды, во вторую р-р гидроксида натрия, в третью – карбоната натрия, в четвертую – р-р мыла, в пятую – р-р белка. Содержимое пробирок сильно встряхнуть до образования эмульсии и поставить в штатив. Через некоторое время определить стойкость эмульсий. Запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 3. Акролеиновая проба

Оборудование: штатив с микропробирками, спиртовка.

Реактивы: растительное масло, сульфат натрия гидроксид (сухой).

Ход работы

Небольшое количество (0,5–1,0 г) жидкого жира смешать в пробирке с двойным количеством сульфата натрия гидроксида и нагреть до вспенивания. Появляется острый запах акролеина. Появление острого запаха указывает на присутствие в исследуемом материале глицерина, который при нагревании теряет воду и переходит в ненасыщенный альдегид – акролеин.

Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 4. Открытие ненасыщенных кислот в жирах

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: растительное масло, бромная вода, насыщенный раствор, перманганат калия, 0,1н раствор.

Ход работы

Небольшое количество растительного масла взболтать в одной пробирке с равным объемом бромной воды, в другой – с равным объемом раствора перманганата калия. Обесцвечивание растворов указывает на наличие в растительном масле непредельных жирных кислот. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Опыт 5. Элаидиновая проба

Оборудование: штатив с микропробирками.

Реактивы: растительное масло, кусочки медной проволоки, азотная кислота концентрированная.

Ход работы

К растительному маслу прибавляют 0,5 мл крепкой азотной кислоты и кусочек медной проволоки или стружки, хорошо взбалтывают и поставят в

штатив. Приблизительно через час кислота затвердеет, что объясняется переходом ее в элаидиновую кислоту, имеющую более высокую температуру плавления (52 °С). Положительная элаидиновая проба указывает на наличие в данном масле большого количества олеиновой кислоты. Напишите уравнения реакций, запишите наблюдения, и сформулируйте вывод.

Вопросы для самостоятельной работы

1. Какова химическая природа жиров?
2. Охарактеризуйте жирные кислоты, приведите их формулы и названия.
3. В каких органических растворителях хорошо растворяются липиды?
4. Какими качественными реакциями можно открыть двойные связи в ненасыщенных жирных кислотах в составе жиров?
5. Какой качественной реакцией можно открыть глицерин в ацилглицеринах? Напишите уравнение соответствующей реакции.
6. Опишите процесс эмульгирования жиров.
7. Какие природные эмульгаторы жиров вам известны? Каково значение эмульгирования в переваривании жиров?
8. Какие органические соединения являются мылами? На чем основано их моющее действие?
9. Указать, что является общим признаком всех фосфолипидов.
10. Указать структуру, лежащую в основе строения стероидов

Учебная литература: [2, 6–8]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванов, В. Г. Органическая химия: учеб. / В. Г. Иванов, В. А. Горленко, О. Н. Гева. – 7-е изд., перераб. – Москва: Академия, 2012. – 560 с.
2. Комарова, Е. В. Курс лекций по органической химии: учеб. пособие / Е. В. Комарова, О. И. Гребенникова, П. Н. Саввин. – Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2011. – 209 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141984> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный.
3. Горленко, В. А. Органическая химия: учеб. пособие: в 6 ч. / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина. – Москва: Прометей, 2012. – Ч. 1, 2. – 294 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437300> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный.
4. Горленко, В. А. Органическая химия: учеб. пособие: в 6 ч. / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина. – Москва: Прометей, 2012. – Ч. 3, 4. – 413 с. – Режим доступа: по подписке. – URL:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=437299> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный.

5. Горленко, В. А. Органическая химия: учеб. пособие: в 6 ч. / В. А. Горленко, Л. В. Кузнецова, Е. А. Яныкина; Московский педагогический государственный университет. – Москва: Прометей, 2012. – Ч. 5, 6. – 398 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363826> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный

6. Нечаев, А. П. Органическая химия: учеб. / А. П. Нечаев, Т. В. Еременко. – Москва: Высшая школа, 1985. – 463 с.

7. Петров, А. А. Органическая химия: учеб. для студ. хим.-технолог. вузов / А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко; под ред. М. Д. Стадничук. – 5-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: Иван Федоров, 2002. – 622 с.

8. Грандберг, И. И. Практические работы и семинарские занятия по органической химии: учеб. пособие / И. И. Грандберг. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Дрофа, 2001. – 349 с.

9. Артеменко, А. И. Органическая химия: учеб. пособие / А. И. Артеменко. – Москва: Высшая школа, 2003. – 605 с.

10. Практикум по органической химии: учебник / А. Ф. Пожарский, А. В. Гулевская, О. В. Дябло, В. А. Озерянский; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2009. – 320 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240941> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный.

11. Органическая химия: учеб.: в 2 кн. / В. Л. Белобородов, С. Э. Зурабян, А. П. Лузин. – 4-е изд., стер. – Москва: ДРОФА, 2008. – Кн. 1: Основной курс. – 639 с.

12. Органическая химия: практикум / сост. Н. А. Кусакина, Т. И. Бокова, Г. П. Юсупова, М. С. Чемерис. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2012. – 84 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=230475> (дата обращения: 14.09.2020). – Текст: электронный.

Локальный электронный методический материал

Галина Егоровна Степанцова
Наталья Павловна Нефедова
Борис Юрьевич Воротников

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Редактор Е. Билко

Уч.-изд. л. 4,5. Печ. л. 4,0

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1